

**2/2025**  
aprile-giugno

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - 70% - Aut. VBPA/PAC/01/2018/311.

## IL SIGMOIDE DEL DECATHLON E DELL'EPTATHLON





Trimestrale di Ricerca Scientifica,  
Tecnica e Cultura Manageriale  
applicate all'Atletica Leggera

Autorizzazione del Tribunale di Roma  
n. 58 - 11 aprile 2024

Organo ufficiale del Centro Studi  
& Ricerche della Federazione Italiana  
di Atletica Leggera  
Numero 2/2025 - aprile-giugno 2025

**Presidente**  
Stefano Mei

**Consigliere delegato  
al Centro Studi & Ricerche**  
Domenico Di Molfetta

**Segretario Generale**  
Alessandro Londi

**Capo Area Territorio - Centro Studi & Ricerche**  
Marco Pietrogiacomi

**Direttore responsabile**  
Massimo Benedetti

**Direttore editoriale**  
Giuliano Grandi

**Capo redattore**  
Federico Pasquali

**Redazione**  
Massimo Benedetti, Francesco Cuccotti,  
Giuliano Grandi

**Progetto grafico  
e coordinamento redazionale**  
Monica Macchiaioli

**Impaginazione**  
Ugo Micheli

**Fotografie**  
Archivio FIDAL, Colombo/FIDAL, Grana/FIDAL,  
Gulberti/FIDAL, Freepik

**Direzione e redazione**  
FIDAL Centro Studi & Ricerche  
Via Flaminia Nuova, 830 - 00191 Roma  
fidal.it / centrostudi@fidal.it / Tel. 06-33484745

Abbonamento annuale (4 numeri) Euro 16,00, bonifico  
intestato a Federazione Italiana di Atletica Leggera  
sul conto corrente ordinario BNL (IBAN IT29Z01005  
03309 000000010107), causale "Abbonamento rivista  
AtleticaStudi 2025". Inviare la ricevuta di pagamento,  
specificando nome, cognome ed indirizzo completo  
per l'inserimento nell'indirizzario all'indirizzo mail:  
centrostudi@fidal.it

**Stampa**  
Tipografia Mancini s.a.s.  
Via Empolitana, 326 - 00019 Tivoli (Roma)

Manoscritti, documenti, fotografie e altri contributi reda-  
zionali inviati spontaneamente alla redazione di Atletica-  
Studi non verranno restituiti.  
Alcune immagini, aventi carattere puramente tecnico-di-  
dattico, sono state reperite sul web. Non essendo ivi in-  
dicati limiti di utilizzo ed essendone sconosciuto l'autore  
vengono riprese e pubblicate ma ci si dichiara disponibili a  
riconoscere ed indicare la titolarità o a rimuovere la stessa  
dietro eventuale richiesta dell'autore. Gli interessati pos-  
sono segnalarlo al seguente indirizzo: centrostudi@fidal.it

Finito di stampare nel mese di agosto 2025.

## SOMMARIO

**3**  
**IL SALUTO DEL PRESIDENTE FIDAL**  
Stefano Mei

**5**  
**PRESENTAZIONE**  
Domenico Di Molfetta

**9**  
**EDITORIALE**  
Giuliano Grandi

### SCIENZA / TECNICA / DIDATTICA

**14**  
**HEAT-TRAINING E TERMOREGOLAZIONE  
NELLE DISCIPLINE DI RUNNING-ENDURANCE**  
Fabrizio Anselmo, Antonio Dotti

**40**  
**I 200 METRI - LA METODOLOGIA DELL'ALLENAMENTO**  
Mattia Beretta; Filippo Di Mulo (tutor)

**72**  
**VERSO UNA POLITICA SPORTIVA DI SUCCESSO  
PER IL SALTO CON L'ASTA IN ITALIA**  
Andrea Giannini

**94**  
**EVOLUZIONE E SPORT**  
Come lo sport e l'atletica leggera hanno contribuito  
all'evoluzione del corpo umano  
Antonio Dotti, Fabrizio Anselmo

**108**  
**METODOLOGIA DI CONTROLLO E OTTIMIZZAZIONE  
DELLA PRESTAZIONE NELLE PROVE MULTIPLE.**  
**IL SIGMOIDE DEL DECATHLON E DELL'EPTATHLON**  
Salvatore Leonardi; Stefano Corte e Graziano Camellini (supervisor)

**122**  
**SISTEMI A SENSORI FOTOELETTRICI PER MISURARE L'ALTEZZA  
DI SALTO E QUANTITÀ CINEMATICHE TEMPORALI  
DELLA CAMMINATA, DELLA MARCIA E DELLA CORSA  
(SECONDA PARTE)**  
Marco Salvagnini; Armando Sangiorgio (relatore)

### MANAGEMENT SPORTIVO

**166**  
**LE POLITICHE DI SAFEGUARDING  
CONTRO LA DISCRIMINAZIONE INDIRETTA**  
Biagio Giancola - Studio Legale MGT Associati

**170**  
**RIFORMA IVA 2026. COSA CAMBIA PER LE ASD**  
Alessandro Londi

### SPORT E BENESSERE

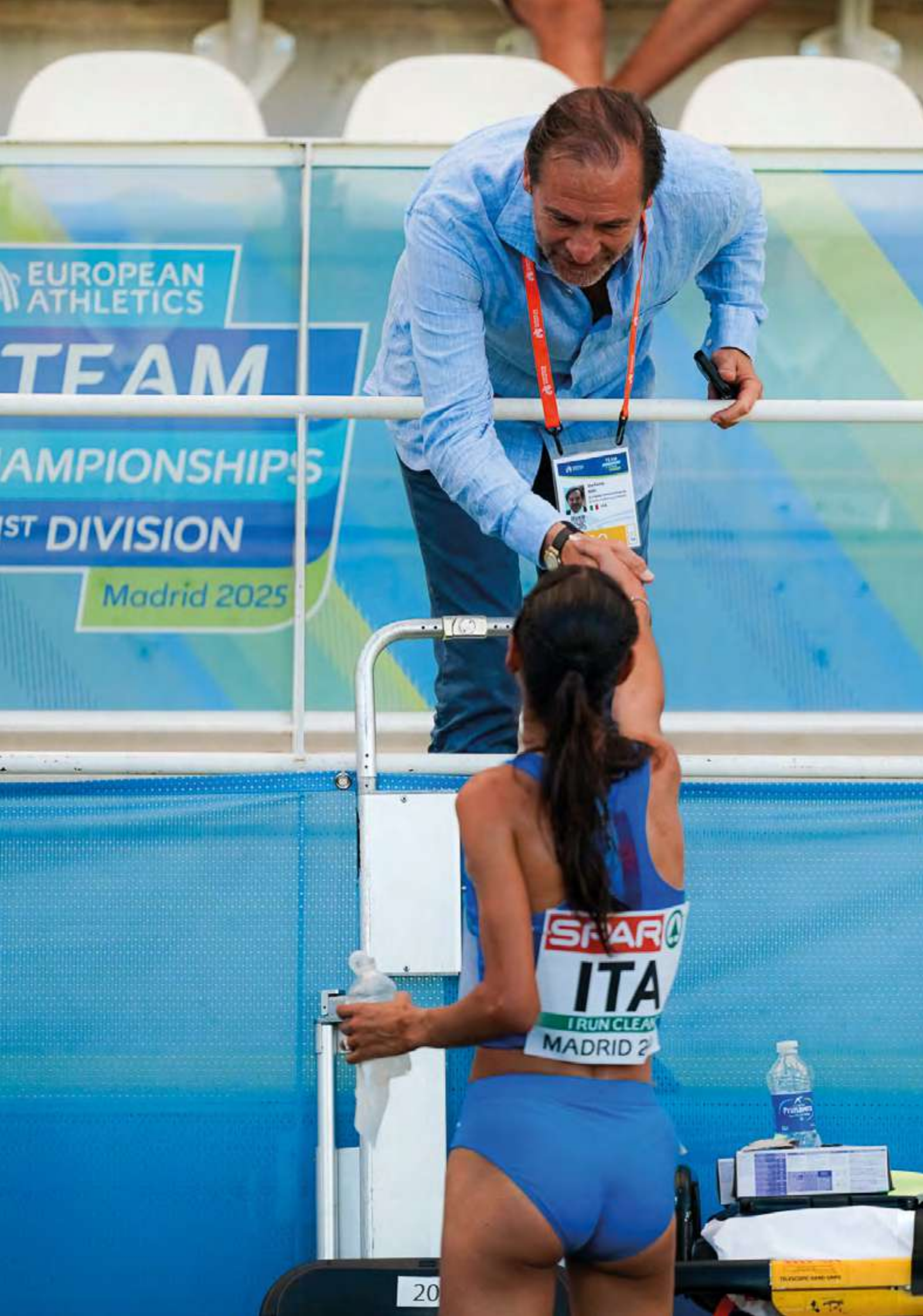
**174**  
**PILLOLE DI NUTRIZIONE #3**  
**IBS e sensibilità invisibili: alla ricerca di un equilibrio  
tra dieta e salute dell'intestino**  
Francesca Giuliani



## Il saluto del Presidente FIDAL



**Stefano Mei**  
Presidente della Federazione  
Italiana di Atletica Leggera



Cari lettori,  
con grande piacere vi do il benvenuto a questo nuovo numero di AtleticaStudi, che prosegue il suo cammino nel 2025 con lo stesso spirito con cui è rinata: essere uno spazio autorevole e dinamico dove la cultura scientifica incontra l'atletica leggera.

La rivista, come sempre curata con passione e rigore dal Centro Studi & Ricerche della FIDAL, si conferma un punto di riferimento per chi vuole approfondire, discutere e innovare. Un ponte tra la pratica e la teoria, tra il campo di allenamento e i laboratori, tra le piste di provincia e le aule universitarie.

In queste pagine troverete contributi che toccano tematiche cruciali per il nostro sport. A partire dal tema dell'allenamento in condizioni di calore e della termoregolazione, affrontato in modo approfondito, con evidenti ricadute per tutte le discipline di endurance in un'epoca di cambiamenti climatici sempre più marcati.

Spazio anche alla velocità, con un'analisi sulla metodologia dell'allenamento dei 200 metri e al salto con l'asta, osservato in una chiave innovativa, che sposta l'attenzione dal solo aspetto tecnico a una vera e propria strategia organizzativa.

Non manca una suggestiva riflessione evolutiva, su come sport e atletica abbiano plasmato il corpo umano nel corso della storia. Un punto di vista affascinante, che ci ricorda quanto l'atletica sia radicata nel nostro DNA.

Il numero ospita anche un dettagliato lavoro sulla complessità delle prove multiple, esplorando concetti chiave come il "sigmoide del decathlon e dell'eptathlon", utili per migliorare la preparazione e la gestione della performance.

Sul fronte tecnologico, ritengo molto interessante per i tecnici il lavoro dedicato all'utilizzo dei sensori fotoelettrici per analizzare salti, camminata, marcia e corsa. Un settore in continua espansione, che rivoluziona l'osservazione del gesto atletico.

Non manca in questo numero anche lo spazio di servizio dedicato alle società sportive, con un corposo articolo che illustra le novità e il lavoro che sta facendo la Federazione per aiutare le società affiliate a gestire con serenità la transizione verso il nuovo assetto fiscale del non profit sportivo.

Insomma, anche questo numero di AtleticaStudi è un viaggio attraverso scienza, tecnica, evoluzione e società. Perché la nostra atletica non è solo competizione: è pensiero, è educazione, è cultura.

Buona lettura a tutti.



## Presentazione



**Domenico Di Molfetta**  
Consigliere Nazionale  
con delega Centro Studi & Ricerche

Si sente spesso parlare, noi stessi lo facciamo in più occasioni, di ruolo e dignità del tecnico, valorizzazione e centralità del suo lavoro, formazione di nuovi tecnici e aggiornamento permanente di quelli già inseriti nell'Albo dei tecnici di atletica leggera, differenza tra mantenimento della qualifica acquisita e percorso di conservazione dell'abilitazione ad esercitarla. Sono temi sui quali si dovrà intervenire in tempi ragionevolmente brevi, partendo dalla rivisitazione del Regolamento dei Tecnici e compatibilmente con le necessarie consultazioni e verifiche con la base associativa.

Tuttavia, qualche, se vogliamo timido, passo, la Federazione lo sta facendo attraverso il proprio Centro Studi & Ricerche, in particolare grazie alla positiva ripartenza ed alla continua crescita della rivista AtleticaStudi. È sotto gli occhi di tutti il cambio di rotta rispetto al passato, non solo in merito ad una più moderna visione sistemica dei contenuti ma soprattutto per l'attenzione prestata ad ospitare contributi editoriali dei tecnici italiani, che stanno dando prova di grande competenza e passione.

Infatti, un importante obiettivo di AtleticaStudi è quello di fornire ai tecnici l'opportunità di pubblicare i loro lavori, frutto di esperienza e di studio, su una prestigiosa rivista tecnico-scientifica, offrendo contestualmente ai lettori la possibilità di consultazione e download gratuito dal sito federale oppure l'acquisto in abbonamento della versione stampata su carta, particolarmente gradita dagli appassionati, che amano collezionarla e conservarla per consultarla a piacimento. Parallelamente al prestigio che la presenza sulla nostra rivista conferisce agli autori siamo certi di offrire un servizio di qualità a tutti i lettori, in particolare i tecnici di atletica, i quali sollecitati dal desiderio di mettersi in gioco possono cogliere spunti di riflessione ed idee innovative, collegando le esperienze personali con quelle dei colleghi e contribuendo in tale modo alla crescita tecnica e, più in generale, culturale dell'atletica.

L'impegno di scrivere un articolo o un saggio tecnico-scientifico non è sicuramente minore rispetto a quello profuso quotidianamente sul campo di allenamento o di gara. Ciò dovrà essere maggiormente valorizzato al momento della stesura del nuovo Regolamento dei tecnici.

Passando in rapida rassegna gli articoli apparsi nei sei numeri pubblicati finora nella nuova serie di AtleticaStudi è motivo di orgoglio notare il numero consistente di tecnici che hanno accettato l'idea di condividere il nostro percorso culturale, proponendo i loro lavori originali all'attenzione di una vastissima platea di lettori, ben superiore ai componenti dei singoli gruppi di interesse che dialogano sui social, naturalmente encomiabili anch'essi, ma oggettivamente più circoscritti a un numero limitato di lettori. Ciò è





ancora più valido ora in quanto, con l'attribuzione dei codici ISSN, la nostra rivista verrà letta e recensita in tutto il mondo, conferendo il meritato riconoscimento alla qualità del nostro movimento tecnico, grazie alla qualità veramente notevole degli articoli e saggi pubblicati.

Peraltro la qualità del lavoro culturale va di pari passo con quella tecnico-sportiva, binomio facilmente deducibile anche dalle notevoli prestazioni agonistiche in tutte le fasce di età che stanno moltiplicandosi e mettendo in luce tanti bravi nuovi tecnici, indiscutibile testimonianza della vitalità del movimento e della costante voglia di migliorare e confrontarsi, testimoniata anche dai numerosi eventi che stanno occupando il calendario culturale quasi in termini positivamente competitivi con il calendario agonistico. Il fatto interessante che sta emergendo dalla lettura di questa rosa di articoli riguarda le multi-competenze, se così possiamo dire, dei "tecnici scrittori": tecnici specialisti che provengono dalla vasta area universitaria, dal mondo della fisica o della matematica, così come dal mondo delle nuove tecnologie, oppure delle scienze bio-mediche e sociali, statistiche, dal vasto mondo della cultura umanistica e storica, della buona letteratura storico-biografica e così via. Una positiva congiunzione di passione, competenza ed esperienza che stimola un movimento desideroso di mettere in luce il potenziale dell'atletica italiana e contribuire alla sua costante crescita.

La FIDAL è fiera ed orgogliosa di ospitare questi splendidi lavori.

È interpretando questa linea politica che il Centro Studi & Ricerche ha deciso di pubblicare i project work più interessanti, redatti in occasione dell'ultimo corso per allenatori specialisti, frutto di studi e ricerche veramente uniche e ampiamente documentate.

Stanno inoltre arrivando in redazione alcune tesi di laurea magistrale, non soltanto nell'ambito delle scienze motorie, di rilevante interesse sia per l'originalità sia per le tematiche trattate, non squisitamente tecnico-applicative, ma direttamente o indirettamente connesse con il perfezionamento dell'approccio tecnico a questioni scientifiche che il mondo accademico può affrontare con la dovuta attenzione.

Un caloroso ringraziamento a tutti i nostri autori ed un invito a tutti i tecnici a credere fermamente in questo progetto.





## EDITORIALE

**Giuliano Grandi**

“L’atletica italiana  
traina tutto lo sport italiano”  
(Stefano Mei)

È un periodo felice per l’atletica italiana, pieno di soddisfazioni e di successi (c’è chi parla di “miracolo atletica”), certificato da una serie di indicatori positivi (quantitativi e qualitativi), caratterizzati da un significativo trend di crescita.

Gli atleti italiani in questi ultimi anni (con un 2024 ed un inizio 2025 che hanno entusiasmato come non mai un grande pubblico di tradizionali e nuovi appassionati) hanno vinto prestigiose medaglie ed hanno conseguito risultati di assoluto valore in campo internazionale, sia a livello assoluto che giovanile, grazie all’impegno degli allenatori sociali e personali ed alla positiva collaborazione instaurata con la direzione tecnico-scientifica e l’intera struttura tecnica federale a livello centrale e territoriale.

La conferma in ambito internazionale degli atleti già noti al grande pubblico, unitamente all’entrata in scena di tanti nuovi talenti, che immediatamente hanno conseguito successi e prestazioni di rilievo, naturalmente accompagnati dall’attenzione sempre più assidua dei mass-media (talvolta esageratamente proiettata a trasformare prematuramente giovani campioni in protagonisti dello “spettacolo atletica”), è un motivo di grande soddisfazione ed orgoglio per quanti amano sinceramente l’atletica.

Non si tratta soltanto di prestazioni di eccellenza a livello individuale. Il “nuovo che avanza” fonda la propria identità su uno spirito di squadra ed un senso di appartenenza mai visti prima, anche grazie all’atteggiamento dei campioni emergenti, appartenenti alla generazione Z, che affrontano gli impegni con pragmatismo e determinazione, con un linguaggio diretto e cortese, senza drammi ma con serietà e dedizione,

Foto di Nicolò Montanari



con spirito competitivo ma orientato alla collaborazione ed al sostegno dell'avversario di turno.

Uno sport individuale come l'atletica leggera sta affermandosi sul palcoscenico dello spettacolo agonistico come sport di squadra, amplificando il valore del contributo derivante da ciascuna prestazione individuale ed arricchendolo con multiformi messaggi positivi etico-relazionali, dai quali anche i cosiddetti "sport di squadra" dovrebbero trarre utili spunti di riflessione. Ciò è dovuto anche all'empatia che il Presidente federale, grande ed integerrimo atleta del passato, sa creare con gli atleti e gli allenatori, indipendentemente dal livello prestazionale di ciascuno, comportandosi da collega, anzi da "capitano non giocatore", pur mantenendo l'autorevolezza del Presidente di una grande Federazione.

Tuttavia, il momento felice dell'atletica italiana dipende anche da altri fattori, meritevoli di una menzione in questa sede e, in modo più articolato e documentato, di un approfondimento, di un confronto dialettico e culturale in appositi e futuri spazi di questa rivista.

Un primo fattore è costituito dall'elevato livello delle competenze tecnico-scientifiche dei nostri tecnici, positivamente tradotte in prassi di allenamento personalizzato, congiuntamente alle numerose iniziative di divulgazione e comunicazione delle buone pratiche adottate. Ciò ha notevolmente ampliato la platea degli stakeholder e dei fruitori di proposte tecniche di grande qualità. Ricordiamoci che l'allenamento sportivo non è una scienza esatta, ma il frutto di un'attività empirica, la quale, seppur suffragata da acclerate conoscenze e competenze scientifiche, condivise dal punto di vista paradigmatico, trova la sua arma vincente nell'opera d'arte che l'allenatore crea con il proprio atleta, introducendo creatività e sperimentazione, con il coraggio di sbagliare e la consapevolezza di sapere correggere gli errori. Naturalmente le risultanze dei lavori di studiosi e ricercatori, che hanno indagato gli aspetti biomeccanici, fisiologici, fisiopatologici, psicologici delle varie componenti dell'allenamento, costituiscono una preziosa "cassetta degli attrezzi" che gli allenatori potranno utilizzare per mettere a punto una prassi personalizzata dell'allenamento e adottare le migliori strategie individuali per supportare il lungo cammino dell'atleta verso le massime prestazioni e gratificazioni individuali.

Secondo questa visione, l'anello mancante va ricercato in quella figura intermedia tra scienziato ricercatore o di laboratorio (laboratorio inteso non solo come spazio fisico dotato delle più moderne tecnologie ma anche come luogo idoneo per indagini mirate), che indaga e approfondisce singoli aspetti della "macchina fisiologica umana", e l'allenatore di campo che traduce in prassi di allenamento le moderne conoscenze scientifiche acquisite. Forse è il momento di puntare anche sugli scienziati che allenano in campo, fortu-



nati artefici di un confronto quotidiano con le situazioni reali e le prassi metodologiche adottate, al fine di valorizzare e posizionare le rispettive competenze scientifiche utilizzando sapientemente utili feedback di ritorno.

Un altro fattore degno di approfondimento riguarda la figura del tecnico di atletica leggera: dobbiamo trovare la spinta per porre sul tavolo della discussione il "chi è" del tecnico di atletica leggera del futuro, non solo appassionato cultore del gesto tecnico e lungimirante "maestro di atletica" (spesso secondo padre per i propri atleti), ma anche un vero e autorevole professionista di atletica, riconosciuto e legittimato nell'ambito del contesto socio-economico. Attualmente i nostri tecnici sono altamente professionali (in numero sempre maggiore accettano anche l'impegnativa sfida di scrivere sulle nostre riviste, e lo stanno facendo con grande efficacia) ma non adeguatamente valorizzati, anche dal punto di vista economico, per il fondamentale lavoro che quotidianamente condividono con i propri atleti. Esistono alcuni casi positivi di tecnici che hanno preso un'iniziativa autonoma di creare una sorta di Academy, destinata ad atleti desiderosi di trovare un'assistenza full time a 360°, altamente qualificata e dotata di strutture, attrezzature ed apparecchiature necessarie per l'allenamento moderno. Questa può essere una delle strade da percorrere. Abbiamo descritto sul numero 4-2024 di AtleticaStudi la bella esperienza del "Gruppo Asta di Padova", un altro significativo esempio di qualità tecnica, una vera ed originale Academy del salto con l'asta. Tuttavia esistono anche altre modalità da esplorare, fra le quali la costituzione di Società Sportive di secondo livello (cioè SSD dilettantistiche senza scopo di lucro, costituite da alcune ASD dilettantistiche) aventi come mission quella di fornire servizi di varia natura alle ASD associate (come ad esempio gestione impianti, acquisto di materiale e attrezzature sportive, acquisto di beni e servizi, turismo sportivo, organizzazione di trasferte, promozione sportiva multilaterale oppure multidisciplinare, campus estivi e invernali per ragazzi, giovani e anziani, gestione am-

ministrativo/contabile, ecc.). Perché non pensare di vedere all'opera una SSD come una sorta di Academy territoriale, dove i talenti delle singole ASD vengono seguiti in condizioni ambientali ed impiantistiche ideali, contrattualizzando tecnici preparati full time e ben retribuiti, dediti specificatamente ad uno o più atleti della medesima specialità. Ovviamente tutto ciò in accordo con le singole ASD socie e coinvolgendo i tecnici sociali, che potrebbero in tal modo incrementare le rispettive competenze ed esperienze.

Grazie all'intraprendenza delle nostre Associazioni Sportive, dei Comitati territoriali della FIDAL e di altri Enti ed Associazioni, si organizzano sul territorio diverse iniziative culturali e di incontro, spesso occasioni di ascolto e di rilevamento dei bisogni della base tecnica. Questi momenti di formazione e aggiornamento continuo, sono anche occasione di confronto sulle esperienze personali vissute ed una straordinaria opportunità per creare relazioni interpersonali e istituzionali, per trovare insieme soluzioni innovative e affrontare con successo le sfide che ci attendono. Non è più il tempo del "pensiero unico" o del superato "verbo tecnico", e i fatti lo dimostrano. I successi derivano anche da questa ricchezza culturale che il "Movimento Atletica" sa proporre ed offrire. Cosa sono questi momenti formativi se non un percorso di formazione e aggiornamento continui richiesti dalle attuali normative? Il Centro Studi & Ricerche è urgentemente chiamato ad elaborare un format codificato di certificazione, opportunamente inserito nel nuovo Regolamento dei tecnici.

Un ulteriore fattore di crescita per l'atletica italiana è costituito dal rilevante e sapiente utilizzo da parte dei tecnici delle nuove tecnologie, particolarmente confacenti alle caratteristiche tecniche, agonistiche ed organizzative dell'atletica leggera, sport che sulla espressione ed elaborazione numerica fonda la valutazione qualitativa di ciascun aspetto dell'attività svolta.

La dirompente affermazione dei social, come mezzo immediato di comunicazione e dibattito a qualsiasi livello, ha contribuito a creare un substrato culturale e partecipativo di enorme importanza, grazie alla costituzione di "gruppi o circoli di interesse", di community, nell'ambito dei quali i singoli componenti possono sentirsi liberi di esprimere idee, proposte, critiche, considerazioni, pareri, su un'infinità di argomenti, dei quali è doveroso tenere conto, soprattutto se espressi in modo civile e documentato. Per non parlare dell'encomiabile apporto culturale di tanti network, nazionali e territoriali, che dedicano all'atletica leggera un'assidua attenzione, ritagliando, ciascuno di essi, spazi di meritoria e continua promozione del "valore atletica".

A conferma del momento positivo dell'atletica, è utile richiamare l'attenzione su alcuni indicatori statistici: gli atleti tesserati sono passati da 193.223 del



2015 a 243.333 del 2024, con un incremento di quasi il 26% in dieci anni. Questo enorme interesse per l'atletica è confermato anche dalla ricerca dell'ISTAT alla quale si accennerà in conclusione, che evidenzia un incremento dei praticanti atletica leggera, footing, jogging del 7% dal 2006 al 2024 (in termini quantitativi di quasi 2 milioni, passati da 1.947.000 del 2006 a 3.932.000 del 2024).

Tuttavia, questa vivacità culturale e partecipativa si deve, anzi si dovrà confrontare con problemi ed obiettivi a medio e lungo termine che il "Movimento Atletica" ed il "Sistema Atletica" (inclusa la Federazione ai vari livelli) dovranno affrontare con determinazione per gestire i punti di debolezza del sistema e cogliere le diverse opportunità che il contesto socio-economico che il paese ci offre, come dimostrano due autorevoli ed indiscutibili report dell'Istituto Nazionale di Statistica che fotografano la situazione socio-economica italiana: Il "Rapporto Annuale 2025 sulla situazione del Paese" e "La pratica sportiva in Italia".

In particolare, la presentazione dei dati della pratica sportiva in Italia relativi all'anno 2024 (con i dati riferiti alla popolazione italiana dai 3 anni in su) ha avuto luogo il 30 giugno 2025 tramite una conferenza stampa svoltasi a Roma presso la Sala Conferenze del Palazzo delle Piscine del Foro Italico.

Come di consueto, l'ISTAT diffonde i propri report offrendo un quadro sintetico delle principali evidenze emerse dai dati presentati, rimandando agli approfondimenti che ciascun stakeholder potrà effettuare con i propri esperti, avvalendosi della dettagliata lettura della parte commentata e della autonoma elaborazione dei dati, opportunamente proposti in utili file Excel scaricabili gratuitamente dal sito dell'ISTAT. È un servizio, questo, per elogiare il quale non bastano le parole.

Da queste indagini emergono luci ed ombre.

È sicuramente confortante rilevare il significativo incremento della pratica sportiva registrata negli ultimi 30 anni (passata dal 26,6% nel 1995 al 37,5% nel 2024,

con un dato di forte aumento della componente relativa alla pratica continuativa, passata dal 17,8% del 1995 al 28,7% del 2024).

Analizzando i dati della pratica sportiva per classi di età, si evidenzia il picco nella fascia 11-14 anni sia nei maschi che nelle femmine, con percentuali che si aggirano sul 70%, attestandosi attorno al 55% fino ai 24 anni per poi decrescere fino alla terza età (oltre i 75 anni), fascia nella quale si è tuttavia registrato un incremento dei praticanti, passati dal 5,3% del 1995 all'8,1% attuale.

Purtroppo il 62,5% della popolazione nel 2024 non pratica sport, anche se questo dato è attenuato dal 29,7% di coloro che svolgono comunque qualche forma di attività fisica.

Osservando il fenomeno dal punto di vista dello sport destrutturato emergono diversi aspetti positivi degni di rilievo, che dovrebbero indurre nei dirigenti sportivi un'attenta riflessione, quali ad esempio lo sport in spazi liberi, condominiali o in casa, l'attenzione alla salute ed allo stare in forma, allo svago ed alla riduzione dello stress. Purtroppo il movimento sportivo, nel suo complesso, offuscato dall'ansia di prestazione e da un approccio riduzionista squisitamente tecnico-agonistico, non riesce ancora a cogliere le opportunità dei nuovi bisogni (non solo espliciti ma anche latenti), espressi dai cittadini ed evidenziati anche da questa indagine, rinunciando in tal modo ad affrontare la questione con una visione sistemica.

Un motivo di riflessione per tutti riguarda non solo la vera e propria mancanza di pratica sportiva (il 37,1% della popolazione) ma anche il fenomeno dell'abbandono da parte di coloro che hanno praticato sport in passato (il 25,4%), per un totale come visto in precedenza del 62,5%.

Il preoccupante fenomeno dell'abbandono necessita sicuramente di indagini approfondite (esistono diverse ricerche in proposito), partendo anche da uno studio specifico derivante dal Rapporto annuale 2025 e dalla Pratica sportiva in Italia, incrociando gli innumerevoli dati a disposizione.



Dal punto di vista della pratica sportiva femminile emerge un interessante trend di crescita, pur restando inferiore a quella degli uomini (31,8% delle femmine rispetto al 43,4 degli uomini), ma con una flessione del gap che si attesta all'11,6% rispetto al 17% del 1995. La disaggregazione dei dati della pratica sportiva per aree geografiche ci presenta un quadro preoccupante dal punto di vista dell'omogeneità del paese: nell'area sud e isole la percentuale di coloro che praticano sport (27,2% il Sud e 29,5% le Isole), è la più bassa rispetto alle altre aree (Nord-ovest 41,7%, Nord-est 43,9%, Centro 41,5% ed al dato nazionale 37,5%). Medesime preoccupazioni ci derivano dalla disaggregazione dei dati relativi alla mancata pratica sportiva e all'abbandono, che certificano una grave situazione alla quale le Istituzioni, a tutti i livelli, dovrebbero porre urgente rimedio, con dati più elevati per il Sud e le Isole (Sud il 22% ha abbandonato e il 50,8% mai praticato; Isole 24,3% e 46,2%; Nord-ovest 26,8% e 31,5%; Nord-est 26,8% e 29,3%; Centro 26,8% e 31,6%; dato nazionale 25,4% e 37,1%).

Il mondo dell'atletica trae motivo di soddisfazione dalla disaggregazione per discipline sportive dei dati riferiti alla pratica sportiva. Come il report dell'I-STAT evidenzia, l'atletica leggera si colloca al quarto posto nella classifica degli sport più praticati (sale dall'11,3% del 2006 al 18,3% del 2024), dopo ginnastica, aerobica, fitness e cultura fisica (passata dal 25,2% del 2006 al 33,1% del 2024); calcio (sceso dal 24,2% del 2006 al 20,1% del 2024), sport acquatici e subacquei (scesi dal 22,8% del 2006 al 18,7% del 2024).

Anche analizzando i dati espressi in valore assoluto la situazione non cambia, confermando atletica leggera, footing, jogging al quarto posto (sale da 1.947.000 del 2006 a 3.932.000 del 2024), dopo ginnastica, aerobica, fitness e cultura fisica (passata da 4.320.000 praticanti del 2006 a 7.133.000 del 2024); calcio (passato da 4.152.000 del 2006 a 4.327.000 del 2024); sport acquatici e subacquei (passati da 3.914.000 del 2006 a 4.025.000 del 2024).

Un altro dato positivo di grande interesse inerente la pratica sportiva riguarda la pressoché parità di sessi nell'atletica leggera (18% maschi e 18,6% femmine), così come negli sport invernali, su ghiaccio e altri sport di montagna (11,4% maschi, 11,2% femmine), rispetto alle consistenti, talvolta imbarazzanti, differenze tra maschi e femmine rilevate in quasi tutti gli altri sport (ginnastica, aerobica, fitness a cultura fisica 22,2% maschi, 47,4% femmine; calcio e calcetto 34,4% maschi, 1,5% femmine; sport acquatici e subacquei, 15,8% maschi, 22,5% femmine; Sport ciclistici 14,9% maschi, 5,2% femmine; Sport con palla e racchetta 11,6% maschi, 4,5% femmine; Danza e ballo 1,6% maschi, 15,7% femmine; Pallavolo 3,7% maschi, 8,5% femmine).

Nel 2024 il 13% degli sportivi di 3 anni e più ha dichiarato di praticare sport meno di una volta a settimana, mentre il 48,8% di praticare sport una o due volte a settimana, infine il 37,1% di praticarlo tre o più volte a settimana. Sono specialmente gli uomini a praticare sport con maggiore frequenza: è pari al 40,3% la quota di uomini che si allena con una frequenza di tre o più volte a settimana, mentre si scende al 32,8% tra le donne.

Anche la distribuzione annuale della pratica sportiva merita attenzione. Il 66,6% degli sportivi fa sport durante tutto l'anno, il 32,3% solo in alcuni periodi dell'anno. La quota di chi pratica con maggiore continuità nell'anno è più elevata tra gli uomini rispetto alle donne (68,7% contro 63,8%).

Negli ultimi 10 anni la quota di sportivi che pratica sport durante tutto l'anno è aumentata in modo significativo (era pari al 59% nel 2015), parallelamente si riduce di 7,3 punti percentuali rispetto al 2015 la quota di chi pratica sport solo stagionalmente.

Interessante l'incremento dell'utilizzo delle nuove tecnologie: il 18,7% utilizza App per il fitness, siti web specializzati, o Social network per lo sport; altrettanto significativa la pratica con trainer (in presenza o collegamento da remoto), attestata sul 45,6%, anche se occorre notare che nelle fasce giovanili l'istruttore o insegnante esiste per forza, alzando in tal modo il dato globale.

Anche il luogo in cui si pratica sport presenta dati interessanti. Il 59,5% utilizza impianti sportivi al chiuso, il 36,8% impianti sportivi all'aperto, il 23,5% spazi attrezzati all'aperto, il 37,7% spazi all'aperto non attrezzati (24,6% in città, 27,2% fuori città, il 20,2% a casa o in spazi condominiali).

La motivazione per fare sport presenta dei dati di rilevante interesse per l'atletica. Il 61,5% pratica l'attività sportiva per tenersi in forma, il 49,8% per piacere o passione, il 42,6% per svago, il 27,5% per scaricare lo stress, il 15,5% per frequentare altre persone, il 19% per migliorare l'aspetto fisico, l'11,8% per stare in mezzo alla natura, l'11,8% per i valori che lo sport trasmette, l'11,2% a scopo terapeutico.



I motivi di mancata pratica sportiva sono molteplici. Il 35,1% per mancanza di tempo, il 31,2% per mancanza di interesse, il 21,3% per l'età, il 12,3% per stanchezza o pigrizia, il 15,3% per disabilità, il 7,6% per motivi economici, il 6,9% per motivi familiari, il 4% per mancanza di impianti o orari scomodi, l'1,4% per timidezza o disagio.

Questi sono soltanto alcuni aspetti scaturiti dall'indagine. L'atletica leggera, sport veramente per tutti e praticabile in qualsiasi condizione, può trarre notevoli motivi non solo di riflessione ma anche di progettazione, sviluppando e promuovendo modelli evolutivi di Associazioni sportive dilettantistiche, tra i quali la trasformazione in imprese sportive multifunzionali, capaci cioè di coniugare la mission principale (cioè l'attività sportiva istituzionale) con una serie di attività collaterali idonee a gestire con successo le complessità che derivano dall'analisi dei dati esposti e utili per indirizzare il cammino del mondo sportivo verso un reale protagonismo e originalità nell'ambito del welfare italiano.

Sul prossimo numero di AtleticaStudi si procederà ad una lettura ed interpretazione dei dati forniti dall'I-STAT molto più articolata e mirata all'atletica leggera, commentandoli con suggestioni concettuali ed idee di intervento sulle criticità e sulle opportunità emerse. Riprendiamo un importante pensiero del Presidente Mei, apparso sul numero 1-2025, nell'ambito del consueto intervento: *"L'atletica leggera è sempre stata presente nella scuola, ma ora questa mission assume una grande importanza. Le nostre Associazioni sportive devono impegnarsi per elevare e diffondere la conoscenza ed il sistema di valori del nostro sport, rivendicando con orgoglio il ruolo educativo dell'atletica leggera, non solo come base di tutte le discipline sportive, ma soprattutto come fattore determinante per la crescita complessiva della cultura sportiva dell'intero paese"*.

Soltanto chi nega l'evidenza non attribuisce la giusta importanza al ruolo che l'atletica leggera può svolgere a favore di tutto lo sport, nelle sue molteplici manifestazioni e caratteristiche, sia nelle modalità di attività sportive strutturate sia per le varie e multiformi espressioni di attività sportive destrutturate.

"L'atletica italiana traina tutto lo sport italiano", come giustamente ha detto il Presidente Mei.

Dobbiamo renderci tutti conto dell'importanza del lavoro che la Federazione nel suo insieme e l'associazionismo sportivo che ne fa autorevolmente parte stanno facendo sul piano della diffusione di un'autentica cultura sportiva. Nessun'altra Federazione o Ente sportivo può fregiarsi di pubblicare in due versioni (on line e stampata) ben due riviste periodiche informativo-culturali: Atletica e AtleticaStudi. Non è un messaggio di poco conto.

Impegniamoci tutti per questo obiettivo ognuno nel proprio ruolo, a livello federale ed associativo.





# HEAT-TRAINING E TERMOREGOLAZIONE NELLE DISCIPLINE DI RUNNING-ENDURANCE

## Fabrizio Anselmo

*Già Tecnico Squadra Nazionale Mezzofondo e Corsa in Montagna (Collaboratore Direzione Scientifica FIDAL per la valutazione funzionale metabolica) - Università degli Studi dell'Insubria - Coordinatore Tecnico C.U.S. Insubria-Varese & Como - Laurea in Scienze e Tecniche delle Attività Fisiche e Sportive-Università de Bourgogne-Dijone (Francia)*

## Antonio Dotti

*Già Tecnico Referente Squadra Nazionale Mezzofondo Veloce e Docente Atletica leggera all'Università di Torino. Allenatore Specialista benemerito Mezzofondo. Laurea in Scienze e Tecniche delle Attività Fisiche e Sportive - Università di Lione (Francia)*

**Marco Gulberti, Campionati del mondo montagna e trail, Innsbruck 2023**

Il saggio inizia chiarendo la definizione scientifica di heat-training, metodica sempre più utilizzata, soprattutto dagli atleti di élite di ciclismo e triathlon, finalizzata a creare i necessari adattamenti in condizioni agonistiche caratterizzate da grande calore. Vengono, quindi, definite le due possibili interpretazioni di heat training: la prima concerne singolari condizioni di allenamento per adattarsi in situazioni di caldo elevato (heat-adaptation); la seconda, invece, contempla un metodo di allenamento che sfrutta il caldo elevato per migliorare le prestazioni. Si richiamano gli studi scientifici che ne avvalorano l'adozione come mezzo di allenamento.

Il concetto di termoregolazione è strettamente connesso con il principio dell'omeostasi, che regola l'equilibrio tra le funzioni vitali dell'organismo. Durante l'esercizio fisico le energie finalizzate alla prestazione passano in secondo piano rispetto alla necessità del corpo umano di diminuire il calore prodotto attraverso un sistema di termoregolazione, ampiamente descritto, unitamente alle conseguenti risposte fisiologiche che possono avere effetti fisiopatologici (disturbi da calore) oppure portare all'acclimatazione all'ipertermia. Richiamata la differenza tra i due principali protocolli in uso di heat-training "attivo" e "passivo", ai quali se ne aggiunge un terzo "misto", si passano in rassegna i cinque meccanismi adattativi fondamentali che avvengono a seguito dell'esposizione del corpo umano al calore, con effetti positivi anche ai fini dell'incremento delle prestazioni. A tal fine sono descritte le strategie per mitigare lo stress ipertermico. Il metodo di heat training attivo è quello più seguito, ma necessita di una adeguata assistenza medica ed individualizzazione dei mezzi utilizzati descritti nelle tre opzioni principali. La proposta di un protocollo di heat training attivo deve tenere conto di diversi parametri, in funzione dei quali si propongono alcuni suggerimenti. L'individuazione e la misurazione della soglia individuale attraverso appositi test, che sono accuratamente descritti, come lo è la tempistica da assegnare al recupero, sono aspetti supportati da studi scientifici finalizzati ad elaborare protocolli di lavoro ottimali.

Passando alla trattazione dell'heat training passivo si illustrano le metodiche utilizzate, unitamente ad una serie di raccomandazioni pratiche, ponendo in

rilievo le evidenze scientifiche che ne giustificano l'utilizzo. Ricerche svolte negli Stati Uniti hanno avuto molto successo presso i "trail running", portando all'elaborazione di tre programmazioni standard nella pianificazione dell'heat-training: heat-training iniziale, piano di heat-training "intermedio", piano di heat-training per atleti evoluti.

Un altro tema importante riguarda il decadimento dell'acclimatazione al calore ed il ri-adattamento fisiologico, in relazione ai quali vengono citati alcuni studi, pur ammettendo che le conoscenze su questo aspetto sono minori.

Viene quindi trattato un ulteriore aspetto di grande interesse, l'heat-adaptation, cioè la pianificazione del training in previsione di un evento importante, illustrando i mezzi di allenamento ed il mix di sedute che è opportuno adottare in questa circostanza.

Poiché l'aumento della temperatura corporea influenza negativamente le prestazioni, è stata attribuita molta importanza al monitoraggio di questo parametro attraverso l'utilizzo di moderni ed efficaci biosensori, utili per individuare le migliori strategie da adottare tramite specifici test opportunamente descritti.

Le risultanze di una sperimentazione pratica riguardanti la comparazione tra allenamenti di heat-training indoor effettuati con e senza l'ausilio del ventilatore conducono ad una serie di riflessioni che gli allenatori devono considerare per comprendere le reazioni dell'organismo.

I dogmi e gli 11 punti chiave di Chris Minson (Un. Oregon-Eugene), padre putativo dell'heat-training, sintetizzano come le prestazioni possano essere positivamente influenzate da uno specifico training.

Il saggio si conclude con diverse importanti riflessioni e considerazioni, motivate dalla mancanza di dati a seguito di specifiche ricerche scientifiche italiane sulle discipline di corsa. Perciò si raccomanda di affrontare le strategie di heat training con grande oculatezza, costantemente effettuate sotto uno stretto controllo medico e supportate da un profondo rapporto coach/atleta.

Un'ampia bibliografia completa esaurientemente questo originale lavoro.

**Giuliano Grandi**

## INTRODUZIONE

Una delle tematiche più dibattute sulle metodologie moderne di allenamento riguarda il training in condizioni di ipertermia, ormai definito come Heat-Training. Ciclisti e triatleti di élite lo stanno praticando in modo costante già da qualche anno; attualmente è una metodica che si sta diffondendo anche nelle discipline di running-endurance. In letteratura, sono numerose le evidenze scientifiche

che dimostrano come un'applicazione programmata e ben gestita di Heat-Training possa favorire significativi miglioramenti della performance. Il caldo estivo, in particolar modo, mette a dura prova le risorse degli atleti ed influenza negativamente le prestazioni. Questo rilievo, sempre più considerevole, incentiva e rende necessaria la ricerca di metodi e allenamenti per mantenere le performance nelle migliori condizioni anche in situazioni cri-



tiche. Riguardo il running, nello specifico, è doveroso rimarcare la situazione degli Stati Uniti, in cui l'Heat-Training è in auge da più di un lustro, soprattutto nell'ambito del trail. Viceversa, nella "vecchia Europa", siamo ancora agli albori ed in condizioni oggettivamente sperimentali.

### DEFINIZIONE E CORRELAZIONE SCIENTIFICA DI HEAT-TRAINING

L'Heat-Training, letteralmente "allenamento al caldo", investe fondamentalmente la capacità di creare adattamenti fisiologici attraverso l'incremento della temperatura dei muscoli e del sangue. Tuttavia, quando si parla di Heat-Training in ambito sportivo, è necessario distinguere due possibili interpretazioni terminologiche: la prima concerne singolari condizioni di allenamento per adattarsi in situazioni di caldo elevato (heat-adaptation); la seconda, invece, contempla un metodo di allenamento che sfrutta il caldo elevato per migliorare le prestazioni. L'Heat-Training utilizza l'esposizione al calore per provocare adattamenti fisiologici che inducono l'organismo ad ottimizzare la capacità di gestione dello stress termico, migliorandone anche il rendimento atletico. Recentissimi studi avvalorano le tesi del ricercatore statunitense Chris Minson (Univ. Oregon) ritenuto il "padre putativo" di questa pratica; nel 2010 ha pubblicato sul Journal of Applied Physiology uno studio sull'acclimatazione al calore che ha ottenuto un notevole successo (*Heat-Training improves aerobic performance*). Lo spunto della particolare ricerca è sorto mentre Minson stava collaborando con lo staff tecnico di un maratoneta in previsione delle condizioni di caldo umido alle Olimpiadi di Pechino 2008. Dalle esperienze maturate, egli ha potuto sostenere che l'allenamento in condizioni termiche elevate possiede

realmente l'effetto fisiologico di produrre maggior plasma sanguigno. La continua esposizione al calore crea uno squilibrio dell'ematocrito nel sangue, la cui conseguenza si esplicita in una maggior produzione di globuli rossi per compensare l'aumento del volume plasmatico. Questo incremento del volume sanguigno avvantaggia anche il raffreddamento corporeo e la produzione di energia. Inoltre, mantenendo la temperatura interna più bassa, risultano disponibili maggiori porzioni di potenza (Rønnestad, 2022; C. Jones, 2023).

### LA TERMOREGOLAZIONE

Il concetto di termoregolazione consiste nella capacità di un organismo di circoscrivere la temperatura corporea entro determinati limiti, anche quando la temperatura esterna varia in modo sensibile. Il processo fisiologico di termoregolazione riguarda un importante aspetto dell'omeostasi, vale a dire la capacità di un organismo di autoregolarsi mantenendo costante l'ambiente interno. Se il corpo non è in grado di mantenere una temperatura "normale" e questa tende ad aumentare in modo sensibile, si verifica una condizione nota come ipertermia. Viceversa, quando la temperatura corporea scende al di sotto dei livelli normali, viene definita come situazione ipotermica. Essa si verifica quando i meccanismi di controllo omeostatico interno non funzionano adeguatamente. Sebbene la circolazione del sangue sia incline a determinare una temperatura media delle parti interne, sono state riscontrate significative differenze periferiche, dal momento che produzione e perdita di calore variano notevolmente nei vari distretti del corpo. Pertanto, risulta di notevole importanza identificare le aree del corpo che riflettono più da vicino la temperatura degli organi interni.

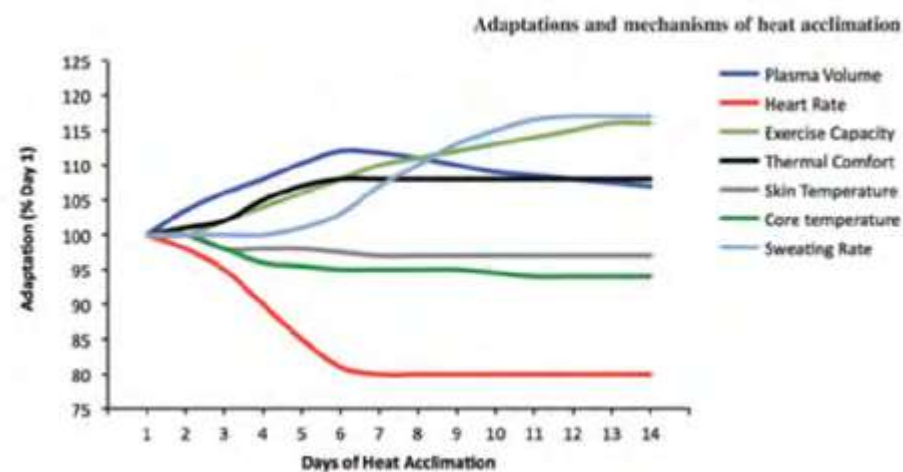


Figura 1 Grafico Heat-Training - effetti sulla prestazione

### LA PRODUZIONE DI CALORE DA PARTE DELL'ORGANISMO

La quantità di calore prodotto dall'organismo dipende dalla quantità e, parzialmente, anche dalla qualità degli alimenti che sono stati ingeriti. Mediamente, per ogni litro di ossigeno consumato, vale a dire per ogni 5 litri di aria respirata, l'organismo a riposo produce circa 5 kcal e si consumano circa 0.3 litri di ossigeno ogni minuto. Pertanto, il calore prodotto in un'ora ammonta a circa 90 kcal. Considerando il calore specifico del corpo umano, se non esistessero i meccanismi di smaltimento (convezione, conduzione, evaporazione e irraggiamento), la quantità di calore accumulato in un'ora farebbe aumentare la temperatura corporea di circa 1.5°C. Il calore prodotto dall'organismo aumenta notevolmente durante l'esercizio fisico; durante il lavoro muscolare intenso si possono produrre sino a 25 kcal al minuto (cioè oltre 15 volte il calore prodotto a riposo), che farebbero aumentare parecchio la temperatura corporea se non intervenissero i meccanismi suddetti. In effetti, il calore in eccesso si rivela dannoso per le prestazioni, soprattutto negli sport di resistenza. Quando si esegue un esercizio fisico, solo circa il 25% dell'energia viene trasformata in lavoro specifico, il restante 75% viene convertito in calore. Questo fattore determina un aumento della temperatura corporea interna, facendo sì che il corpo conceda priorità al raffreddamento anziché all'apporto di ossigeno ai muscoli, comportando in tal modo una diminuzione delle prestazioni.

### LA REGOLAZIONE DELLA TEMPERATURA CORPOREA

La temperatura corporea viene mantenuta sostanzialmente costante attraverso un sistema di termoregolazione basato su risposte riflesse involontarie. Il sistema termoregolatore si compone di un centro regolatore, di vari termocettori e di organi effettori termici.

- 1) Centro termoregolatore: attivato dal sistema nervoso centrale, riceve le informazioni dai termocettori. Sulla scorta delle informazioni acquisite, condiziona l'attività degli organi effettori termici, i quali possono implementare o smaltire l'accumulo di calore nell'organismo.
- 2) Termocettori: microscopici sensori che informano il sistema nervoso centrale sulle variazioni di temperatura; essi sono particolarmente sensibili tanto a condizioni di caldo quanto a quelle di freddo. I termocettori centrali sono ubicati nell'ipotalamo encefalico e monitorano le variazioni di temperatura del sangue (anche solo per variazioni di 0.1° C). Viceversa, i termocettori periferici sono collocati nella cute e misurano soprattutto le variazioni di temperatura ambientale.

- 3) Organi effettori termici: si compongono, nell'ordine, in:

- a) Muscoli scheletrici: i muscoli volontari possono aumentare la produzione di calore attraverso il meccanismo fisiologico del brivido. Questo particolare fenomeno tende a far mantenere la temperatura corporea aumentando la produzione di calore attraverso brevi e ripetute contrazioni muscolari e, allo stesso tempo, a ridurre la perdita di calore mediante la parallela contrazione di minuscoli muscoli contigui ai follicoli. In sintesi, i brividi si riflettono in contrazioni involontarie, ritmiche o irregolari di estesi gruppi muscolari, accompagnate dalla particolare "sensazione di freddo" che si converte nella cosiddetta orripilazione (la vulgaris "pelle d'oca").
- b) Piccole arterie: conducono il sangue alla cute. Il sangue possiede la capacità di funzionare come vettore liquido di trasporto del calore e la sua temperatura è mantenuta costante attorno ai 37° C. Quando giunge un maggior quantitativo di sangue alla cute, è necessario considerare che viene pure dispersa una superiore quantità di calore. Questo fenomeno induce il processo di vasodilatazione, la quale contempla un maggior flusso sanguigno in grado di provocare una successiva perdita di calore e il conseguente raffreddamento del corpo. Per contro, il processo di vasocostrizione di queste piccole arterie supporta fisiologicamente il mantenimento di calore nell'organismo.
- c) Ghiandole sudoripare: se ne distinguono due tipi. 1) le ghiandole eccrine, presenti su tutta la superficie cutanea e particolarmente concentrate nelle ascelle, sulla fronte, nel palmo delle mani e nella pianta dei piedi. 2) le apocrine, viceversa, sono presenti solo in alcune zone: ascelle, areole mammarie e regione inguinale principalmente. Le ghiandole apocrine, a differenza delle eccrine, sono filogeneticamente più antiche e sono legate a numerose funzioni, non essenzialmente di termoregolazione, che le eccrine non possiedono. Il corpo umano consta di oltre 2.000.000 di ghiandole sudoripare; recenti studi hanno osservato il riscontro di una base genetica nella variazione di densità delle ghiandole sudoripare eccrine e dei follicoli piliferi (Kamberov, 2015).
- d) Ghiandole endocrine: alcuni ormoni vengono rilasciati durante una prolungata esposizione al freddo; in particolare gli ormoni tiroidei e l'adrenalina, prodotta dalle cel-



lule della porzione midollare del surrene in seguito alla stimolazione da parte del sistema nervoso simpatico. La loro azione potenzia la produzione di calore ed i sistemi di mantenimento del medesimo. Inoltre, in ambito sportivo e nella puntigliosa ricerca della prestazione, è bene rammentare che la ricerca scientifica ha dimostrato che anche la rasatura dei peli del corpo condiziona la termoregolazione e che pure i capelli riducono il tasso di sudorazione durante l'esercizio fisico (Coelho et al., 2010).

### RISPOSTE FIOLOGICHE ALL'IPERTERMIA

A prescindere dalle relazioni atletiche e prestative, è indubbio che le condizioni di ipertermia possano influenzare anche la vita sociale e quotidiana di ogni individuo. Lo stress termico deriva dall'interazione di varie condizioni ambientali (temperatura, umidità, radiazione solare), ritmo di lavoro fisico (produzione di calore corporeo) ed eventuale uso di indumenti pesanti che impediscono la perdita di calore (Gagge e Gonzalez, 1996; McLellan et al., 2013; Sawka, 1996). Gli studi più interessanti sono stati rivolti alle possibilità di adattamento fisiologico dell'organismo, coinvolgendo le varie branche della medicina sportiva e molecolare. L'acclimatazione al calore è in grado di determinare "aggiustamenti" biologici che riducono questi effetti negativi dello stress termico (Horowitz, 2014; Sawka et al., 1996, 2011; Taylor, 2014).

Il corpo perde calore durante l'esposizione al caldo o nel corso dell'esercizio fisico per mezzo di due meccanismi fondamentali:

- la vasodilatazione cutanea, con conseguente aumento del flusso di sangue alla cute;
- la produzione di sudore.

Lo smaltimento di calore dal corpo dipende dalla differenza di temperatura (gradiente termico) tra l'ambiente e la superficie cutanea. Naturalmente, se l'ambiente circostante dispone di una temperatura maggiore di quella della cute, il corpo acquisisce calore. Un altro fattore che influisce sulla perdita di calore è l'umidità: se essa è elevata crea una sorta di barriera alla perdita di calore concedendo l'evaporazione del sudore. Infatti, proprio l'evaporazione è associata alla differenza di pressione del vapore acqueo dell'aria e del sudore che irrorla la superficie del corpo. Se l'aria è secca ed è alimentata da correnti che facilitano l'evaporazione del sudore, una persona sana può sopportare per diverse ore temperature dell'aria anche superiori a 50° C. Per contro, quando l'aria contiene oltre il 90 % di umidità, la temperatura corporea tende ad aumentare in modo incisivo, anche solo quando le

condizioni ambientali si fissano intorno ai 35° C (in stato di "riposo"). Se, invece, si è impegnati in un esercizio fisico o in training, i 28-30°C potrebbero già determinare un incremento sensibile della stessa temperatura corporea, soprattutto in ambiente caldo-umido. Per contrastare questo incremento, i sistemi di smaltimento del calore sono sottoposti ad un cospicuo lavoro. Questo si manifesta soprattutto con un aumento della frequenza cardiaca, atta a consentire un maggior afflusso di sangue alla cute e al rifornimento di acqua alle ghiandole sudoripare. In queste condizioni la temperatura del corpo raggiunge facilmente i 38.5° C; oltre questo valore la prestazione fisica inizia a regredire e incominciano a comparire i sintomi inerenti i disturbi da calore. Inoltre, la profusa sudorazione provoca una notevole perdita di liquidi corporei, causando una disidratazione che induce alla predisposizione ai citati disturbi da calore. La disidratazione determina anche una diminuzione del sangue circolante (con annessa compromissione degli scambi di calore fra cute e ambiente esterno), provocando una netta diminuzione della sudorazione e pregiudicando il raffreddamento per evaporazione.



Figura 2 Sensore Core termoregolazione

### I DISTURBI DA CALORE

Senza acclimatazione, l'esercizio in ambienti caldi può comportare un ulteriore sforzo termico e cardiovascolare causato dall'aumento della temperatura corporea e della pelle. Questo fenomeno, a sua volta, può determinare una riduzione delle prestazioni e, nei casi gravi, pericolose conseguenze per la salute. Tra i suoi dogmi, Minson proclama prudenza, premettendo che l'allenamento "al calore" è una pratica delicata e, soprattutto, non è per

tutti. Probabilmente, gli atleti di alto livello saranno in grado di raccogliere i benefici fisiologici prima degli atleti meno allenati. Questo perché gli individui meno allenati potrebbero riscontrare difficoltà a mantenere intensità di esercizio elevate e, quindi, essere più vulnerabili ai disturbi da calore (sincope, esaurimento da calore, "colpo" di calore). Quando la temperatura corporea sale oltre i 41.5 - 42°C, iniziano ad essere preclusi e danneggiati diversi tessuti e questo fenomeno può provocare anche emorragie cerebrali con distruzione di alcune cellule nervose. In questi casi, anche i danni collaterali al fegato ed ai reni potrebbero essere rischiosi, soprattutto per la comparsa di una insufficienza subdola di questi organi che spesso si manifesta solo dopo alcuni giorni.

### ACCLIMATAZIONE ALL'IPERTERMIA

Il termine ipertermia viene talvolta frainteso o confuso; nella medicina classica, ad esempio, per ipertermia si intende un trattamento terapeutico che consiste nell'aumento mirato della temperatura in una parte malata del corpo. Ad ogni modo, nel nostro studio ci interessa conoscere la definizione di ipertermia quale sinonimo di condizioni di caldo elevato. Tra l'altro, è anche importante sapere che la temperatura corporea può essere soggetta a diverse variazioni nel corso della giornata. Di solito, aumenta leggermente dopo i pasti; anche la gravidanza, le alterazioni ormonali e l'età sono in grado di modificarla. Infine, la temperatura centrale può aumentare anche di 1°C o più in caso di lavoro fisico intenso o attività sportiva. Proprio riguardo a quest'ultima, l'entità degli adattamenti biologici indotti dall'acclimatazione al calore dipende in larga misura dall'intensità, dalla durata, dalla frequenza e dal numero di esposizioni al calore stesso (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003; Taylor, 2014). Solitamente sono necessari circa 7-14 giorni di esposizione al calore per indurre una buona acclimatazione. Entro una settimana, solitamente, è già possibile registrare una espansione del volume plasmatico correlata alla diminuzione della frequenza cardiaca. In una programmazione ottimale, gli atleti dovrebbero aumentare gradualmente l'intensità e la durata dell'esercizio, o anche solo la durata dell'esposizione al calore ogni giorno di acclimatazione specifica. Durante l'esposizione iniziale lo sforzo fisiologico risulta elevato a livello percettivo ma anche organico, come manifestato dai rilievi relativi all'incremento della temperatura corporea e della frequenza cardiaca (Périard JD, Racinais S et al., Journ. Med Sci Sports, 2015). Lo sforzo fisiologico indotto dallo stesso stress ipertermico diminuisce gradualmente per ogni giorno di acclimatazione. Attraverso l'esercizio quotidiano in un clima caldo, la maggior parte dei miglioramenti della frequen-

za cardiaca, della temperatura corporea/cutanea e dell'aumento del tasso di sudore vengono registrati già durante la prima settimana di esposizione. La diminuzione della frequenza cardiaca si sviluppa più rapidamente nel corso dei primi 4-5 giorni e dopo poco più di una settimana si presenta essenzialmente realizzata. I benefici termoregolatori dell'acclimatazione al calore sono generalmente completati entro 10-14 giorni di esposizione (Sawka et al., 1996; Pandolf, 1998). Tuttavia, è necessario tener presente che l'acclimatamento al calore regredisce progressivamente, soprattutto se non viene mantenuto costante tramite ripetute esposizioni e da un esercizio continuo e regolare. I benefici fisiologici vengono conservati per circa una settimana per poi decadere, una volta terminata l'esposizione al calore, perdendo circa il 75% dei benefici ottenuti nel corso delle tre settimane successive (Pandolf, 1998; Weller et al., 2007). Inoltre, dopo aver raggiunto una buona fase di heat-acclimation, le fasi di allenamento ed il successivo step possono essere intervallate ogni due o tre giorni. Gli atleti ben allenati a livello aerobico possono beneficiare dell'acclimatamento al calore più rapidamente (fino al 50%) e mantenere i vantaggi fisiologici più a lungo rispetto agli atleti con una condizione fisica non ottimale. Autorevoli studi dell'ultimo decennio hanno pure osservato che l'endurance-training svolto in climi temperati può ridurre lievemente lo sforzo fisiologico e migliorare solo relativamente le capacità di esercizio aerobico in presenza di climi torridi (Sawka, 2015; Périard et al., 2015). Pertanto, dato che lo stress da calore compromette le prestazioni aerobiche, tecnici ed atleti dovrebbero elaborare una minuziosa ed articolata pianificazione ed integrare i programmi di acclimatazione mantenendo comunque la parte basilare di condizionamento aerobico (Armstrong e Pandolf, 1988). Precedenti studi ed esperienze ritengono che l'acclimatazione al calore possa essere un metodo efficace per aumentare i benefici del training aerobico anche in condizioni climatiche "fresche" (Lorenzo et al., 2010; Scoon et al., 2007). Per contro, è corretto ritenere che tali affermazioni non possono essere considerate "universali" e sono state parzialmente confutate da altri studi (Karlsen et al., 2015).

### I PRINCIPI FONDAMENTALI DELL' HEAT-TRAINING

Per difendersi dall'incremento della temperatura, il corpo innesca alcuni meccanismi adattativi, responsabili anche del miglioramento della performance. L'esposizione al calore si rivela oggettivamente una condizione di "stress", tanto a riposo quanto durante l'attività fisica. Per tale motivo, sono stati predisposti protocolli di Heat-Training



“attivo” e “passivo”. La prima tipologia contempla la programmazione di esercizio fisico mentre la seconda sfrutta essenzialmente l'utilizzo di particolari attrezzature (sauna, bagno turco, bagno caldo) per indurre o mantenere una temperatura corporea elevata.

### 1 Incremento del volume plasmatico

Il calore inficia l'equilibrio del corpo che, in risposta, reagisce creando le condizioni fisiologiche di adattamento. Oltre al già citato aumento del volume plasmatico, si rivela basilare il tasso di sudorazione. In risposta a ciò, l'organismo cerca di trattenerne più liquidi e lo fa aumentando la produzione di aldosterone, un ormone (prodotto dalle ghiandole surrenali) che favorisce il riassorbimento di sodio e acqua. In questo modo, aumenta anche il volume plasmatico, ovvero la componente liquida del sangue. Durante la fase acuta, cioè quando la sudorazione è aumentata e il corpo è disidratato, il plasma diminuisce e così pure la volemia (volume sanguigno). L'acquisizione di un maggior volume plasmatico determina effetti positivi sulla gittata sistolica, ragion per cui il cuore migliora la sua capacità di pompare sangue ai tessuti. Inoltre, l'organismo diventa più efficiente nella regolazione della temperatura corporea attraverso la sudorazione ed anche la FC diminuisce a determinate intensità. In sintesi, l'aumento del volume plasmatico e la vasodilatazione si traducono anche in un maggiore flusso di sangue ai muscoli durante l'attività fisica (Hagberg et al., 1998). Grazie all'adattamento al calore si ottiene un miglior controllo dei vasi sanguigni cutanei, favorendo il miglioramento del flusso sanguigno della pelle ed una maggior dispersione di calore per convezione.

### 2 Aumento dei globuli rossi e dell'emoglobina

E' già stato precedentemente evidenziato che, allorché la temperatura corporea risulta elevata, aumenta parallelamente la sudorazione, il corpo si disidrata e l'ematocrito diminuisce. Allo stesso modo, decresce anche l'emoglobina, provocando un lieve stato di ipossia. Questo processo determina una riduzione della capacità di ricevere ossigeno dai tessuti, inducendo la stimolazione dei reni a produrre eritropoietina, deputata alla produzione di globuli rossi, fondamentali per il trasporto dell'O<sub>2</sub> ai tessuti stessi. In queste condizioni, è stato dimostrato che l'allenamento in ipertermia favorisce anche l'aumento della massa emoglobinica (Rønnestad et al., 2022).

### 3 Stress termico del sistema cardio-vascolare e bilancio elettrolitico

L'Heat-Training migliora la capacità del cuore di resistere allo stress termico. Anche ad intensità di

lavoro superiori, la frequenza cardiaca rimane tendenzialmente più bassa. I cambiamenti nel volume del sangue e nell'equilibrio dei liquidi influenzano in modo positivo anche la stabilità cardiovascolare. Solitamente, nel primo giorno di Heat-Training, la frequenza cardiaca si rivela molto più alta del normale, mentre il volume sistolico risulta più basso. In seguito, la frequenza cardiaca inizia a diminuire quando il training raggiunge una determinata intensità grazie al miglioramento fisiologico generale. La sudorazione si rivela più abbondante, ma meno concentrata di elettroliti, soprattutto di sodio. Pertanto, parallelamente, si constata anche un minore rischio di disidratazione a parità di sforzo fisico.

### 4 Riduzione della temperatura corporea

L'effetto principale dell'Heat-Training riguarda la riduzione della temperatura corporea ad una moderata intensità. Normalmente, la temperatura corporea a riposo è di circa 37°C, mentre il range ottimale si fissa tra i 35 e 40°C. Si tratta di un range contenuto, perciò anche un piccolo aumento dell'efficienza può avere un impatto notevole sulle prestazioni sportive. A livello teorico, il range si potrebbe ridurre ulteriormente tenendo conto degli studi che dimostrano che aumentare la temperatura corporea oltre i 39,5°C potrebbe influenzare in modo negativo le prestazioni. Con un Heat-Training efficiente è invece possibile ridurre la temperatura corporea del 5% ad una moderata intensità, dal momento che è stato scientificamente dimostrato che l'essere umano funziona in modo efficiente in un range di soli 5-6°C di temperatura corporea.

### 5 Miglioramento del tasso di sudorazione

Un altro risvolto positivo dell'Heat-Training riguarda il condizionamento sulla quantità e sulla composizione del sudore. Una volta acclimatato al caldo, il tasso di sudorazione aumenta e si iniziano a perdere meno elettroliti. Recenti studi dimostrano che un atleta acclimatato al caldo perderebbe solo un sesto di sodio (per litro di sudore) in rapporto ad una persona non acclimatata. Di conseguenza, il sudore risulterà più diluito. Non solo, si ridurrebbe anche la quota di temperatura necessaria per iniziare a sudare. Ciò significa che si incomincerebbe a sudare precocemente ed in quantità più elevate, migliorando il raffreddamento evaporativo e riducendo la temperatura della pelle ed il fabbisogno di flusso sanguigno cutaneo.

### 6 Aumento dei liquidi corporei

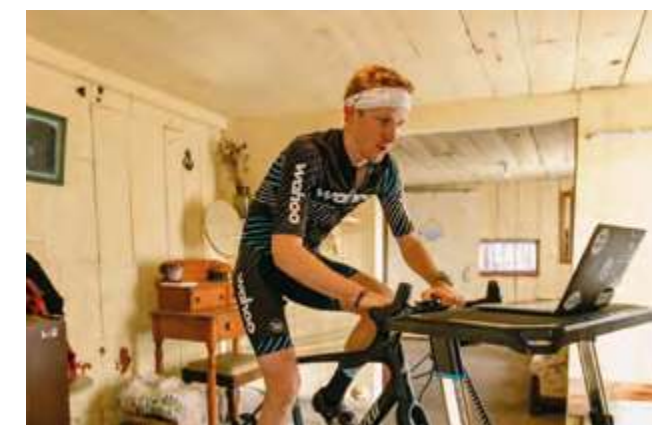
L'Heat-Training condiziona notevolmente il volume del sangue e l'equilibrio dei liquidi. Diversi studi hanno dimostrato che l'allenamento in ipertermia aumenta l'acqua corporea totale di 2-3 litri, pari a

circa il 5-7 % del peso di un individuo. Solitamente, l'aumento del peso corporeo incide negativamente sugli atleti di resistenza, soprattutto ove il rapporto potenza-peso risulta imprescindibile. Per contro, parrebbe che i benefici dell'Heat-Training, in determinate condizioni, possano essere superiori agli svantaggi rappresentati dal peso-extra, dal momento che le prestazioni più efficienti compenserebbero il peso aggiuntivo.

### ADATTAMENTI FISIOLGICI E CORRELAZIONI CON LE PRESTAZIONI

Nell'acclimatazione al “calore” vi sono numerosi studi che dimostrano il miglioramento del comfort termico e delle capacità di esercizio aerobico sub-massimale e massimale anche in climi torridi (Gonzalez & Gagge, 1976; Lorenzo et al., 2010; Nielsen et al., 1993; Racinais et al., 2015). Tra gli altri benefici fisiologici dell'Heat-Training, sono stati riscontrati variazioni favorevoli nel processo di ossidazione del glicogeno ed un miglioramento della performance aerobica associata ad una riduzione della produzione di lattato (Lorenzo et al., 2010), nonché un aumento dell'attività enzimatica mitocondriale (Maunder et al., 2021). Malgrado queste evidenze, uno dei principali quesiti che si pongono gli “addetti ai lavori” riguarda il lasso di tempo che intercorre tra l'iniziale decadimento della prestazione ed il graduale e successivo riallineamento che si determina con l'adattamento e la parziale acclimatazione. Ad esempio, il decremento della prestazione durante una prova cronometrica in ipertermia risulta in grado di essere parzialmente recuperato anche solo dopo una settimana di acclimatazione e quasi completamente ripristinato dopo circa due settimane (Racinais et al., 2015). Viceversa, è stato anche dimostrato che l'esercizio di lunga durata e a bassa intensità provoca benefici di acclimatazione al calore simili a quelli dell'esercizio di breve durata a intensità moderata (Houmard et al., 1990). I fenomeni biologici e fisiologici inerenti l'adattamento e l'acclimatazione investono alcuni processi di natura biochimica che interagiscono su quella che viene definita “tolleranza termica”. L'acquisizione di quest'ultima comporta il coinvolgimento delle proteine da shock termico (HSP), sostanze proteiche che esprimono la loro funzione biologica quando le cellule sono esposte ad elevate temperature oppure ad alte condizioni di stress. La loro funzione è di proteggere le cellule da possibili danni e spesso agevola il corretto ripiegamento delle proteine. Le proteine da stress assistono le proteine di nuova sintesi nel raggiungere l'idonea conformazione e promuovono la degradazione di quelle danneggiate. Le HSP sono legate a dei fattori di trascrizione, gli HSF (Heat Shock Factors), i quali, in particolari condizioni fisiologi-

che, sono in grado di inibirle. La tolleranza termica acquisita risulta associata alle proteine da shock termico (HSP), che si legano ai polipeptidi cellulari denaturati o in genesi. Questi forniscono protezione e accelerano la riparazione da stress termico, ischemia, tossicità dei monociti e radiazioni ultraviolette (Horowitz, 2014; Sawka et al., 2011). Tanto l'esposizione al calore quanto l'esercizio aerobico ad intensità elevata sono in grado di stimolare la sintesi di HSP (Skidmore et al., 1995).



**Figura 3** utilizzo sensore Core con software nel ciclismo

### STRATEGIE PER MITIGARE LO STRESS IPERtermico

Idratazione: nella ricerca dell'adattamento al calore, sarebbe bene non disidratarsi intenzionalmente. Sembrerebbe una banale raccomandazione ma qualche “malcapitato” ogni tanto mette in atto questa pratica. Ogni individuo possiede fisiologicamente una diversa velocità di sudorazione; per poterla monitorare in modo scientifico, è possibile calcolarla in laboratorio per ottenere risultati oggettivi e precisi. E' importante anche incrementare l'apporto di sodio in compensazione di eventuali perdite; spesso risulta sufficiente non limitare il sale nei pasti. L'eventuale deficit di altri minerali (magnesio/potassio) non dovrebbe risultare un fattore determinante. La disidratazione oltre il 2-3% della massa corporea iniziale intensifica l'aumento della temperatura corporea totale e compromette in modo significativo le prestazioni prolungate. Ciò si verifica quando la disidratazione possiede un impatto negativo sulla funzione cardiovascolare, rendendo più difficile il mantenimento della pressione sanguigna e del flusso sanguigno ai muscoli e alla pelle. Tecniche semplici, quali la misurazione della massa corporea prima e dopo l'esercizio o la valutazione del colore delle urine al mattino, possono aiutare gli atleti a valutare le perdite di liquidi attraverso la sudorazione e stimare lo stato e le esigenze di idratazione.



### Raffreddamento pre-esercizio e pre-gara

Raffreddamento esterno: un metodo molto efficace per raffreddare il corpo è utilizzare acqua o ghiaccio. Bagnarsi frequentemente limita l'incremento della CBT aiutando anche la dispersione di calore attraverso la pelle. In alcune gare, ai ristori, vengono messe a disposizione vasche di acqua e ghiaccio o volontari con pompe dell'acqua per bagnare gli atleti. In ambienti caldi, il fatto di raffreddarsi frequentemente può fornire un notevole conforto. Per gli atleti di medio-alta caratura tecnica, l'ideale si può concretizzare in un particolare "gilet refrigerante" (contenente ghiaccio), per mantenere bassa la temperatura corporea prima della gara.



Figura 4 Giubbotto refrigerante

### Ingestione di liquidi

Tra i protocolli in essere, il cosiddetto "bere quando si ha sete" può essere una soluzione idonea per un esercizio fisico che si protrae per meno di 80/90 minuti in ambiente fresco. Viceversa, per le attività che superano i 90 minuti, se effettuate in climi caldi, ad alta intensità e con tassi di sudorazione elevati, dovrebbe essere programmata una precisa e opportuna strategia di idratazione. Questa, dovrebbe basarsi sulle caratteristiche di ciascun atleta in relazione alla celerità ed alla quantità di sudore perso. Ad esempio, in condizioni di particolare caldo umido, sarebbe consigliabile ingerire circa 500 ml ogni 30'/45'. L'assunzione di 1,5-3,2 g di sodio al giorno sembra sufficiente a sostenere l'equilibrio idroelettrolitico; in ogni caso, la prescrizione individuale deve rimanere entro i limiti della quantità di fluido che può essere assorbita dall'organismo (circa 600 mL/ora) e adattata alla disponibilità dei fluidi stessi durante l'allenamento o la gara. È importante sapere che i regimi di idratazione non dovrebbero mai comportare un'eccessiva idratazione con sola acqua poiché ciò può provocare il fenomeno della iponatremia (diminuzione della concentrazione sierica di sodio, causata da

un eccesso di acqua rispetto al soluto), un delicato processo fisiologico legato ad uno squilibrio di elettroliti che può essere anche più grave della disidratazione. Bevande isotoniche con adeguati livelli di elettroliti e soprattutto di sodio devono essere garantite durante le attività al caldo. Gli atleti inclini ai crampi possono trarre beneficio da un aumento dell'integrazione di sodio a 1,5 g/l, mentre quelli che desiderano massimizzare l'espansione del volume plasmatico o che consumano <1,5 g di sodio al giorno (ad esempio, diete vegane o diete povere da cibi preconfezionati, trasformati e/o conservati) possono trarre beneficio dall'aumento dell'assunzione di sodio.

**Carboidrati e glicogeno:** quando la temperatura, sia esterna che interna, aumenta, a parità di intensità aumenta anche la dipendenza dal metabolismo anaerobico glicolitico. Per questo motivo, solitamente aumenta anche la richiesta di carboidrati in condizioni di gare calde e umide. Il tasso di deplezione del glicogeno muscolare viene accelerato durante l'esercizio con il caldo, comportando il passibile rischio di cali energetici. L'assunzione di carboidrati prima e/o durante l'esercizio possiede la facoltà di prolungare l'attività fisica, mentre le diete ricche di carboidrati ripristinano efficacemente le riserve di glicogeno muscolare e prolungano la facoltà di esercizio. Un apporto adeguato di carboidrati risulta in quantità comprese tra 30-60 g/h per esercizi protratti oltre 1 ora e fino a 90 g/h e oltre per eventi di durata superiore a 2,5 ore, utilizzando una combinazione di liquidi e cibi solidi o semisolidi (fruttosio e maltodestrine). Bisogna considerare che anche la capacità di assorbimento dei carboidrati si riduce, poiché un maggior quantitativo di sangue viene dirottato verso la cute per il raffreddamento, diminuendo l'efficacia di assorbimento di altre sostanze. Purtroppo, in gare con climi caldi estremi, è frequente osservare atleti in preda a disturbi gastro-intestinali.

**Strategie di cooling (raffreddamento):** questa pratica è importante da utilizzare durante le gare per bilanciare e/o limitare gli effetti negativi sulla performance di una elevata temperatura corporea interna. Se si possiede un sensore, l'obiettivo è quello di rimanere nella propria zona ottimale, solitamente sotto i 38,5°, altrimenti bisognerà utilizzare un abbigliamento da gara traspirante e possibilmente di colore chiaro, dal momento che aiuta a contrastare l'accumulo di calore dovuto ai raggi del sole. In ogni caso, ogni individuo è in grado di mettere in atto strategie di raffreddamento che permettono all'organismo di mantenere una temperatura adeguata ed una efficacia fisica anche durante la competizione, dal momento che ogni atleta si adatta in modo soggettivo più o meno rapidamente all'Heat-Training ed al calore stesso.



Figura 5 Applicazione sensore Core

### METODI ATTIVI DI HEAT-TRAINING

Il metodo definito "attivo" risulta essere il più in auge, senza dimenticare che la predisposizione genetica e la fisiologia individuale svolgono un ruolo basilare nell'acclimatazione al calore ed all'ottenimento delle prestazioni. Riguardo i benefici fisiologici ed il relativo monitoraggio, è sempre consigliabile essere affiancati da uno staff sanitario ed essere particolarmente sensibili ad "ascoltare" il proprio corpo; anche perché, spesso, ciò che porta a progredire un individuo può causare stanchezza e rallentamento in un altro. L'allenamento "al calore" è impegnativo e delicato per il cuore e l'organismo, pertanto è bene non agire con superficialità; sempre meglio consultare ed ottenere l'approvazione del medico prima di sperimentare nuove pratiche. Quando ci si sottopone all'allenamento "al calore", l'obiettivo principale dovrebbe essere quello di ottenere uno stimolo adeguato senza stressare troppo il corpo; nulla dovrebbe risultare scomodo o troppo fastidioso. Fatta la doverosa premessa, la seduta-base ideale di Heat-Training deve comportare un innalzamento graduale della temperatura corporea. Il target è quello di portarla dai normali 37°C in un range compreso tra i 37,5 e i 39°C. Per attuarlo esistono varie opzioni:

- allenarsi in un ambiente chiuso nel quale è possibile regolare temperatura e umidità (saune o apposite stanze di calore)
- correre sul nastro-transportatore indossando abiti che limitino la dispersione del calore (abbigliamento invernale) oppure le moderne tute termiche di ultima generazione
- allenarsi outdoor nelle ore calde della giornata (nei mesi estivi).

L'allenamento in "ipertermia" può essere effettuato sul tapis-roulant in palestra (a condizione che la temperatura dei locali non sia sotto i 23°-24° e coprendosi abbondantemente) oppure, avendone la possibilità, sul nastro-transportatore in una specifica camera opportunamente riscaldata e attrezzata. La modalità non

sembrerebbe interferire sull'esito dell'Heat-Training, tuttavia se si possiede il nastro-transportatore a casa, risulta più semplice gestire (ed aumentare) la temperatura esterna, così come coprirsi opportunamente per aumentare quella interna. Una valida alternativa, per quanto elitaria, può essere lo svolgimento del training nella cosiddetta "camera di calore", dove è possibile regolare e monitorare ogni singolare parametro e l'atleta può essere controllato da medici e professionisti che si avvalgono delle migliori tecnologie di avanguardia. Questo, ad esempio, è il metodo utilizzato dal dottor Tim Podlogar, ricercatore sloveno di stanza presso l'Università di Exeter (GB), attualmente uno dei più fervidi assertori dell'Heat-Training in Europa. Nella stagione estiva è anche possibile allenarsi outdoor sottoponendosi agli effetti del calore durante la corsa: l'ideale sarebbe correre da 30 a 45 minuti in maniera facile (steady-state). Se la temperatura supera i 32-33°C, è possibile correre normalmente a ritmo blando e con qualche cautela. Viceversa, se la temperatura supera solo i 26-27°C, risulta possibile vestire anche con uno strato scuro; se dovesse essere poi inferiore ai 25°C, diventa congruo sperimentare anche un aumento degli strati. L'adattamento al training a temperature medio-alte deve comunque essere assolutamente graduale e l'intensità mediamente bassa, dal momento che potrebbe insorgere il rischio di disidratazione con conseguenti sintomi di nausea e capogiri. Se l'adattamento sarà ben pianificato, il corpo potrà dissipare il calore in modo più efficace e, a parità di temperatura, aumenterà pure il tasso di sudorazione. Chris Minson et al., nel 2018, sulla rivista *Medicine & Science in Sports & Exercise* (*Physiological Responses to Overdressing and Exercise-Heat Stress in Trained Runners*), nel corso di vari test ripetuti hanno osservato che vestirsi molto nel training a ritmo blando conduce all'incirca agli stessi adattamenti dell'allenamento in condizioni di caldo estremo.

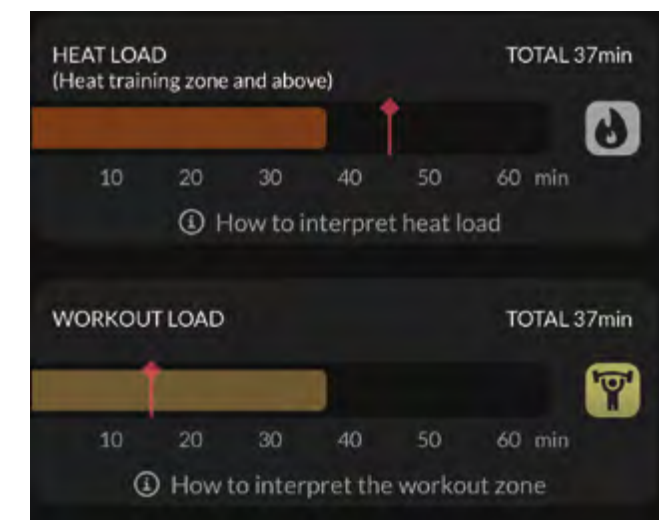


Figura 6 Esempio di monitoraggio Heat-Training con applicazione software



## PROPOSIZIONE DI PROTOCOLLO HEAT-TRAINING ATTIVO

Non esiste un singolo protocollo di acclimatazione al calore (HA) che possa indurre adattamenti "ottimali" in tutti gli atleti. Generalmente è possibile acclimatarsi al calore con una decina di giorni consecutivi di esercizio. La personalizzazione di questa proposizione dovrebbe essere basata principalmente sullo stato di allenamento dell'atleta, sulla recente esposizione ambientale, sul tempo di allenamento disponibile e sulla tolleranza allo stress di allenamento aggiuntivo. Esistono altri parametri importanti quali l'efficacia dell'attrezzatura disponibile, la facilità di accesso ad ambienti caldi, e la tempistica ottimale della fase di allenamento. Solitamente, per attivare e favorire l'adattamento organico-fisiologico, vengono proposti dai 7 ai 10 allenamenti consecutivi in condizioni di ipertermia, per poi proseguire con un trend di mantenimento da 2-3 sessioni settimanali. Per ottenere un reale beneficio funzionale, parrebbe opportuno effettuare almeno due settimane consecutive di Heat-Training quotidiano. Dopo aver completato un blocco di lavoro "al calore", gli adattamenti positivi dovrebbero durare da due a quattro settimane circa, anche se è risaputo che questo fattore è molto soggettivo. Gli allenamenti devono possedere una durata media tra i 45' e i 60' circa. L'intensità dovrebbe essere monitorata dai parametri della FC in simbiosi con il controllo della temperatura corporea interna. Per poter disporre di una analisi scientifica validante, sarebbe necessario dotarsi dei nuovi biosensori collegati ad un software. Ad alto livello, viene utilizzata anche l'ingestione di una specifica pillola che trasmette informazioni tramite bluetooth; un metodo costoso e invasivo che viene impiegato quasi esclusivamente negli studi scientifici. Per quanto riguarda il seguito del protocollo, è normale osservare una diminuzione della potenza/velocità a parità di FC; questo è il segno tangibile dello stress del calore. Anche l'RPE (sensazione dello sforzo percepito) risulterà maggiore, così come pure la sudorazione. La sessione può essere mediamente eseguita intorno al 60-80% della FC cardiaca max (oppure al 55-75% del VO2max).

## HEAT-TRAINING E SOGGETTIVITÀ INDIVIDUALE DI TEMPERATURA

Abbiamo ormai una moltitudine di riscontri sull'importanza della misurazione della temperatura corporea, ma ciò che diventa fondamentale è soprattutto l'individuazione di una soglia soggettiva/individuale di temperatura. Attraverso appositi test (Heat Ramp Test in primis), è possibile individuare la propria soglia di temperatura e prefigurare le zone di lavoro più opportune. Ogni atleta avrà quindi delle zone di temperatura differenti, che potrà seguire e determinare svolgendo le sedute di Heat-Training. Nell'osservazione schematica delle varie zone, è possibile notare come nella zona 1 e 5 ci sia un premonitore segnale di

attenzione. Questo sta ad indicare che in queste zone specifiche la situazione può essere critica. La "zona 2" è quella in cui si trascorre la maggior parte del tempo durante la giornata, quando vengono svolte le diverse attività quotidiane (lavoro d'ufficio, sonno, passeggiate). La "zona 3" rappresenta la fascia di performance ideale. In questa zona si dovrebbe ottenere il massimo della prestazione e dell'efficienza. La "zona 4", invece, risulta essere caratterizzata ancora da una buona performance ma che in prospettiva è orientata ad un graduale declino.



Figura 7 Grafico zone di temperatura

La soglia di temperatura indica il limite superiore della temperatura corporea interna "sicura". L'Heat-Training classico viene solitamente svolto tra la "zona 3" e la "zona 4". In questa fascia, è possibile disporre della migliore efficienza delle strategie di raffreddamento. Qui avremo la massima potenza funzionale ed una maggiore quantità di sangue cutaneo, comportando anche l'effetto di deriva cardiaca. La maggior parte degli studi suggeriscono di trascorrere 45-90' di allenamento nella zona di allenamento termico (Heat-Training Zone). Ovviamente, per ottenere risultati performanti occorre dare una frequenza costante e regolare al proprio allenamento al caldo. E' consigliabile eseguire un Heat Block Training, ovvero un periodo di 2-4 settimane con 3-4 sedute/settimana di Heat Training a bassa intensità.



Figura 8 Grafico esempio monitoraggio temperatura nelle varie zone

## PARTICOLARI SULLA TEMPISTICA DEL RECUPERO

Durante la pratica dell'Heat-Training, la FC risulta mediamente più elevata e pure lo stress organico si rivela maggiore. Pertanto, anche il recupero si dimostrerà più lungo (a parità di durata). E' molto importante essere cauti e procedere per gradi, monitorare attentamente le sensazioni con il feedback corporeo rispettando i naturali principi di gradualità. E' importante non commettere l'errore di sommare le sessioni di Heat-Training al "tradizionale" programma di allenamento. Nondimeno, sarebbe deleterio interpretarle e proporle come se fossero sedute di bassa intensità, dal momento che non risultano affatto tali. Sarà necessario anche considerare la maggior deplezione di glicogeno durante il recupero e nelle sessioni successive. Talvolta, dopo aver svolto una sessione di Heat-Training, è possibile provare la sensazione di "sentirsi vuoti" e iper-affaticati. Questo è un considerevole fattore da non trascurare; sarebbe bene sdraiarsi con le gambe sollevate in alto e idratarsi con liquidi isotonici. E' pure "sconsigliabile" programmare sessioni lunghe e/o di alta intensità dopo una seduta di lavoro in Heat-Training. In tal caso, meglio effettuarle il giorno precedente e concedersi una giornata soft il giorno successivo.

## EVIDENZE SCIENTIFICHE CORRELATE ALL'HEAT-TRAINING

Uno dei tanti studi del norvegese Ronnestad, pubblicato in Experimental Physiology (2020), ha formulato un protocollo di 5 settimane con 5 sedute di corsa settimanali per 1 ora a 38/38.5°C di calore nell'intento di produrre un aumento della massa emoglobinica. A livello fisiologico, sono state necessarie circa 4-6 settimane per riscontrare un'evoluzione importante. Questo riscontro ha potuto dimostrare il miglioramento delle performances in qualsiasi condizione, ottenendo pure la conferma scientifica dell'opportunità di simulare alcuni adattamenti fisiologici dell'altitudine. Diversamente, una ricerca più recente di Lundby e Ronnestad, pubblicata sul Journal of Applied Physiology (2023), ha esaminato gli effetti dell'ipertermia e della disidratazione sottoponendo alcuni ciclisti ad una serie di quattro test massimali su cicloergometro. Dai rilievi emersi, è risultato che 1°C solo di aumento della temperatura corporea interna ha potuto causare una riduzione del 16 % di Vo2max, associato ad un ridotto assorbimento di O2 ed una FC max significativamente elevata. Uno studio più remoto dei danesi Nybo e Nielsen (2001), si è invece preoccupato di esaminare gli effetti dell'ipertermia sui fattori centrali e periferici nello sviluppo dell'affaticamento neuro-muscolare. I soggetti hanno eseguito due prove al 60 % del proprio Vo2max su cicloergometro, tanto in condizioni di ipertermia (40°C) quanto in normali condizioni neutre (18°C). Immediatamente la conclu-

sione delle prove, si sono esercitati in una contrazione volontaria massimale (MCV) degli arti inferiori (estensione del ginocchio) in contemporanea con un altro gruppo muscolare degli arti superiori in esercitazione ipodinamica (presa palmare della mano). La diminuzione, tanto della forza volontaria massima quanto del gruppo muscolare meno esercitato, si è rivelata più pronunciata nella prova ipertermica. L'analisi di questi dati ha potuto dimostrare che la capacità di generare forza durante una MVC prolungata è attenuata dall'ipertermia e che la compromissione della prestazione risulta correlata ad una riduzione della percentuale di attivazione volontaria.

## METODO DI HEAT-TRAINING "PASSIVO"

Nel protocollo di applicazione dell'Heat-Training "passivo", di norma si svolge prima l'allenamento tradizionale e solo successivamente ci si dedica alla seduta in condizioni di ipertermia. Proprio per questo, è possibile aumentare lo stress termico mediante metodi "passivi", ovvero che non coinvolgono il movimento. Questi metodi comportano l'utilizzo di sauna e bagni caldi. Tanto la sauna, come pure l'acqua calda della vasca (anche con l'opzione idromassaggio), aumentano la temperatura corporea provocando adattamenti simili.

L'esposizione passiva al calore risulta spesso gradevole; il bagno caldo (circa 40°C) nella vasca deve essere abbastanza profondo da coprire tutto il corpo fino al collo. Anche la sauna deve essere effettuata subito dopo la sessione di allenamento (mentre la temperatura corporea interna è ancora temporaneamente elevata). Per ottenere effetti ottimali, questa pratica può protrarsi inizialmente per 15-20 minuti ed aumentare anche fino a 30 minuti nell'ambito di 8-10 giorni consecutivi. Un'altra strategia per godere dei benefici di sauna o bagno caldo, è quella di posizionarli dopo una sessione di Heat-Training per estendere l'esposizione al calore e prolungare così lo stress organico. Tuttavia, sarà bene prestare molta cautela ed attenzione; questa pratica va sistematicamente pianificata, proprio perchè risulta uno stimolo aggiuntivo che va sommato a quello già preesistente del training. Al limite, è possibile ridurre leggermente la sessione, ad esempio a 40' circa, aggiungendo però altri 15-30' di bagno caldo o sauna. Una volta acquisito l'adattamento fisiologico si potrà stabilire e pianificare con precisione numero e durata delle sessioni settimanali di Heat-Training, andando ad aggiungere gradualmente minuti di esposizione al calore con strategie passive fino ad arrivare a 3 sessioni di Heat-Training da circa 1h + 30' di sauna o bagno caldo. Sempre in termini di "calore passivo" è possibile segnalare un'altra proposizione pratica: se non si possiede un sensore per monitorare la temperatura corporea, un'opzione interessante comporta l'utilizzo di un cardiofrequenzimetro. Ci si prefigge una



frequenza cardiaca approssimativamente nella Zona 2 (media) mentre si rimane seduti passivamente al caldo. Questo è anche un metodo per monitorare i progressi, dal momento che ogni bagno o sauna successivi dovrebbero rilevare un leggero abbassamento della FC in rapporto allo stesso livello di esposizione al calore. Altra semplice e importante raccomandazione: quando si esce dal bagno o dalla sauna, procedere e deambulare sempre lentamente. L'ideale sarebbe avere una sdraio o una sedia, tenendo una bottiglia di liquidi nelle vicinanze; sedersi/sdraiarsi e sorvegliare mantenendo una condizione di relax per almeno una decina di minuti. Nel frattempo, la frequenza cardiaca riprende a diminuire e, gradualmente, si riacquistano le condizioni fisiologiche naturali. Normalmente, una volta adattati, è possibile concludere il cosiddetto "blocco-termico passivo" entro 7-10 giorni prima della gara. Altra opzione proposta è quella di far seguire, ogni due o tre giorni dopo l'allenamento tradizionale outdoor, una sauna/bagno caldo per il mantenimento e proseguire in tal maniera fino a poco prima dell'evento-clou. Per contro, su quest'ultima proposizione si osservano dubbi e divergenze tecniche; il caldo è stressante anche dopo l'adattamento, per questo motivo molti consigliano di dismettere l'utilizzo della sauna (o di correre intenzionalmente nelle condizioni più calde) parecchi giorni prima di una gara importante.

### EVIDENZE SCIENTIFICHE SULL'HEAT-TRAINING PASSIVO

Uno studio di Racinais e Sawka, pubblicato sullo Scandinavian Journal Med. Science & Sports (2015), ha rilevato un aumento del 17,8% del volume plasmatico (registrato subito dopo l'allenamento) in seguito a 4 sedute di esposizioni in sauna composte da 30 minuti a circa 80° C. A distanza di una decina di anni, questo studio è diventato un riferimento importante in letteratura scientifica. Parallelamente all'incremento del volume plasmatico, è stata rilevata una stabilizzazione nella produzione di eritrociti e, soprattutto, una diminuzione dell'ematocrito. Ulteriori studi di Ronnestad e C., pubblicati nel 2020 su Experimental Physiology (*Five weeks of heat training increases haemoglobin mass in elite cyclists*), hanno evidenziato che questa compensazione fisiologica è in grado di stimolare la produzione di EPO naturale dai reni per aumentare i globuli rossi. Questo processo possiede la capacità di riportare i livelli di ematocrito più vicini al basale aumentando anche la massa emoglobinica. Anche la funzione vascolare migliora, consentendo al volume plasmatico aumentato di raffreddare meglio la pelle. Per contro, diminuisce il tasso metabolico a causa dello stress termico e si evidenzia una maggiore tolleranza termica a livello cellulare (un fenomeno in parte spiegato dall'espressione genetica derivante dall'esposizione ambientale ripetuta

e dalle proteine che rispondono allo stress termico) come riscontrato e pubblicato in altro articolo del 2016 sul Journal of Applied Physiology (*Heat shock proteins and exercise adaptations*) da Mark Hargreaves e colleghi. Inoltre, un interessante studio giapponese (P.Tsuij et al., 2012), pubblicato anch'esso sul Journal of Applied Physiology, ha indagato sul rapporto tra l'adattamento ipertermico passivo e quello attivo durante esercizio fisico. E' risaputo che l'aumento della temperatura corporea centrale comporta un aumento della ventilazione tanto nei soggetti a riposo quanto in quelli impegnati in un allenamento prolungato. I risultati hanno dimostrato che la soglia della temperatura corporea (per l'iperventilazione ipertermica) e la risposta iperventilatoria all'aumento della temperatura corporea nei soggetti riscaldati passivamente, differiscono da quelle dei soggetti sottoposti ad esercizio fisico, indipendentemente dal fatto che l'esercizio sia moderato o leggero.



Figura 9 Grafico esempio controllo parametri Heat-Training

### LA PIANIFICAZIONE DELLE SEDUTE DI HEAT-TRAINING

Negli Stati Uniti, le ricerche di Chris Minson e C. hanno fatto un enorme proselitismo. Soprattutto il movimento del trail running ne ha tratto beneficio e risulta all'avanguardia nell'applicazione dell'Heat-Training. Dave Roche, uno dei più autorevoli metodologi, ha preso spunto dalla recente letteratura scientifica per proporre tre programmazioni standard nella pianificazione dell'Heat-Training. La prima riguarda un piano "ammorbidito", non tanto per il livello qualitativo degli atleti quanto per l'effettiva assuefazione adattativa a questa metodologia.

#### 1) Heat-Training Iniziale

Il Beginner Heat Plan è quello più soft; viene considerato il punto-base da cui iniziare il processo di sperimentazione e adattamento alle condizioni di ipertermia.

- 3 sedute giornaliere consecutive in sauna/bagno oppure di corsa
- 1-2 esposizioni a settimana in sauna/bagno oppure nella fase di esposizione ipertermica nella seduta di corsa
- Iniziare almeno 1-2 settimane prima della gara

Le tre sessioni utili ad approcciare l'Heat-Training possono essere sauna, bagno caldo oppure una corsa leggera, tutte pertinenti a stimolare la risposta iniziale del volume sanguigno. Questi adattamenti risultano relativamente tenui; secondo una revisione di Racinais et al. del 2018 in Sports Medicine (*Heat Acclimation Decay and Re-Induction*), si registra un decadimento quotidiano del 2,5% circa relativamente la risposta della frequenza cardiaca al calore. Pertanto, un paio di sessioni a settimana possono mantenere gli adattamenti successivi per atleti con poco tempo a disposizione. Nei mesi estivi, in climi caldi, ciò può significare correre normalmente a mezzogiorno. Poiché l'incremento del volume sanguigno risponde in modo rapido, è possibile indirizzarlo approssimativamente vicino alle condizioni di gara, ma con la notevole probabilità di perdere l'efficienza metabolica ed altri adattamenti. Se ci si attiene a questo piano, è importante focalizzare alcune sedute di corsa sostenendo uno sforzo maggiore nella parte più calda della giornata.

#### 2) Piano di Heat-Training "intermedio"

- 4 sedute giornaliere consecutive in sauna/bagno caldo oppure di corsa
- 3-5 esposizioni a settimana in sauna/bagno caldo oppure di corsa
- almeno 1-2 sedute di corsa a settimana in ipertermia
- 1 seduta di corsa tecnicamente più impegnativa e qualitativa in condizioni di ipertermia
- Iniziare almeno 3-4 settimane prima della gara

Il piano intermedio può risultare un'ottima opzione per gli atleti che competono in eventi importanti previsti in climi torridi. Nella sua forma più semplice, si compone di 5 sedute di sauna a settimana con alcune sedute di corsa in ipertermia. Dopo un'iniziale introduzione al calore, il periodo di mantenimento e sviluppo include una maggiore attenzione alla corsa in ipertermia piuttosto che all'esposizione passiva al calore come la sauna. In particolare, è stato riscontrato che gli atleti subiscono spesso un'esperienza gravosa durante la loro prima corsa impegnativa in condizioni di ipertermia. Il tutto, è stato rilevato malgrado un utilizzo adeguato della sauna. Nella seduta di corsa più impegnativa e di qualità, la tempistica può variare dai 20 fino ai 40 minuti circa. Per contro, la sequenza di allenamenti settimanali varia molto da atleta ad atleta. L'ideale sarebbe iniziare il programma dopo circa 3-4 settimane richieste per l'acclimatazione al caldo, tuttavia 5-7 settimane potrebbero essere preferibili per ottimizzare i potenziali aumenti della massa emoglobinica.

#### 3) Piano di Heat-Training per atleti evoluti

- 4 sedute giornaliere consecutive in sauna/bagno caldo oppure di corsa

- almeno 5 esposizioni a settimana in sauna/bagno caldo oppure di corsa
- almeno 3 sedute di corsa a settimana in condizioni di ipertermia
- 2 sedute di corsa prolungata e 2 sedute di corsa tecnicamente più impegnative e qualitative in ipertermia
- Iniziare 5-7 settimane prima dell'evento-gara importante

Il piano proposto da Roche per atleti evoluti, risulta molto intenso e delicato. Il problema sostanziale di questo piano è che se non si riuscisse a portarlo a realizzazione, potrebbe condurre ad un accumulo di stress che renderebbe l'allenamento meno efficiente. L'obiettivo, ovviamente, rimane quello di proseguire l'evoluzione per diventare più forti e performanti e l'acclimatazione al calore deve essere in grado di supportare tale crescita. Nello specifico, gli atleti si devono integrare in un processo di allenamento intenso a lungo termine e monitorare attentamente i livelli di ferro e di emoglobina. In questo piano, l'impegno più oneroso risulta essere la corsa lunga a discrete intensità e in condizioni di ipertermia.

### IL DECADIMENTO DELL'ACCLIMATAZIONE AL CALORE ED IL RIADATTAMENTO FISILOGICO

Sebbene la letteratura scientifica sull'Heat-Training sia ben documentata, è lecito riconoscere che le conoscenze sono minori riguardo il decadimento dell'acclimatazione all'ipertermia ed alla successiva re-acclimatazione al caldo. I rilievi di alcune ricerche dimostrano che 1 giorno di acclimatazione al calore viene perso dopo 2 giorni di decadimento/dismissione dalle condizioni di ipertermia. Alcuni studi di Racinais (2018), hanno permesso di analizzare il decadimento dell'acclimatazione al calore e della re-acclimatazione in tre dei principali adattamenti fisiologici che si verificano durante l'adattamento all'ipertermia: frequenza cardiaca, temperatura interna e percentuale di sudorazione. Il decadimento dell'adattamento al calore e la capacità di riadattamento al caldo medesimo, differiscono sensibilmente: 5 o più giorni di acclimatazione all'ipertermia sarebbero sufficienti ad indurre la capacità di re-acclimatazione e di termoregolazione; tuttavia, estendendo il tempo di esposizione quotidiana al calore, migliora anche l'adattamento della temperatura corporea. Gli studi hanno riscontrato che per ogni giorno di decadimento, il 2,5 % degli adattamenti alla re-acclimatazione ed alla termoregolazione risultano persi. Relativamente al tasso di sudorazione è stato rilevato che i periodi di acclimatazione prolungati producono migliori adattamenti fisiologici. L'elevata intensità di esposizione al calore sembrerebbe utile per l'adattamento della sudorazione ma non a quello della temperatura corporea. La successiva re-acclimatazione



al caldo induce nuovi adattamenti tanto nella temperatura corporea quanto nella frequenza cardiaca, ma soprattutto ad un ritmo più veloce della normale acclimatazione al calore. Pertanto, l'adattamento alla re-acclimatazione è in grado di fornire un mezzo pratico e meno invasivo per mantenere e ottimizzare l'acclimatazione prima della competizione.



**Figura 10** Grafico esempio controllo temperatura Heat-Training

### L' HEAT-ADAPTATION: PIANIFICAZIONE DEL TRAINING IN PREVISIONE DI UN EVENTO IMPORTANTE

L'Heat-Adaptation, diversamente dai concetti precedenti, si prefigge come obiettivo quello di adattarsi prima di una competizione in cui è previsto un clima torrido. La definizione dei mezzi di allenamento non diverge dalle precedenti trattazioni; non di meno è la focalizzazione dell'obiettivo che fornisce la diversa stesura della programmazione. Il target "assoluto" è quello di fornire la miglior performance possibile in condizioni climatiche e di ipertermia "disagiate". Pertanto, pur condividendo fisiologicamente i medesimi propositi, l'adattamento al calore in previsione di un evento importante contempla un mix di sedute tra ipertermia e clima "fresco" in cui sarà possibile effettuare sedute di capacità aerobica in ipertermia (fino ad abbozzare una sorta di fondo medio o progressivo, dopo qualche settimana di acclimatamento, n.d.a.) e svolgere sedute di potenza aerobica (uniforme e frazionata), nonché qualche lavoro di prove ripetute di capacità lattacida con clima fresco o neutro. Tornando all'Heat-Training, il primo metodo utile, che risulta anche il più "naturale", è quello di abituarsi a correre progressivamente al caldo con le dovute precauzioni. È sempre una questione di buon senso e gradualità; ad esempio, non è il caso di correre a mezzogiorno con 30° C, è necessario partire da temperature più agevoli e, lentamente, aumentare l'esposizione mantenendo sempre il trend di allenamenti blandi. Più è lunga la seduta più sarà importante idratarsi per non incorrere in rischi per la salute; è essenziale consentire al corpo di svolgere la necessaria attività di termoregolazione sudando a sufficienza. Per chi ha la possibilità di correre indoor e col nastro trasportatore, una opzione diversa potrebbe essere l'utilizzo di una moderna tuta termica evitando anche l'ausilio dei ventilatori. Una

ulteriore alternativa è rappresentata dalle sedute di caldo passivo nelle diverse forme precedentemente esposte. La più semplice si riduce a un bagno caldo al termine degli allenamenti (meglio dopo quelli più lenti), rimanendo immersi in acqua per 15'-20'. Quando possibile, la sauna risulterebbe il metodo migliore, con sedute a partire da 10' fino ad arrivare a 30', magari con leggere pause, sempre per non rischiare eventuali malesseri. Discorso simile anche per il bagno turco. Tutte queste metodiche devono essere messe in pratica con estrema costanza e regolarità, dal momento che bastano pochi giorni per perdere adattamenti e benefici. Peraltro, è sempre necessario non esagerare e adottare tutte le cautele previste. Elevare la temperatura del proprio corpo risulta uno stress non indifferente, pertanto bisogna considerare utili variabili e stratagemmi anche nella programmazione dell'allenamento, senza rischiare di peggiorare il recupero e rendere inutili o deleteri tutti gli sforzi profusi.

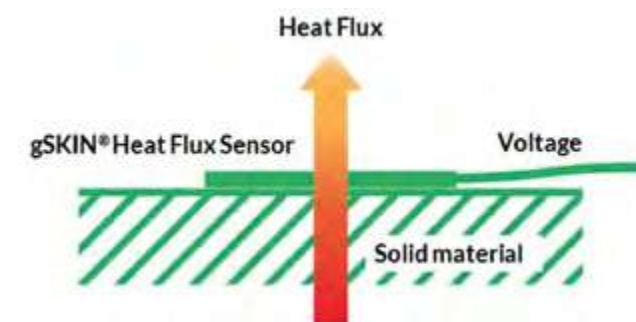


**Figura 11** Kit completo sensore core-termoregolazione

### MONITORAGGIO DELLA TEMPERATURA CORPOREA CON L'USO DI BIOSENSORI: I NUOVI MARKERS DELLA VALUTAZIONE FUNZIONALE DELL'ENDURANCE

Diversi studi hanno dimostrato che, quando la temperatura corporea centrale aumenta durante un esercizio intenso, la potenza e il ritmo diminuiscono. Nello specifico, alcuni test hanno riscontrato una perdita di potenza nell'ordine del 5% per ogni grado di aumento della temperatura interna nel corso dell'esercizio. Le variazioni di temperatura corporea sono espressamente individuali e la capacità di termoregolazione può variare da persona a persona, come pure la risposta al raffreddamento. Durante sforzi intensi, soprattutto in gara, la temperatura corporea interna subisce un aumento esponenziale; monitorare il suo andamento consente anche di controllarla, metten-

do in atto alcune strategie di "cooling" specifiche, sia dirette che indirette. Per monitorare la situazione termica in modo scientifico, numerosi atleti applicano un particolare biosensore ("body-temperature"), in grado di facilitare l'acclimatazione al calore durante l'allenamento. Due aziende svizzere dell'ambito medico hanno collaborato per creare un sensore di temperatura interna continuo e non invasivo che potesse rendere la misurazione molto più accessibile. Si tratta di un sensore da agganciare alla fascia del cardio che è in grado di rilevare la temperatura corporea interna e di trasmetterla in tempo reale ai device con cui è collegato, disponendo di connettività wireless e App Android/iOS per il download dei dati. L'utilità delle informazioni raccolte si basa sulla relazione tra temperatura corporea e livello di prestazione dell'atleta. Questi dati possono aiutare a individuare opportune strategie individuali di idratazione (fondamentali nel meccanismo di termoregolazione), ma anche ad ottimizzare gli orari e i frangenti per gli allenamenti di intensità, valutare la capacità di acclimatazione e, quindi, definire il calendario gare anche in base alle capacità prestative a certe temperature.



**Figura 12** Grafico sensore del flusso di calore

### L'AVVENTO DEI SENSORI DI TEMPERATURA

Il mondo dello sport, come pure tutto l'ambito civile che segue il progresso tecnologico quotidiano, è diventato terreno fertile per ogni tipo di applicazione scientifica e relativi congegni. Uno di questi è proprio il sensore "body-temperature" CORE, studiato con la finalità di abituare l'organismo a sopportare uno stress termico rilevante e potenziando i sistemi di termoregolazione. Questo sensore, attualmente, è utilizzato soprattutto da ciclisti professionisti e triatleti in allenamento e in gara. L'uso specifico di questo congegno risponde all'esigenza di controllare la temperatura corporea per monitorare in modo scientifico l'efficienza fisica in condizioni di ipertermia. Non parliamo di un semplice termometro ma specificamente di un "sensore di trasferimento di energia" che misura la perdita di calore del corpo e la utilizza per calcolare la temperatura interna, con uno scarto di errore del +/- 0,21 %. Soprattutto la correlazione

**Camilla Magliano, Campionati mondiali master di corsa in montagna, Canfranc 2024**



tra temperatura corporea e calo di potenza è stata testata e studiata ed è risultata abbastanza precisa: per un incremento di 1° C di temperatura corporea, è stato registrato un calo sino al 5% di potenza esprimibile, contemplando fino ad un 16% di riduzione della VO2max. È pure necessario sottolineare che nell'iperprofessionistico mondo del ciclismo, i corridori élite utilizzano anche delle pillole bluetooth in grado di parametrare ed incrociare la precisione dei dati. Possedere questi rilievi, ottenuti in mesi di utilizzo del sensore in diverse condizioni, si rivela fondamentale per implementare le varie strategie atte a raffreddare la propria temperatura corporea. Il sensore CORE risulta molto utile per chi inserisce nella propria routine di allenamenti le sessioni *heat*, cercando di alzare artificialmente la temperatura del proprio "core", ovvero la parte interna centrale del corpo. Esso risulta fondamentale per monitorare la temperatura nel corso di queste sessioni di training. Il sensore CORE si presenta come un quadratino (circa 15 gr di peso) di plastica bianca; può essere installato sulla fascia del cardiofrequenzimetro oppure essere fissato direttamente alla cute con degli specifici adesivi in dotazione. L'alimentazione è a batteria ricaricabile tramite porta USB, che garantisce una durata di 6 giorni con utilizzo costante oppure di 6 settimane in modalità stand-by. Il sensore è resistente all'acqua con una impermeabilizzazione di tipo IPX7, perciò il sudore non influenza il rilevamento dei dati. Il sensore CORE





Cesare Maestri, Campionati europei di corsa in montagna, El Paso 2022

non è un semplice termometro ma si basa altresì su un particolare biosensore Seebeck. Fondamentale è anche la app di CORE, necessaria per la corretta lettura dei dati. Una volta scaricata e connessa alla fascia cardio ed al sensore bluetooth su Garmin o altri gestori (Wahoo, Suunto, Hammerhead, Coros) è possibile installare anche il widget per avere il campo CORE su una pagina dati e monitorarla durante l'allenamento. Il sensore CORE si può collegare anche al cardiofrequenzimetro per incrociare i valori di frequenza cardiaca e temperatura corporea interna. Un altro aspetto interessante, principalmente per chi si allena molto indoor, è che può essere collegato ad un ventilatore della tipologia Elite-Aria, il quale, in tal modo, è in grado di aumentare o diminuire il flusso d'aria in relazione alla temperatura corporea interna. Una volta applicato il sensore, una luce verde intermittente rende conto del fatto che risulti attivo e che possa iniziare a registrare. Dall'app è possibile monitorare il relativo grafico, comprensivo di vari campi-dati quali la temperatura cutanea e soprattutto l'indice di stress calorico (Heat Strain Index), ovvero l'andamento del processo fisiologico per raffreddare il corpo, le zone di temperatura ed il tempo trascorso in ciascuna di esse. Heat Strain Index consiste nella misura, calcolata in tempo reale, di quanto l'organismo sta lavorando per abbassare la temperatura. Ha un intervallo pratico compreso tra 0 e 10, dove 10 è un valore eccezionalmente alto. Questo rappresenta una temperatura interna di 40°C ed una temperatura cutanea di 37°C. Lo zero viene misurato nelle situazioni in cui l'atleta non sta affrontando uno sforzo, oppure quando la temperatura interna è elevata ma la temperatura cutanea è abbastanza fresca (ad esempio durante l'attività fisica con temperature basse). Vi sono altri dati e ragguagli interessanti da monitorare: Heat Strain Score, Heat Load e Workout Load. Heat Strain Score, ad esempio, contempla il totale dei valori accumulati durante una giornata o durante un allenamento. È probabilmente il valore più importante da monitorare poiché indica quanto il corpo ha faticato per abbassare la temperatura, ovvero quanto è stato messo sotto stress e quanto duramente ha lavorato il sistema di termoregolazione dell'organismo. Invece, per Heat Load, si considera il tempo trascorso nella zona di Heat-Training indicata con il colore arancione inerente le zone di temperatura. Il sistema consiglia il limite massimo da non superare per evitare problemi fisici dovuti al caldo eccessivo. Workout Load, infine, indica il tempo passato nella zona di allenamento, evidenziata con il colore giallo nelle zone di temperatura. Tutti questi dati possono essere successivamente visualizzati anche su software di allenamento come Training Peaks e Golden Cheetah, per monitorarne l'andamento e/o l'evoluzione nel tempo e non disperdere gli adattamenti ottenuti. Proprio come i rilievi sulla fre-

quenza cardiaca, velocità o potenza, tecnici ed atleti possono monitorare la situazione nei grafici di distribuzione delle "zone di temperatura centrale". Alcuni allenatori utilizzano la temperatura corporea interna come ulteriore parametro di analisi nell'allenamento e nei test per comprendere gli impatti della temperatura ambientale sulle prestazioni.

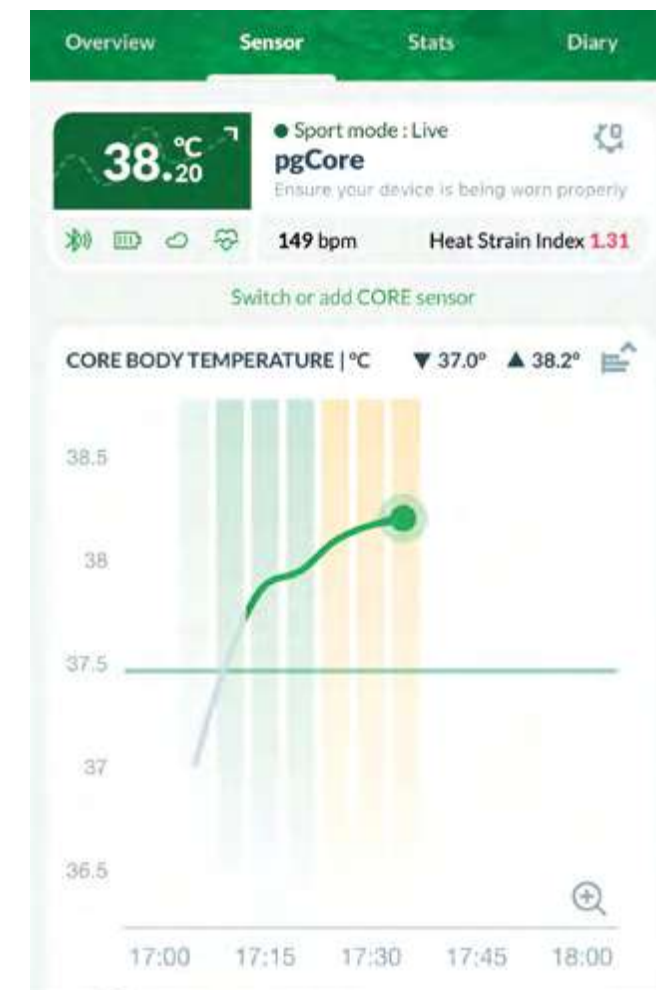


Figura 13 Grafico esempio di monitoraggio con heat strain index

### HEAT RAMP TEST

La registrazione dei dati rappresenta il cardine dell'utilizzo del sensore CORE. Una volta effettuata l'installazione, la fase successiva è rappresentata dall'individuazione e dalla definizione delle proprie zone di temperatura. Per determinare le specifiche zone di lavoro è necessario svolgere la procedura protocolitare del Heat Ramp Test, un particolare test che i ciclisti effettuano sui rulli e che, nel nostro caso, deve naturalmente essere effettuato sul nastro trasportatore. Per ottimizzare al meglio il test, bisogna essere vestiti il più possibile e senza l'ausilio di ventilatore, in modo da raggiungere una temperatura elevata nel minor tempo possibile. E' altresì necessario il monitoraggio della frequenza cardiaca, così pure come il controllo dell'an-



datura mantenuta. Indipendentemente dall'incremento dell'andatura stessa, è risaputo che ad un certo punto, a frequenza cardiaca costante, la potenza diminuisce all'aumentare della temperatura corporea interna. Pertanto, dopo un riscaldamento iniziale, aumentando gradualmente l'andatura si raggiunge quello che CORE chiama "punto di controllo", ovvero una temperatura di 38° C circa. A questo punto, la frequenza cardiaca deve essere mantenuta stabile durante lo svolgimento del test. Come conseguenza, la temperatura corporea continua ad aumentare, mentre è necessario regolare la potenza erogata per conservare la frequenza cardiaca costante. Inevitabilmente, dopo un lasso di tempo più o meno lungo, la potenza calerà. Quando questa si fisserà intorno all'80 % di quella iniziale, oppure l'atleta sarà esausto e non in grado di continuare, il test dovrà essere interrotto. Contemporaneamente, la frequenza cardiaca diminuirà in modo istantaneo, ma non la temperatura corporea, dal momento che la fase di raffreddamento si concederà una tempistica che varia da soggetto a soggetto. In questo modo è possibile individuare la temperatura "critica", quella in cui la potenza diminuisce mentre la frequenza cardiaca rimane stabile. Di conseguenza, al termine del test, risulta ipotizzabile analizzare e distinguere le zone di temperatura corporea "individuali" di allenamento. La zona ritenuta ottimale per l'Heat Training è la "zona 3 alta/4 bassa", in cui viene trascorsa la maggior parte del tempo di allenamento, quella plausibilmente più idonea per ottenere gli adattamenti fisiologici desiderati. Chiaramente, l'efficacia dell'utilizzo del sensore CORE, è giocoforza connessa allo svolgimento di specifici e mirati allenamenti. L'atleta che, con il proprio coach, pianifica il miglioramento delle proprie prestazioni in modo scientifico, potrà utilizzare la tecnologia avanguardistica di questo sensore, beneficiando di una moltitudine di dati da analizzare, ma soprattutto per la possibilità di confrontarli con precisione in allenamento e in gara.

### FUNZIONALITÀ DEL BIOSENSORE SEEBECK

Il sensore di calore che interviene sul flusso termico è basato sull'effetto Seebeck, biosensore con marchio registrato e protetto. Quando il calore viene riconosciuto dal sensore, questo genera un segnale di tensione proporzionale al calore emanato. Il biosensore gSkin®Heat Flux sensor è in grado di classificare i flussi di calore  $<0.01 \text{ W/m}^2$ ; esso rientra nella gamma dei sensori Seebeck altamente sensibili. La particolare precisione di questi sensori dipende dalla notevole qualità del materiale utilizzato per la fabbricazione della termo-coppia, nonché dal numero specifico di termo-coppie inserite. Una termo-coppia consiste in due termopile separate di classe "N" e "P"; queste sono ampiamente integrate nel substrato del sensore che contempla dei moduli di alta sensibilità tecnologica ad alta risoluzione.

### SPERIMENTAZIONE PRATICA E COMPARAZIONE DI HEAT-TRAINING CON E SENZA AUSILIO DI VENTILATORE

Nell'ambito del ciclismo, il biker e preparatore atletico Daniele Concordia ha voluto verificare i reali benefici che potrebbe fornire l'utilizzo del ventilatore nell'Heat-Training indoor. Egli ha voluto confrontare l'andamento della temperatura corporea interna e le sensazioni provate durante due allenamenti identici, effettuati con modalità ventilatore e finestra aperta e senza ventilatore con finestra chiusa. Dopo un riscaldamento di 15 minuti, l'allenamento (con bici da strada sui rulli), è stato programmato con una prima parte comprensiva di ripetute "over-under" (un minuto sopra FTP e un minuto sotto FTP) ed una seconda parte con un lavoro intermittente "30-30" (30" a Vo2max e 30" blando). Nel ciclismo, la FTP (Functional Threshold Power) consiste nella max potenza che un corridore è in grado di esprimere in media e in maniera costante per 1 ora. Dalle testimonianze di Concordia, pubblicate sul website bicistrada.it, è stato curioso riscontrare come la temperatura interna fosse molto più controllata nella seduta con ventilatore e come l'Heat-Strain-Score nell'allenamento senza ventilatore abbia raggiunto un valore molto più elevato, quasi il doppio rispetto a quello del training con ventilatore. Anche la frequenza cardiaca è salita sensibilmente senza "aria proiettata addosso" e, ovviamente, sono mutate anche le sensazioni rilevate. Viceversa, nella seduta senza ventilatore, le ultime ripetute del test si sono rivelate molto ardue e impegnative. Con l'ausilio del ventilatore, il trend è stato più soft e molto simile al training outdoor; ovviamente, anche la sudorazione è risultata diversa e conseguentemente non è stata percepita la tipica sensazione di spossatezza che si avverte quando si perdono molti liquidi. In ogni caso, il rilievo più importante riscontrato incrociando la temperatura interna con i dati sulla Performance Condition (Garmin Connect), riguarda il calo meno drastico subito nel corso dell'allenamento con ventilatore acceso. Questo fattore determina una maggior facilità ad eseguire i lavori specifici nell'ultima parte di sessione. Evidenza testimoniata pure da altri grafici che mettevano a confronto frequenza cardiaca e temperatura interna. Questo risultato potrebbe apparire scontato ma in realtà non lo è; la reazione al calore indotto dall'allenamento varia da persona a persona. Un altro aspetto sul quale riflettere riguarda l'andamento della temperatura interna, risultato ritardato rispetto a quello dello sforzo fisico. Spesso, al termine di lavori specifici, la temperatura interna continua a salire fino al raggiungimento del suo picco, anche quando si ha l'impressione di aver già recuperato organicamente. Questa indicazione potrebbe essere utile per comprendere come il proprio organismo risponde agli sforzi intensi e ripetuti ed adattare, di conseguenza, la preparazione fisica e il training.



Figura 13 Grafico esempio di monitoraggio con heat strain index

### I DOGMI E I PUNTI CHIAVE DI CHRIS MINSON, PADRE PUTATIVO DELL' HEAT-TRAINING

Minson e c. hanno riscontrato che l'Heat-Training, se eseguito con criterio e con una pianificazione accurata, può avere benefici considerevoli; non solo consente di aumentare il tasso di sudorazione, ma permette anche di ottenere una miglior condizione cardiovascolare. Per evidenziare un quadro generale sul computo delle prestazioni, il dottor Minson ha eseguito un numero significativo di test. Con il suo staff, ha esaminato VO2 Max e soglia del lattato di numerosi atleti; ha anche monitorato il flusso sanguigno cutaneo ed altri marcatori di regolazione della temperatura. I ricercatori hanno fatto svolgere i test sia in ambienti freddi che caldi. I tre test principali si prefiguravano in: test VO2 Max, test di soglia del lattato ed una prova a tempo di un'ora. Dall'analisi dei risultati, Minson ha potuto osservare almeno due punti chiave: il primo è stato il riscontro di un reale miglioramento delle prestazioni in condizioni di ipertermia. Questo stava a significare che l'acclimatamento al calore funzionava bene. Il secondo risultato, invece, è stato un po' sorprendente: sono stati rilevati tanto aumenti del VO2 Max che della soglia del lattato nelle condizioni più fredde, nonché un aumento del 2-8 %

di range delle performance in quasi tutti gli atleti testati. In relazione a ciò, Minson ritiene che almeno una parte dell'incremento delle prestazioni sia dovuto all'effetto del training che ha indotto l'aumento della frequenza cardiaca nell'adattamento alle condizioni di calore.

1. **Tempistiche di acclimatamento al calore:** in genere, per raggiungere la completa acclimatazione, sono necessari dai 10 ai 14 giorni di esposizione al calore e da 45'/60' fino a un massimo di 90 minuti al giorno.
2. **Benefici a lungo termine:** un'esposizione costante al calore, nel tempo, può aumentare la massa dei globuli rossi e migliorare le prestazioni atletiche complessive, comprese le capacità di recupero.
3. **Proteine da shock termico:** l'esposizione al calore può aumentare la produzione di proteine da shock termico (HSP), il che può apportare diversi benefici all'organismo.
4. **Priorità di allenamento:** prima di concentrarsi sull'acclimatazione al caldo, è essenziale dare priorità all'allenamento generale, all'alimentazione e al recupero.
5. **Esposizione attiva e passiva:** sia l'esposizione al calore passiva che quella attiva possono essere benefiche; tuttavia, per gli atleti che si preparano per gare in climi torridi, è altamente consigliato correre in un ambiente caldo.
6. **Sfide all'umidità:** acclimatarsi a condizioni umide risulta più difficile, a causa della ridotta capacità di evaporare il sudore. Minson consiglia acclimatamenti al calore secco prima dell'esposizione ad elevata umidità.
7. **Gestione dell'idromiosi:** questa condizione, in cui la pelle sopra le ghiandole sudoripare si gonfia, può concorrere a ridurre la sudorazione in ambienti umidi.
8. **Impatto del calore radiante:** il calore radiante del sole può influire notevolmente sulla temperatura percepita, rendendolo un fattore importante da considerare durante l'allenamento e la gara.
9. **Strategie di raffreddamento:** un raffreddamento efficace durante una gara prevede l'uso di indumenti larghi e di colore chiaro, uso di impacchi di ghiaccio e spruzzi di acqua sulla pelle. Le strategie di preraffreddamento possono anche aiutare ad abbassare la temperatura corporea prima dell'esercizio.
10. **Bilanciare allenamenti e acclimatamento:** è importante separare gli allenamenti intensi dalle sessioni di acclimatamento al caldo.
11. **Considerazioni per gli atleti d'élite:** gli atleti élite, talvolta, possono anche trarre beneficio dalla combinazione di allenamenti intensi con l'esposizione al calore.



## RIFLESSIONI E CONSIDERAZIONI

L'Heat-Training si sta proponendo come un'alternativa metodologica ed un'opportunità per gli atleti di running endurance di medio-alto livello. Tuttavia, è importante considerare che, malgrado le evidenze scientifiche positive, in Italia, nell'ambito del fondo e del mezzofondo prolungato non esistono esperienze in letteratura supportate da dati oggettivi o applicazioni metodologiche. Pertanto questa pratica necessita della dovuta sperimentazione da parte degli addetti ai lavori, tanto per il proseguimento degli studi a carattere scientifico quanto per l'ampliamento delle conoscenze da parte degli allenatori. Oltre a ciò, rimane doveroso rammentare l'importanza del controllo medico a supporto dell'interazione coach/atleta. Soprattutto nei primi giorni di Heat-Training, quando è fondamentale individuare le zone (soggettive) di adattamento-lavoro in condizioni ipertermiche, il monitoraggio e la consulenza medica risultano basilari.

Secondariamente, è altrettanto necessario individuare e focalizzare l'obiettivo che ci si pone prima di avventurarsi nella scelta del metodo specifico da utilizzare (attivo, passivo, ibrido oppure Heat-Adaptation con risvolti e target differenti).

La proposta si presenta interessante ma altrettanto complessa e articolata; innanzi tutto è bene discernere le esigenze del "precursore" ciclismo da quelle del running: nel ciclismo, le competizioni più importanti si sviluppano a tappe e nei mesi più caldi dell'anno; nel running e in atletica, viceversa, le gare clou sono distribuite omogeneamente nell'ambito dei dodici mesi e contemplano la durata di una unica giornata di gara. Pertanto, alla luce di quanto esposto, le considerazioni in merito alle due discipline sono leggermente divergenti e, per quanto riguarda il running, sembrerebbe più adeguato un approccio di Heat-Training "passivo" oppure di Heat-Adaptation. Nell'ambito del ciclismo, una fase del Tour nella Francia meridionale può comportare diversi giorni a temperature elevate (nel 2024, la canicola di luglio fece registrare una settimana a circa 35°C, n.d.a), contesto non paragonabile alle competizioni nel running. Per tale motivo l'Heat-Training, che nella sua accezione generica contempla ottime evidenze scientifiche, deve essere indirizzato e sviluppato in relazione agli obiettivi specifici di ogni specialità. Nello stesso ambito del running può essere programmato e canalizzato in base ai diversi periodi della stagione e al target, soprattutto fisiologico, che si vuole attribuire. Tra gli esempi più evidenti si possono annoverare:

- a) ricerca degli adattamenti fisiologici simili all'altitudine: periodo di allenamento "al calore" (Block Heat-Training) in camera termica pianificato su varie settimane (4-6) con la possibilità di "miscelare" il metodo attivo e passivo. Questo metodo deve essere proposto lontano da competizioni

importanti, può essere comparabile al periodo di condizionamento aerobico in altitudine "reale" col metodo LH-TH (soggiorno e training in quota), tuttavia necessita di una fase successiva di smaltimento e rifinitura. Ovviamente, è realizzabile principalmente nelle stagioni fredde e intermedie, dal momento che in estate l'Heat-Training è proponibile anche outdoor.

- b) utilizzo del metodo "passivo" (sauna, bagno turco, bagno caldo): proponibile solo al termine delle sedute di capacità aerobica (fondo lento) e mai dopo allenamenti di potenza aerobica o potenza lattacida. Riguardo le sedute di capacità lattacida, la discrezionalità di utilizzo viene lasciata alle sensazioni ed al buon senso dell'atleta in interazione col proprio coach. Questa pratica è possibile inserirla nei periodi transitori della stagione e perpetrarla un paio di volte a settimana dopo sedute di corsa lenta. Da adottare comunque con una certa cautela in rapporto o in vicinanza delle competizioni.
- c) sviluppo del Heat-Adaptation, vale a dire della ricerca di assuefazione al calore e alle condizioni di ipertermia. Quest'ultimo metodo sembra il più indicato per ottenere gli adattamenti fisiologici necessari in previsione di una competizione importante in cui si prevede un clima torrido. Può essere effettuato in condizioni indoor quanto all'aperto e, soprattutto, adeguatamente intervallato col metodo "passivo" in sauna o bagno caldo.

Andrebbe prima sperimentato "fuori stagione", proprio per comprendere i risvolti positivi e negativi del training e considerare le eventuali criticità in prospettiva futura. Successivamente, una volta acclimatati all'esposizione al calore, potrebbe essere attivato 30-40 giorni prima dell'evento clou e sospeso pochi giorni prima del medesimo.

L'Heat-Training si presenta come un'opportunità aggiuntiva nella ricerca delle migliori condizioni per ottenere prestazioni sempre più rilevanti. L'avvento dei biosensori ha ulteriormente conferito precisione metodologica e scientifica alla programmazione del training. Tuttavia, nonostante i progressi dell'ultimo decennio, permangono ancora flebili lacune e alcuni dubbi da dissipare, soprattutto per quanto riguarda la risposta/adattamento al femminile, la risposta/adattamento immunitario e del microbioma, nonché la connessione genetica ed epigenetica con l'induzione e il decadimento dell'acclimatamento al calore (HA).

## CONCLUSIONI

L'Heat-Training si sta rivelando un metodo sempre più diffuso per migliorare le prestazioni. Questo tipo di allenamento è in grado di ridurre la temperatura

corporea aumentando l'efficienza delle performance. L'acclimatamento al calore (HA) avviene con l'esposizione ripetuta ad adattamenti che inducono calore, i quali migliorano i meccanismi termoregolatori e la tolleranza al calore stesso, consentendo migliori prestazioni fisiche in condizioni ipertermiche. L'acclimatamento al calore corrisponde ad un "accomodamento" biologico che riduce lo sforzo fisiologico (frequenza cardiaca e temperatura corporea), migliora le capacità di esercizio (aumento dell'assorbimento di O<sub>2</sub> e miglioramento soglia anaerobica) e riduce i rischi di patologie da calore durante l'esposizione allo stress termico. Gli adattamenti biologici includono risposte integrate termoregolatrici, cardiovascolari, fluido-elettrolitiche, metaboliche e molecolari. L'acclimatamento al calore si verifica quando ripetute esposizioni di esercizio fisico si rivelano sufficientemente stressanti da provocare sudorazione profusa e innalzamento della temperatura corporea. Generalmente sono necessarie almeno un paio di settimane di esposizioni giornaliere di circa 90 minuti, tuttavia è stato riscontrato che atleti élite di endurance possono acclimatarsi in un lasso di tempo inferiore. L'acclimatamento al calore è specifico in rapporto allo stress termico indotto (desertico o tropicale) ed alle intensità di lavoro a cui sono esposti gli atleti. Quest'ultimi, per quanto possibile, dovrebbero calarsi nella riproduzione simulata dell'ambiente competitivo previsto. Una volta acclimatati al caldo, aumenta anche il tasso di sudorazione, il quale si presenta più diluito poiché risulta ridotta la quantità di elettroliti persi. Questo fenomeno favorisce il processo del raffreddamento evaporativo. Per contro, un aspetto negativo dell'Heat-Training è provocato dall'aumento del volume di acqua nel corpo, dato che un atleta acclimatato ritiene circa 2-3 litri di acqua in più rispetto a un atleta non acclimatato. Tuttavia, i benefici sulle prestazioni dell'Heat-Training sono superiori rispetto agli svantaggi rappresentati dal peso aggiuntivo. Inoltre, secondo recenti studi, l'acclimatazione al caldo è in grado di migliorare anche la tolleranza fisiologica cellulare e sistemica all'allenamento in condizioni di ipossia moderata. È stato riscontrato che l'acclimatazione al calore ha migliorato notevolmente le prestazioni di alcune prove di endurance (evidenze scientifiche principalmente nel ciclismo, n.d.a.) ad un livello parametrizzabile a quello dell'acclimatazione ipossica. Per ridurre gli effetti negativi dell'ipertermia, è peraltro possibile utilizzare metodi di pre-cooling e per-cooling quali, ad esempio, l'utilizzo di giubbotti refrigeranti. La particolarità specifica dell'Heat-Training riguarda il fatto che può essere svolto essenzialmente in due modi: attivo e passivo. Il metodo più comune è quello attivo, ancorché più difficile da effettuare poiché richiede un ambiente caldo o una adeguata camera termica. Per molti atleti questo risulta difficoltoso, ragion per cui viene

spesso utilizzato il metodo passivo in sauna o con un bagno caldo. In tempi recenti, si sta ampiamente diffondendo la proposta di una pianificazione articolata concernente un metodo ibrido di training attivo/passivo. Una meta-analisi di 52 studi sulle esperienze di allenamento al caldo (combinati con una varietà di risultati come il tempo per completare una corsa di 10 km o una cronometro ciclistica di 40 km), ha dimostrato un miglioramento medio delle prestazioni di circa il 7%. I ricercatori hanno riscontrato che dopo l'acclimatamento al caldo, l'attivazione di processi fisiologici come la sudorazione e l'ampliamento dei vasi sanguigni avviene ad una temperatura corporea inferiore. Questo fenomeno sta a significare che il corpo inizia a raffreddarsi prima ed in modo più efficace in risposta all'aumento del calore. Il tutto si traduce con la stabilizzazione di una determinata temperatura corporea ed una frequenza cardiaca, durante l'esercizio nello stesso tipo di ambiente, che si rivelano inferiori dopo l'acclimatamento al caldo. Inoltre, l'utilizzo dei biosensori ha consentito di monitorare in modo scientifico e preciso l'adattamento soggettivo alle diverse zone di temperatura. Questo fattore ha consentito di effettuare un ulteriore salto di qualità, tanto in allenamento quanto in competizione. Per restare nell'ambito del ciclismo, precursore di questa metodica, oltre 230 ciclisti nel circuito World Tour hanno utilizzato un biosensore per ottimizzare allenamento e prestazioni. Grazie a questa evoluzione tecnologica, medici ed allenatori continuano a raccogliere enormi quantità di dati per gestire lo stress termico; le informazioni estrapolate si rivelano fondamentali per definire la tipologia di training più idonea all'adattamento dell'organismo al calore. Nel frattempo, ulteriori studi e ricerche si stanno estendendo anche al running-endurance, soprattutto per quanto riguarda la maratona e le gare "ultra" (strada e trail), le più esposte e inclini a questa tipologia di training. In ragione di ciò, oltre alle evidenze scientifiche, sarà legittimo attendere ulteriori rilievi pratici con protocolli metodologici ed esperienze applicate ai nostri fondisti e mezzofondisti prolungati.

## BIBLIOGRAFIA

- Alhadad S.B. et al. - Efficacy of Heat Mitigation Strategies on Core Temperature and Endurance Exercise: A Meta-Analysis - Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30842739> (2019)

- Anselmo F, Dotti A, Gigliotti L, Reggiani E - Il training in altitudine : fisiopatologia, evoluzione storica e metodologia - Volume supplemento AtleticaStudi, gennaio/25- Fidal, Roma (2025)

- Armstrong, LE, e KB Pandolf - Allenamento fisico, forma fisica cardiorespiratoria e tolleranza al calore da esercizio. In KB Pandolf, MN Sawka e RR Gonzalez



(a cura di) Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes. Benchmark Press, Indianapolis, IN, pp. 199-226. (1988)

- Armstrong LE, Hubbard RW, Askew EW, et al. Risposte a diete moderate e povere di sodio durante l'acclimatamento al caldo-esercizio. Int J Sport Nutr. - 3(2):207-221 (1993)

- Arngrímsson S.A. et al. - Relation of heart rate to percent VO2 peak during submaximal exercise in the heat -Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12391114> (2003)

- Bazzana D - L'Heat-Training nel ciclismo - Blog di Daniele Bazzana website (2024)

- Casadio JR, Kilding AE, Cotter JD, et al. - Dal laboratorio al mondo reale: considerazioni sull'acclimatazione al calore per gli atleti d'élite - Sports Med. - 47(8):1467-1476 (2017)

- Coelho LG et Al. - I capelli riducono il tasso di sudorazione durante l'esercizio fisico sotto il sole - Journ. Sports Med. , novembre (2010)

- Concordia D - Il sensore-Core usato da Pogacar? Lo abbiamo provato anche Noi... - Website "Bicida-Strada.it"- 13 marzo (2024)

- Corbett J, White DK, Barwood MJ, et Al. - L'effetto della competizione testa a testa sulla termoregolazione comportamentale, sullo sforzo termofisiologico e sulla prestazione durante l'esercizio al caldo. Sports Med. - 48(5):1269-1279 (2018)

- Corbett J, Rendell RA, Massey HC, et al.- Variazione interindividuale nella risposta adattiva all'acclimatazione al calore. J Therm Biol. - 74:29-36 (2018)

- Daanen HAM, Racinais S., Périard JD - Decadimento e reinduzione dell'acclimatazione al calore: una revisione sistematica e meta-analisi- Medicina dello sport - 48(2):409-430 (2018)

- Eichna, LW, CR Park, N. Nelson, SM Horvath e ED Palmes - Regolazione termica durante l'acclimatazione in un ambiente caldo e secco (tipo desertico). Am. J. Physiol. 163:585-597 (1950)

- Ely BR, Blanchard LA, Steele JR, et Al. - Risposte fisiologiche al vestirsi eccessivamente e allo stress da calore da esercizio in corridori allenati. Med Sci Sports Exerc. - 50(6):1285-1296 (2018)

- Garrett AT, Goosens NG, Rehrer NJ, et Al. - Induzione e decadimento dell'acclimatazione al calore a

breve termine - Eur J Appl Physiol. - 107(6):659-670 (2009)

- Garrett AT, Rehrer NJ, Patterson MJ. - Induzione e decadimento dell'acclimatazione al calore a breve termine in atleti moderatamente e altamente allenati. Sports Med. - 41(9):757-771 (2011)

- Gibson OR, James CA, Mee JA, et Al. - Strategie di riduzione del calore per le prestazioni atletiche: una revisione e linee guida per i professionisti - 7(1):3-36 - <https://doi.org/10.1080> (2019)

- Gonzalez RR e AP Gagge - Disagio da caldo e cambiamenti termoregolatori associati durante l'acclimatamento al caldo secco e umido - Israeli J. Med. Sci. 12:804-807 (1976)

- Gonzalez, RR, KB Pandolf e AP Gagge - Acclimatazione al calore e declino della sudorazione durante i transienti di umidità - J. Appl. Physiol. 36:419-425 (1974)

- Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM - La sfida cardiovascolare dell'esercizio fisico al caldo - J App Physiol. - 1;586(1):45-53 (2008)

- Guy JH, Deakin GB, Edwards AM, et Al. - Adattamento alle condizioni ambientali calde: un'esplorazione delle basi delle prestazioni, delle procedure e delle direzioni future per ottimizzare le opportunità per gli atleti d'élite - Sports Med. - 45(3):303-311 (2015)

- Hagberg JM, Goldberg AP, Lakatta L, O'Connor FC, Becker LC, Lakatta EG, Fleg JL - Expanded blood volumes contribute to the increased cardiovascular performance of endurance-trained older men - J Appl Physiol - Aug. 85(2)/484-489 (1985)

- Hayashi K, Myakawa HN, Fujii N, Ichinosi M, Koga S, Kondo N, Nishijyasu T - Effetto della CO<sub>2</sub> sulla sensibilità ventilatoria all'aumento della temperatura corporea durante l'esercizio- J Appl Fisiologia 110(5):1334-41-doi: 0.1152/jappphysiol.00010.2010 (2011)

- Hargreaves M, Henstridge D, Febbraio M - Heat shock proteins and exercise adaptations : our knowledge thus far and the road still ahead - Journ. Appl. of Physiology, 120/693-691 (2016)

- Heled Y, Peled A, Yanovich R, et Al.- Acclimatazione al calore e prestazioni in condizioni di ipossia. Aviat Space Environ Med. - 83(7):649-653 (2012)

- Houmard JA, DL Costill, JA Davis, JB Mitchell, DD Pascoe e R. Robergs - L'influenza dell'intensità dell'e-

sercizio sull'acclimatamento al calore in soggetti allenati. Med. Sci. Sports Exerc. 22:615-620 (1990)

- Horowitz, M. - Acclimatazione al calore, epigenetica e memoria citoprotettiva. Compr. Physiol. 4:199-230 (2014)

- Hurley S, Minson C - La scienza per diventare più veloci : allenamento al caldo e prestazioni di resistenza- Website Trainer-Road (USA) (2024)

- Kamberov Y et Al. - Una base genetica nella variazione della densità delle ghiandole sudoripare eccrine e dei follicoli piliferi - Proc. Nat. Acad. Scienc. USA (2015)

- Karlsen, A., S. Racinais, MV Jensen, BJ Nørgaard, T. Bonne e L. Nybo - L'acclimatazione al calore non migliora il VO2 max o le prestazioni ciclistiche in un clima fresco nei ciclisti allenati - Scand. J. Med. Sci. Sports. 25:269-276 (2015)

- Keiser S, Fluck D, Huppin F, et Al. - L'allenamento al calore aumenta la capacità di esercizio in condizioni calde ma non in quelle temperate: uno studio crossover controbalanciato meccanicistico - Am J Physiol Heart Circ Physiol. - 309(5):H750-761 (2015)

- James CA, Richardson AJ, Watt PW, et Al. - L'acclimatazione al caldo a breve termine migliora i fattori determinanti delle prestazioni di resistenza e delle prestazioni di corsa di 5 km nel caldo - Appl Physiol Nutr Metab. - 42(3):285-294 (2017)

- Johnsson J, Minson C, Kellogg D - Meccanismi vasodilatatori e vasocostrittori cutanei nella regolazione della temperatura corporea - Journ. Appl. Of Physiology - 4(1)-33-89 (2011)

- Junge N, Jorgensen R, Flouris AD, et Al. - Esercizio prolungato al proprio ritmo nel caldo - fattori ambientali che influenzano le prestazioni. Temperatura. - 3(4):539-548 (2016)

- Lee BJ, Miller A, James RS, Thake CD - Cross Acclimation between Heat and Hypoxia: Heat Acclimation Improves Cellular Tolerance and Exercise Performance in Acute Normobaric Hypoxia (2016)

- Lundby C, Hamarsland H, Hansen J, Bjørndal H, Berge SN, Hammarstöm D, Rønnestad BR - Hematological, skeletal muscle fiber, and exercise performance adaptations to heat training in elite female and male cyclists - J Appl Physiol. - 135(1)/217-226 (2023)

- Mack, GW, e ER Nadel - Equilibrio dei fluidi corporei durante lo stress da calore negli esseri umani. In: MJ

Fregly e CM Blatteis (a cura di) Handbook of Physiology: Environmental Physiology, New York: Oxford University Press, Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., sez. 4, pp. 187-214 (1996)

- Maunder E, Plews DJ, Wallis GA, Brick MJ, Leigh WB, Chang WL, Watkins CM, Kilding AE - Temperate performance and metabolic adaptations following endurance training performed under environmental heat stress. Physiol Rep. - May,9(9):e14849 (2021)

- Mc Clung JP, Hasday, J. Hr, SJ Montain, SN Cheuvront, MN Sawka e I. Singh - L'acclimatazione al calore da esercizio negli esseri umani altera i livelli basali e l'inducibilità al calore ex vivo di HSP72 e HSP90 nelle cellule mononucleari del sangue periferico.- J. Physiol. 294:R185-R191 (2008)

- Minson C, Halliwill JR, Sawka N, Lorenzo S - Heat acclimation improves exercise performance - J. Appl. of Physiology-109 (4)/1140-1147 (2010)

- Minson C, Ely B, Blanchard L, Steele J, Cheuvront S. Francisco M - Physiological responses to over-dressing and exercise heat stress in trained runners - Journ. Med. Sci. & Sports - 50-6/1285-1296 (2018)

- Minson, C, Pryor, JL, , Ferrara, MS - Acclimatazione al caldo in Vol. Sport e attività fisica al caldo 33-58 (2018)

- Minson C, Lorenzo S - L'acclimatazione al calore migliora la funzione vascolare cutanea e la sudorazione nei ciclisti allenati - Journal of Applied Physiology - 109(6):1736-1743 (2010)

- Minson C - Heat Training and endurance performance - Website Trainer Road (USA) (2024)

- Minson C - Dalla teoria alla pratica : considerazioni tecniche sull'acclimatazione al calore - website Outside Magazine (USA), 29/8 (2024)

- Minson C, Wladkowski S, Cardell A, Pawelczyk J, Kenney W - L'età altera la risposta cardiovascolare al riscaldamento passivo diretto - Journ. Appl. Of Physiology - 84 (4)-1323-1332 (1998)

- Nadel, ER, KB Pandolf, MF Roberts e JAJ Stolwijk - Meccanismi di acclimatazione termica all'esercizio e al calore. J. Appl. Physiol. 37:515-520 (1974)

- Nielsen, B., JSR Hales, S. Strange, NJ Christensen, J. Warberg e B. Saltin - Adattamenti circolatori e termoregolatori umani con acclimatazione al calore ed esercizio in un ambiente caldo e secco - J. Physiol. 460:467-485 (1993)



- Nybo, L. et Al. - Effects of marked hyperthermia with and without dehydration on VO(2) kinetics during intense exercise - Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11181620> (2001)

-Nybo L, Nielsen B - Middle cerebral artery blood velocity is reduced with hyperthermia during prolonged exercise in humans - Journal of Physiology, volume 534, issue 1, pages 279-286 (2001)

- Nybo L, Nielsen B - Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans -Journ. Appl. Physiology - 91 (3) - 1055-1060 (2001)

- Nybo, L., P. Rasmussen e MN Sawka - Prestazioni nei fattori fisiologici del calore di importanza per la fatica indotta da ipertermia - Compr. Physiol. 4:657-689 (2014)

- Pandolf, KB - Andamento temporale dell'acclimatazione e del decadimento al calore - Int. J. Sports Med. 19:S157-S160 (1998)

- Periard JD, Racinais S, Timpka T et Al - Strategie e fattori associati alla preparazione per la competizione sotto il caldo: uno studio di coorte ai Campionati mondiali di atletica leggera IAAF del 2015 - Br J Sports Med. -51(4):264-270 (2017)

- Périard, JD, Racinais S, Sawka MN - Adattamenti e meccanismi di acclimatazione al calore umano: applicazioni per atleti e sport competitivi - Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports - 25(S1): 20-38 (2015)

- Périard JD, Travers GJS, Racinais S., et Al. - Adattamenti cardiovascolari a supporto dell'acclimatamento umano al calore e all'esercizio. Autonomic Neuroscience - 196: 52-62 (2016)

- Piotti L - Caldo e allenamento: quali adattamenti? L'esempio del ciclismo - Performance Lab website (2022)

- Piotti L - Heat training : l'esempio del ciclismo - Performance Lab website, 16 (2022)

- Pryor JL, Pryor RR, Vandermark LW, et al. L'esposizione intermittente al calore durante l'esercizio fisico e l'intensa attività fisica sostengono gli adattamenti all'acclimatamento al calore - J Sport Sci Med. Epub ahead of print (2018)

- Pryor JL, Johnsson E, Roberts W, Pryor RR - Applicazione di raccomandazioni basate sull'evidenza per l'acclimatamento al caldo: prospettive individuali e di squadra - J. Med Physiology and B. -13 ottobre 6(1):37-49 (2018)

- Racinais S., Hosokawa Y., Akama T., et Al. - Dichiarazione di consenso del CIO su raccomandazioni e regolamenti per gli eventi sportivi sotto il caldo. British Journal of Sports Medicine - 57(1):8-25 (2023)

- Racinais, S. et Al. - Core temperature up to 41.5°C during the UCI Road Cycling World Championships in the heat - Retrieved from <https://hal-insep.archives-ouvertes.fr/hal-02569281/document> (2020)

- Racinais S, Périard J, Karlsen A, Nybo L - Effetto del calore e dell'acclimatamento al calore sulle prestazioni e sul ritmo delle prove a cronometro in bicicletta - Med. Sci. Sports Exerc.- 47:601-606 (2015)

- Racinais S, Daanen H,Periard J- Heat Acclimation Decay and Re-Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis - Sports Med . 48(2):409-430 (2018)

- Racinais S, Sawka N, Periard J - Adaptations and mechanism of human heat acclimation : application for competitive athletes and sports - Scandinavian Journ. of Med. Scie. & Sports - 25 (1)/20-38 (2015)

- Roche D - The basics of heat-training for running-Trail Runner Magazine (USA), december 15th (2021)

- Roche D - Three Heat-Training strategies, from beginner to advanced - Trail Runner Magazine (USA), may 17th (2022)

- Rønnestad B, Urianstad T, Hamarsland H, Hansen J, Nygaard H, Ellefsen S, Hammarström D, Lundby C. - Heat Training Efficiently Increases and Maintains Hemoglobin Mass and Temperate Endurance Performance in Elite Cyclists - Med Sci Sports Exerc.- sep. 1; 54(9)/1515-1526 (2022)

- Ronnestad B, Hamarsland H, Hansen J, Holen E, Montero D, Whist J, Lundby C - Five weeks of heat-training increase haemoglobin mass in elite cyclists - J. Experimental Physiology - doi : 10.1113/ep088544 (2021)

- Ruzza S - Heat-training e heat-adaptation: che allenamenti sono e perché possono essere utili a chi corre - Runner's world website, 27/06/24 (2024)

- Sawka, MN, e EF Coyle - Influenza dell'acqua corporea e del volume sanguigno sulla termoregolazione e sulle prestazioni di esercizio nel caldo. Exerc. Sport Sci. Rev. 27:167-218 (1999)

- Sawka M.N. et al. - Physiological Responses to Exercise in the Heat -retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK236240> (1993)

- Sawka MN, Wenger C, Pandolf K - Risposte termoregolatrici allo stress da calore acuto da esercizio e all'acclimatazione al calore. In: MJ Fregly e CM Blatteis (a cura di) Handbook of Physiology, Sezione 4, Environmental Physiology. Oxford University Press, New York, Sezione 4, pp. 157-185. (1996)

- Sawka MN, Cheuvront S, Kolka M - Adattamenti umani allo stress da calore -In: H. Nose, GW Mack e K. Imaizumi (a cura di) Esercizio, nutrizione e stress ambientale, Traverse City, MI: Cooper Publishing - 3:129-153 (2003)

- Sawka MN, Leon L, Montain S , Sonna L - Meccanismi fisiologici integrati di prestazione fisica, adattamento e disadattamento allo stress da calore - Compr. Physiol. 1:1883-1928 (2011)

- Schlader ZJ, Simmons SE, Stannard SR, et Al. - I ruoli indipendenti della temperatura e della percezione termica nel controllo del comportamento termoregolatore umano. Physiol Behav. - . 3;103(2):217-224 (2011)

- Scoon, GS, WG Hopkins, S. Mayhew e JD Cotter JD - Effetto del bagno in sauna post-esercizio sulla prestazione di resistenza di corridori maschi agonisti -J. Sci. Med. Sport , 10:259-262 (2007)

- Skidmore, R., JA Gutierrez, V. Guerriero Jr. e KC Kregel - Induzione di HSP70 durante l'esercizio e lo stress da calore nei ratti: ruolo della temperatura interna. Am. J. Physiol. 268: R92-R97 (1995)

- Stanley J, Halliday A, D'Auria S, et Al. - Effetto dell'acclimatazione al calore basata sulla sauna sul volume plasmatico e sulla variabilità della frequenza cardiaca - Eur J Appl Physiol. - 115(4):785-794 (2015)

- Tatterson, A.J. et Al. - Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists-Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1440244000800808> (2000)

- Tyler, CJ, Reeve, T., Hodges, GJ et Al. - Gli effetti dell'adattamento al calore su fisiologia, percezione e prestazione fisica al caldo: una meta-analisi - Medicina dello sport - 46: 1699-1724 (2016)

- Trangmar SJ, Gonzalez-Alonso J. - Nuove intuizioni sull'impatto della disidratazione sul flusso sanguigno e sul metabolismo durante l'esercizio - Exerc Sport Sci Rev. - 45(3):146-153 (2017)

- Tetievsky A, Cohen O, Eli-Berchoer L, et Al. - Evidenza fisiologica e molecolare della memoria di ac-

climatazione al calore: una lezione dalle risposte termiche e dalla tolleranza crociata ischemica nel cuore -Physiol Genomics. - 12;34(1):78-87 (2008)

- Tsuji B, Honda Y, Kondo N, Nishiyasu T. - Variazione diurna nel controllo della ventilazione in risposta all'aumento della temperatura corporea durante esercizio fisico al caldo - Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol - 311(2)/401-409 (2016)

- Tsuji P, Honda Y, Kondo N, Nishiyasu T - Effetto della temperatura corporea iniziale sull'iperventilazione ipertermica durante un esercizio submassimale prolungato - Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol - 302(1)/ 94-102 (2012)

- Waldron M., Fowler R., Heffernan S., et Al. - Effetti dell'acclimatazione al calore e dell'acclimatazione sulla capacità aerobica massima rispetto al solo esercizio in ambienti sia termoneutri che caldi: una meta-analisi e meta-regressione. Medicina dello sport. - 51(7):1509-1525 (2021)

- Willmott AG, Gibson OR, Hayes M, et Al. - Gli effetti dell'acclimatamento al calore a breve termine singolo o doppio al giorno sullo stress da calore e sulle prestazioni di corsa sui 3000 m in condizioni calde e umide - J Therm Biol. - 56:59-67 (2016)

- Wingfield GL, Gale R, Minett GM, et Al. - L'effetto dell'acclimatazione al calore ad alta o bassa intensità sulle prestazioni e sulle risposte neuromuscolari - J Therm Biol. - 58:50-59 (2016)

- Zimmermann M, Landers G, Wallmann K, Kent G - Precooling With Crushed Ice: As Effective as Heat Acclimation at Improving Cycling Time-Trial Performance in the Heat (2018)

- Zurawlew MJ, Walsh NP, Fortes MB, et Al. - L'immersione in acqua calda post-esercizio induce l'acclimatamento al calore e migliora le prestazioni negli esercizi di resistenza al caldo - Scand J Med Sci Sports. 26(7):745-754 (2016)

- Zurawlew MJ, Mee JA, Walsh NP - L'acclimatamento al calore mediante immersione in acqua calda post-esercizio al mattino riduce lo stress termico durante l'esercizio mattutino e pomeridiano-stress da calore - Int J Sports Physiol Perform. - 10:1-22 (2018)





Brittany Brown, Golden Gala, Roma 2024

# I 200 METRI LA METODOLOGIA DELL'ALLENAMENTO

## Mattia Beretta

Laurea Triennale Scienze Motorie presso l'Università di Ferrara. Tecnico IV Livello Europeo SdS. Allenatore specialista salti e velocità. Preparatore fisico di base FIP e di 1° grado FITP. Fiduciario tecnico regionale FIDAL Veneto e provinciale FIDAL Padova 2021-2024.

## Filippo Di Mulo (tutor)

## INDICE

### ABSTRACT

### CAPITOLO 1

200 metri piani

1.1.1 I 200 metri uomini

1.1.2 I 200 metri donne

1.2 Allenamento: organizzazione e periodizzazione

1.3 La forza nello sprint

1.4 I mezzi per lo sviluppo della velocità

### CAPITOLO 2

Velocista, resisti

2.1 La distribuzione dello sforzo dei 200 metri

2.2 Indice di resistenza e analisi delle prestazioni

2.3 La resistenza alla velocità

2.4 Proposta di programmazione annuale

### CONCLUSIONI

### BIBLIOGRAFIA

### SITOGRAFIA

Il project work che proponiamo in questo secondo numero del 2025 di AtleticaStudi riguarda un brillante lavoro di un giovane autore, neo allenatore specialista della velocità, che abbiamo già proposto nel 2024 con un interessante articolo, in collaborazione con Claudio Mazzaufu, sull'organizzazione dei raduni federali giovanili. In questo caso l'elaborato, che volentieri accogliamo, riguarda la metodologia dell'allenamento dei 200 metri, arricchito dalla preziosa e prestigiosa supervisione del Prof. Filippo Di Mulo, più volte citato nel testo, insieme al prof. Carlo Vittori e suoi collaboratori, come artefici della scuola italiana di velocità.

Due stimolanti capitoli accompagnano i lettori (ci auguriamo molti giovani tecnici) a visitare lo straordinario panorama di qualità fisiche, mezzi, metodi, organizzazione con i quali il binomio tecnico-atleta disegna la propria opera d'arte del mezzo giro di pista.

Richiamata l'esperienza e l'attuale valore della scuola italiana di velocità, si focalizza l'attenzione sull'obiettivo di questa ricerca, tendente a dimostrare sia l'importanza della distribuzione dello sforzo nella gara dei 200 metri, sia la resistenza alla velocità determinante nel correre con successo la seconda parte di gara.

L'articolo inizia con un breve e significativo excursus storico dei 200 metri maschili e femminili, arricchito da stimolanti tabelle per ciascun sesso su: record zone outdoor, all time mondiale outdoor, primati italiani di categoria outdoor, all time Italia outdoor.

La trattazione dell'organizzazione e periodizzazione dell'allenamento inizia con la doverosa citazione della definizione che il Prof. Carlo Vittori diede dell'allenamento e con il metodo, che si riallaccia alla scuola galileiana, del Prof. Di Mulo: conoscenza del fenomeno, formulazione di una ipotesi, verifica, tesi positiva o negativa. Per ciascuna di queste tappe si sviluppano concettualmente il significato ed i contenuti indispensabili per scegliere i mezzi di allenamento e predisporre il piano annuale di allenamento. A tal fine, sono presentati ed ampiamente descritti tre gruppi di mezzi di allenamento: Mezzi Generali -

Mezzi Speciali - Mezzi Specifici. Richiamati i concetti di carico di allenamento e di ciclo funzionale ed il significato delle terminologie usate per descrivere la stagione agonistica, si entra nel vivo dei cicli funzionali che la caratterizzano.

Relativamente alla qualità fisica "forza" vengono richiamati i concetti base delle varie espressioni della forza, proponendo alcune esercitazioni per allenare ciascuna di esse.

In merito alla qualità fisica "velocità" ed ai mezzi per svilupparla sono descritte, nell'ambito dei mezzi generali, mezzi speciali e mezzi specifici, diverse esercitazioni, arricchite da suggerimenti e indicazioni, sulla loro pianificazione ed esecuzione.

Nella gara dei 200 metri assume un'importanza rilevante la distribuzione dello sforzo, in relazione alla quale si forniscono utili indicazioni per analizzare i tempi di percorrenza dei vari tratti di gara proponendo un interessante indice di resistenza, utile per analizzare le singole prestazioni. Alcune tabelle, riferite alle prestazioni all time mondiali, europee ed italiane, maschili e femminili, evidenziano questo dato stimolando interessanti analisi.

La metodologia sullo sviluppo della resistenza alla velocità, o capacità alattacida, rappresenta un altro aspetto rilevante nella preparazione del duecentista, in relazione alla quale vengono proposte diverse esercitazioni.

Viene infine presentata, a titolo esemplificativo, un'articolata proposta di programmazione annuale per il 2025 di un atleta U23, al terzo anno di categoria, il quale ha come obiettivo il Campionato italiano di categoria e il seguente impegno internazionale con la maglia azzurra nei 200 metri agli Europei U23 di Bergen. Una tavola cronologica riporta le scadenze temporali e le settimane di carico e scarico di ciascun ciclo di lavoro, successivamente sviluppato in altrettante ricchissime tabelle con l'indicazione dei mezzi di allenamento utilizzati.

In conclusione si ribadisce che la resistenza alla velocità ed una corretta distribuzione dello sforzo sono obiettivi da perseguire con determinazione.

**Giuliano Grandi**

## ABSTRACT

Il presente Project Work ha l'obiettivo di analizzare la metodologia dell'allenamento negli sprinter, in particolare per gli specialisti dei duecento metri.

Il lavoro di ricerca, e stesura dell'elaborato, è stato effettuato nella raccolta di materiale proveniente dalla "scuola italiana della velocità" dove il professor Vittori ed i suoi collaboratori hanno studiato e progettato un sistema di allenamento ancora oggi valido per i velocisti.

Lo studio svolto ha portato a capire come per la distanza del mezzo giro di pista sia fondamentale sia la distribuzione dello sforzo, la quale dovrebbe consentire all'atleta ben allenato di avere un buon indice di resistenza per correre il 200 nel doppio del tempo del personale sul 100 metri meno 2-3 decimi, sia la resistenza alla velocità fondamentale per aiutare gli atleti a mantenere e diminuire il meno possibile la velocità nelle parti conclusive delle gare.





Jacopo Albertin,  
Campionati europei under 23, Espoo 2023

## CAPITOLO 1

### 200 METRI PIANI

#### 1.1.1 200 metri uomini

Il primo record mondiale dei 200 metri maschili riconosciuto dalla Federazione internazionale di atletica leggera (IAAF, dal 2019 World Athletics) risale al 1951, con misurazione manuale, ed è stato realizzato dallo statunitense Andy Stanfield in 20"6<sup>1</sup>.

Nel corso degli anni successivi, diversi atleti hanno eguagliato e poi migliorato questo primato fino al tempo di 19"83, riconosciuto come primo record del mondo con cronometraggio elettrico, realizzato dallo statunitense Tommie Smith in occasione della finale dei 200 metri dei Giochi olimpici di Città del Messico del 1968. Uno degli atleti che migliorò il primato è stato il nostro campione olimpico Livio Berruti che eguagliò, a 21 anni, sia in semifinale che nella successiva finale dei Giochi olimpici di Roma 1960, l'allora primato mondiale di 20"5 realizzandolo su una superficie in terra battuta.

Successivamente al tempo di Smith i detentori del record del mondo furono solo tre e tra questi l'allievo del Prof. Vittori, Pietro Paolo Mennea con 19"72 realizzato alle Universiadi il 12 settembre 1979 a Città del Messico. Tale prestazione rappresenta tutt'oggi il record europeo e quella dell'unico atleta italiano capace di scendere sotto il muro dei 20"00; inoltre Mennea è stato il detentore del primato più longevo (17 anni), fino al 1996 quando Michael Johnson durante i Giochi olimpici di Atlanta, dopo aver vinto l'oro olimpico nei 400 metri, riuscì a realizzare nuovamente il record del mondo sui 200, già migliorato durante i Trials americani con 19"66 cinque settimane prima, con l'ulteriore miglioramento di 34 centesimi, realizzando il 1° agosto 1996 il primato con 19"32.

Questo record negli anni a seguire è stato migliorato solo da Usain Bolt, il quale tra i XXIX Giochi olimpici di Pechino 2008 e i 12th IAAF World Championships di Berlino 2009, è riuscito a spostare il precedente primato prima a 19"30 e successivamente all'attuale limite di 19"19. Al momento è lo sprinter che ha vinto più titoli iridati inanellando quattro successi consecutivi da Berlino 2009 a Pechino 2015.

L'analisi mondiale dei 200 metri maschili aggiornata al 30 settembre 2024 nelle manifestazioni outdoor è quella riportata nelle seguenti tabelle:

RECORD	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
WR	19"19 (-0,3 m/s)	Usain Bolt	Berlino	20 agosto 2009
OR	19"30 (-0,9 m/s)	Usain Bolt	Pechino	20 agosto 2008
Africa Record	19"46 (+0,4 m/s)	Letsile Tebogo	Parigi	8 agosto 2024
Asia Record	19"88 (+0,9 m/s)	Xie Zhenye	Londra	21 luglio 2019
Europe Record	19"72 (+1,8 m/s)	Pietro Mennea	Città del Messico	12 settembre 1979
North & Central America Record	19"19 (-0,3 m/s)	Usain Bolt	Berlino	20 agosto 2009
Oceania Record	20"06 (+0,9 m/s)	Peter Norman	Città del Messico	16 ottobre 1968
South America Record	19"81 (-0,3 m/s)	Alonso Edward	Berlino	20 agosto 2009

Tabella 1 Record zone outdoor uomini

ALL TIME TOP 10	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
1	19"19 (-0,3 m/s)	Usain Bolt	Berlino	20 agosto 2009
2	19"26 (+0,7 m/s)	Yohan Blake	Bruxelles	16 settembre 2011
3	19"31 (+0,4 m/s)	Noah Lyles	Eugene	21 luglio 2022
4	19"32 (+0,4 m/s)	Michael Johnson	Atlanta	1 agosto 1996
5	19"46 (+0,4 m/s)	Letsile Tebogo	Parigi	8 agosto 2024
6	19"49 (+1,4 m/s)	Erriyon Knighton	Baton Rouge	30 aprile 2022
7	19"53 (+0,7 m/s)	Walter Dix	Bruxelles	16 settembre 2011
8	19"57 (+0,4 m/s)	Justin Gatlin	Eugene	28 giugno 2015
8	19"57 (+0,4 m/s)	Kenneth Bednarek	Zurich	5 settembre 2024
10	19"58 (+1,3 m/s)	Tyson Gay	New York	30 maggio 2009

Tabella 2 All time mondiale outdoor uomini

Mentre, l'analisi effettuata nel panorama italiano dei 200 metri piani maschili ha portato ai dati presenti nelle tabelle sottostanti:

ITALIA	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
PI	19"72 (+1,8 m/s)	Pietro Mennea	Città del Messico	12 settembre 1979
MPI PM	20"30	Pietro Mennea	Monaco di Baviera	4 settembre 1972
MPI JM	20"28 (+0,1 m/s)	Andrew Howe	Grosseto	16 luglio 2004
MPI AM	20"79 (+1,0 m/s)	Diego Nappi	Molfetta	6 luglio 2024

Tabella 3 Primati italiani di categoria outdoor uomini

1 <https://www.worldathletics.org/records/by-progression/13243>



ITALIA ALL TIME TOP 10	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
1	19"72 (+1,8 m/s)	Pietro Mennea	Città del Messico	12 settembre 1979
2	20"08 (+0,8 m/s)	Fausto Desalu	La Chaux-de-Fonds	14 luglio 2024
3	20"10 (+0,3 m/s)	Filippo Tortu	Eugene	19 luglio 2022
4	20"28 (+0,1 m/s)	Andrew Howe	Grosseto	16 luglio 2004
5	20"35 (+1,6 m/s)	Andrea Federici	Sestriere	22 giugno 2024
6	20"36 (-0,4 m/s)	Diego Marani	Zurigo	14 agosto 2014
7	20"38 (+0,0 m/s)	Pierfrancesco Pavoni	Grosseto	10 agosto 1987
7	20"38 (+0,7 m/s)	Marco Torrieri	Edmonton	8 agosto 2001
9	20"40 (+0,5 m/s)	Stefano Tilli	Cagliari	9 settembre 1984
10	20"41 (+1,8 m/s)	Antonio Infantino	Lee Valley	22 maggio 2019

Tabella 4 All time Italia outdoor uomini

## 1.1.2 200 METRI DONNE

La IAAF ha riconosciuto come primo record del mondo con cronometraggio manuale quello realizzato da Alice Cast, atleta del Regno Unito, la quale il 20 agosto 1922 ha ottenuto a Parigi il tempo di 27"8<sup>2</sup>. Nel 1974, nello stesso anno in cui vinse i Campionati europei di Roma nei 100 metri e nei 200 metri, la polacca Irena Szewińska realizzò il primo primato mondiale con cronometraggio elettrico con il tempo di 22"21. Successivamente il record è stato migliorato dall'attuale primatista mondiale dei 400 metri piani, la tedesca dell'Est Marita Koch, che nel 1978 ad Erfurt fermò il cronometro in 22"06, poi nel 1979 lo migliorò due volte nel giro di una settimana: il 3 giugno a Lipsia corse in 22"02, il 10 giugno a Karl-Marx-Stadt (Chemnitz) in 21"71, risultando la prima donna capace di abbattere il muro dei 22".

Il 21"71 è stato lo stesso tempo realizzato due volte (29 giugno 1986 e 29 agosto 1986) anche da Heike Drechsler, eccellente lunghista connazionale di Koch, soprannominata la figlia del vento in analogia al soprannome attribuito a Carl Lewis per la stessa affinità nelle specialità di sprint e salto in lungo.

Due anni dopo, nel 1988, lo scenario dei 200 metri, ma anche dello sprint puro con i 100 metri, cambia notevolmente i suoi primati grazie ad un'atleta americana: Florence Griffith-Joyner, la quale prima durante i Trials americani di selezione per le Olimpiadi realizza il nuovo primato mondiale con 10"49 nei 100 metri piani (precedente 10"76 di Evelyn Ashford), poi durante i XXIV Giochi olimpici di Seoul ottiene prima in semifinale 21"56, migliorandolo poi in finale con il definitivo 21"34.

La seconda partecipazione ai Giochi olimpici, dopo l'Olimpiade in casa a Los Angeles nel 1984 dove vinse la medaglia d'argento nei 200 metri, le permise di vincere tre medaglie d'oro, nei 100, 200 e 4x100, e da lì a pochi mesi, a soli 29 anni, annunciò il ritiro dalle competizioni lasciando al mondo dell'atletica i suoi primati, ancora oggi difficilmente avvicinabili.

In questi 36 anni, l'atletica mondiale ha avuto diverse campionesse del mondo, la più vincente è stata l'americana Allyson Felix con i tre titoli consecutivi sui 200 metri da Helsinki 2005 a Berlino 2009. A seguire le bicampionesse mondiali Merlene Ottey, Dafne Schippers e Shericka Jackson, quest'ultima è stata colei che dal ritiro di Florence Griffith-Joyner "Flo-Jo" si è avvicinata di più al suo primato con il 21"41 realizzato nella finale della 19° edizione dei Campionati del Mondo a Budapest nel 2023.

È stata condotta la stessa ricerca svolta in ambito maschile anche per i 200 metri piani femminili. Tale indagine delle performance femminili outdoor, sempre riferite e aggiornate al 30 settembre 2024, ha portato a questa situazione a livello mondiale:

RECORD	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
WR	21"34 (+1,3 m/s)	Florence Griffith	Seul	29 settembre 1988
OR	21"34 (+1,3 m/s)	Florence Griffith	Seul	29 settembre 1988
Africa Record	21"78 (+0,6 m/s)	Christine Mboma	Zurigo	9 settembre 2021
Asia Record	22"01 (+0,0 m/s)	Li Xuemei	Shanghai	22 ottobre 1997
Europe Record	21"63 (+0,2 m/s)	Dafne Schippers	Pechino	28 agosto 2015
North & Central America Record	21"34 (+1,3 m/s)	Florence Griffith	Seul	29 settembre 1988
Oceania Record	22"23 (+0,8 m/s)	Melinda Gain-sford-Taylor	Stoccarda	13 luglio 1997
South America Record	22"47 (+1,4 m/s)	Vitoria Cristina Rosa	Eugene	19 luglio 2022

Tabella 5 Record zone outdoor donne

ALL TIME TOP 10	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
1	21"34 (+1,3 m/s)	Florence Griffith	Seul	29 settembre 1988
2	21"41 (+0,1 m/s)	Shericka Jackson	Budapest	25 agosto 2023
3	21"53 (+0,8 m/s)	Elaine Thompson	Tokyo	3 agosto 2021
4	21"60 (-0,4 m/s)	Gabrielle Thomas	Eugene	9 luglio 2023
5	21"62 (-0,6 m/s)	Marion Jones	Johannesburg	11 settembre 1998
6	21"63 (+0,2 m/s)	Dafne Schippers	Pechino	28 agosto 2015
7	21"64 (+0,8 m/s)	Merlene Ottey	Bruxelles	13 settembre 1991
8	21"69 (+1,0 m/s)	Allyson Felix	Eugene	30 giugno 2012
9	21"71 (+0,7 m/s)	Marita Koch	Karl-Marx-Stadt	10 giugno 1979
9	21"71 (+1,2 m/s)	Heike Drechsler	Jena	29 giugno 1986

Tabella 6 All time mondiale outdoor donne

A livello italiano la situazione è rappresentata nelle tabelle che seguono:

ITALIA	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
PI	22"56 (+1,9 m/s)	Libania Grenot	Tampa	27 maggio 2016
MPI PM	22"60 (+1,1 m/s)	Manuela Levorato	Siviglia	24 agosto 1999
MPI JM	23"09 (+1,0 m/s)	Elisa Valensin	Banská Bystrica	20 luglio 2024
MPI AM	23"09 (+1,0 m/s)	Elisa Valensin	Banská Bystrica	20 luglio 2024

Tabella 7 Primati italiani di categoria outdoor donne



ITALIA ALL TIME TOP 10	TEMPO	ATLETA	LUOGO	DATA
1	22"56 (+1,9 m/s)	Libania Grenot	Tampa	27 maggio 2016
2	22"60 (+1,1 m/s)	Manuela Levorato	Siviglia	24 agosto 1999
3	22"64 (-0,4 m/s)	Dalia Kaddari	Tallinn	10 luglio 2021
4	22"88 (+0,0 m/s)	Marisa Masullo	Verona	1° giugno 1984
5	22"89 (+1,4 m/s)	Gloria Hopper	Rieti	26 giugno 2016
6	22"96 (-1,4 m/s)	Irene Siracusa	Taipei	26 agosto 2017
7	22"97 (-0,2 m/s)	Vittoria Fontana	Ostrava	31 maggio 2022
8	22"98 (+0,8 m/s)	Vicenza Cali	Rieti	7 settembre 2008
9	23"06 (-0,9 m/s)	Danielle Perpoli	Bari	17 giugno 1997
10	23"09 (+2,0 m/s)	Rossella Tarolo	Verona	19 giugno 1986
10	23"09 (+1,0 m/s)	Elisa Valensin	Banská Bystrica	20 luglio 2024

Tabella 8 All time Italia outdoor donne

## 1.2 ALLENAMENTO: ORGANIZZAZIONE E PERIODIZZAZIONE

Quando si parla di allenamento è utile sempre ricordarsi la definizione che il Prof. Carlo Vittori, allenatore di Mennea ed insegnante della Scuola dello Sport del CONI come formatore della figura dei Maestri di Sport, diede riguardo all'allenamento sportivo:

*"L'allenamento sportivo è un processo pedagogico educativo complesso che si concretizza nell'organizzazione dell'esercizio fisico ripetuto in qualità, quantità ed intensità tali da produrre carichi progressivamente crescenti che stimolino i processi fisiologici di supercompensazione dell'organismo e favoriscano l'aumento delle capacità fisiche, psichiche, tecniche e tattiche dell'atleta, al fine di esaltarne e consolidarne il rendimento in gara"*<sup>3</sup>.

I significati di questa frase si sviluppano in diversi campi tematici, spiegando come l'allenamento debba portare alla formazione e all'educazione dell'atleta attraverso l'organizzazione di un training modellato in maniera tale che il giovane riesca ad accettare il progressivo aumento dei carichi di lavoro, variando mezzi dell'allenamento al fine di ottenere la migliore prestazione possibile in gara.

A riguardo, il Prof. Filippo Di Mulo, capo settore velocità e ostacoli della FIDAL dal 2009, spiega come prima di programmare la stagione agonistica si debbano osservare i principi generali del modello scientifico<sup>4</sup>:

1. Conoscenza del fenomeno
2. Formulazione di una ipotesi
3. Verifica
4. Tesi positiva o negativa

- 1) Conoscere il fenomeno non è altro che nella nostra circostanza la conoscenza dell'atleta grazie ad una raccolta dati che lo riguardano comprendendo tutte le sue caratteristiche, tra cui i punti deboli e forti, i record personali e per concludere i carichi utilizzati e il lavoro svolto l'anno precedente per garantire una progressione del lavoro nella nuova annata agonistica.
- 2) Formulare un'ipotesi: dopo aver analizzato la stagione precedente si ipotizza una programmazione per la stagione successiva dove l'obiettivo principale sarà quello di aumentare i carichi di preparazione stimolando e soprattutto variando i mezzi di allenamento. Al termine di ciò si for-

<sup>3</sup> Carlo Vittori, L'allenamento del giovane corridore dai 12 ai 19 anni, supplemento al n.1-2/97 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1997, pag.16

<sup>4</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.13

muleranno gli obiettivi da raggiungere nella stagione successiva, i quali possono essere: obiettivi agonistici, obiettivi prestativi, obiettivi tecnici, obiettivi psicologici e obiettivi prestativi in allenamento.

Tracciata questa linea di massima si dovrà pensare agli obiettivi agonistici della stagione seguente per determinare quale tipologia di periodizzazione sia più adatta tra quella "singola" e quella "doppia".

La differenza tra queste due tipologie di preparazione dipende da quanti eventi clou si hanno durante la stagione agonistica.

Se questo è uno e si svolge nella stagione estiva il piano annuale avrà una preparazione singola incentrata sull'unico appuntamento dell'anno, mentre se sono due o più obiettivi stagionali, divisi tra stagione indoor e stagione outdoor, questa si chiama preparazione doppia o multipla, dovendo pianificare la stagione con due o più picchi agonistici, partendo così dopo la stagione invernale nel secondo periodo preparatorio da un livello più elevato per le competizioni della stagione estiva<sup>5</sup>.

A tal proposito è bene ricordare che la stagione al coperto andrebbe preparata ad anni alterni per il principio di variazione del carico e dei mezzi di allenamento.

L'anno in cui si preparano le indoor si effettuerà un lavoro che preveda lo sviluppo della *forza max dinamica ed esplosiva* che si avrà modo di verificare nella capacità di accelerazione nei 60 metri durante la stagione indoor.

Mentre la preparazione dei 200 metri indoor è sconsigliata in quanto si utilizzerebbero dei mezzi per lo sviluppo della *resistenza veloce* che poi si ripeterebbero nella preparazione della stagione outdoor.

I 400 metri indoor invece, diversamente da quanto detto per i 200, si possono preparare per la stagione al coperto ma non utilizzando mezzi per lo sviluppo della *resistenza lattacida specifica*, ma solo con esercitazioni a carattere di *potenza aerobica frazionata* e di *potenza aerobica frazionata mista a capacità lattacida*<sup>6</sup>.

- 3) Verifica: ovviamente viene svolta alla fine della stagione agonistica, valutando se l'ipotesi di lavoro effettuata a inizio stagione ha portato a raggiungere gli obiettivi che erano stati prefissati.
- 4) Tesi positiva o negativa: grazie alla verifica e all'analisi degli obiettivi raggiunti ma anche di quelli non raggiunti, i quali avranno bisogno di una analisi che permetta di capire il motivo del non raggiungimento, si avrà modo di capire quali siano stati gli errori in cui non si deve più incappare o comunque da evitare una ripetizione della medesima preparazione nello stilare la programmazione successiva.

Dopo aver stabilito il tipo di preparazione, si pensa all'organizzazione dei mezzi di allenamento scegliendo i più adeguati da sistemare nel piano annuale.

La scelta di quest'ultimi si effettua in base alla correlazione con la specialità e con il periodo della preparazione, ossia i mezzi meno correlati (indiretti) collocati all'inizio della preparazione mentre quelli più correlati (diretti) alla fine.

La vastità delle esercitazioni che si impiegano nell'allenamento, le quali vanno a formare il carico di lavoro, può essere catalogata in tre gruppi:

Mezzi Generali - Mezzi Speciali - Mezzi Specifici.

Mezzi Generali: *"sono così definiti perché influiscono indirettamente sulla prestazione dell'atleta, costituendo soltanto una integrazione di sostegno di base alla capacità in essa impegnate. Un esempio può essere l'esercizio di piegamento-estensione degli arti inferiori (squat) con sovraccarico sulle spalle per rinforzare la muscolatura estensoria. Orbene, l'effetto è quello di migliorare la capacità contrattile della muscolatura che è alla base di tutte le altre espressioni di forza più speciale."*

Mezzi Speciali: *"sono quegli esercizi che, pur avendo una composizione di movimento assolutamente diversa dalla tecnica della specialità, presentano la peculiarità di influire con un elevato indice di correlazione sulle capacità che determinano la prestazione. I balzi orizzontali con ritmica alternata e successiva ne sono un esempio evidente, giacché influiscono direttamente sul miglioramento della fase di accelerazione di una corsa veloce, pur non avendo nulla di simile alla corsa."*

<sup>5</sup> Ugo Renzetti et al., Il Manuale dell'allenatore di atletica leggera-Prima parte: generalità corse e marcia, supplemento al n.3/2001 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2008, pag.17

<sup>6</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.14



Mezzi Specifici: *“appartengono a questo gruppo tutti quegli esercizi utilizzati per migliorare la condizione fisica specifica, i quali riproducono, in parte o in toto, la tecnica della specialità e vengono definiti diretti. Mobilitano, infatti, gli stessi muscoli con le medesime espressioni di forza in un rapporto spazio temporale simile all'esercizio di gara. Può servire, da esempio, uno sprint breve in salita o con il traino, con inclinazione tale da impegnare in modo consistente la muscolatura estensoria e nello stesso tempo favorire una sufficiente rapidità del movimento delle gambe. L'esercizio in questo caso si definirebbe di forza veloce specifica ciclica.”*<sup>7</sup>

Il carico di allenamento è composto dal gruppo degli esercizi di training, ed è collegato a due parametri: la quantità e l'intensità.

La modulazione di questi due parametri rappresenta il punto focale dell'allenamento: al crescere dell'uno deve inevitabilmente diminuire l'altro e viceversa e in questo gioco di alternanze si sviluppa prevalentemente prima la quantità e poi l'intensità, in quanto la quantità produrrà effetti a lunga scadenza i quali permetteranno di svolgere in modo migliore la fase a carattere intensivo al fine di innalzare il livello prestativo dell'atleta.

Tale percorso è organizzato durante l'anno attraverso una periodizzazione degli allenamenti, ossia una suddivisione in periodi di durata limitata, chiamati anche cicli funzionali, i quali hanno l'obiettivo di cambiare i contenuti dell'allenamento dal periodo preparatorio fino al periodo competitivo modulando la quantità e l'intensità del carico di lavoro.

Il ciclo funzionale è l'arco temporale che comprende giorni di carico e giorni di riposo o scarico necessari alla crescita della condizione dell'atleta.

Il ciclo di carico è formato da un numero variabile di micro cicli, ognuno dei quali contiene un variabile numero di unità o sedute di allenamento. Al termine di ogni ciclo di carico vi è un ciclo di scarico dove si sviluppa un micro ciclo a forte diminuzione del carico di lavoro per favorire il recupero psico-nervoso dell'atleta consentendo l'instaurarsi del fenomeno della supercompensazione.<sup>8</sup>

La suddivisione della stagione agonistica può essere riassunta in questi termini:

- 1) Piano globale o piano annuale composto da più periodi
- 2) Un periodo è formato da più macro cicli
- 3) Un macro ciclo contiene più mesocicli
- 4) Un mesociclo si sviluppa dall'insieme di 2-6 micro cicli
- 5) Un micro ciclo è composto da più sedute
- 6) Seduta o unità di allenamento (1-3 al giorno)

La nomenclatura dei vari cicli funzionali ed i loro obiettivi dati dal Prof. Di Mulo sono i seguenti:

- 1) CICLO INTRODUTTIVO: periodo (15-20 giorni) dedicato alla ripresa degli allenamenti utile a riportare l'atleta in condizioni di affrontare un ciclo di carico.
- 2) CICLO FONDAMENTALE: periodo durante il quale si sviluppano gli elementi tipici della specialità, l'obiettivo del ciclo è lo sviluppo della quantità.
- 3) CICLO FONDAMENTALE INTENSIVO: periodo molto delicato della preparazione caratterizzato dalla crescita dell'intensità con un volume sufficientemente alto.
- 4) CICLO SPECIALE: periodo durante il quale i mezzi utilizzati sono sempre più speciali e specifici, il volume di lavoro si riduce sensibilmente e l'intensità delle esercitazioni è elevata.
- 5) CICLO DI RIFINITURA: periodo dedicato alle gare secondarie durante il quale gli allenamenti si riducono ma diventano sempre più intensi con volume ridotto; i mezzi di training sono solo specifici.
- 6) CICLO AGONISTICO: periodo riservato esclusivamente alle competizioni dove, intercalando allenamenti leggeri e giorni di riposo, l'atleta cerca di raggiungere l'apice della forma.
- 7) CICLO DI RIPRISTINO: periodo durante il quale l'atleta sospende ogni attività di training specifico e si dedica essenzialmente ad una attività fisica diversa dalla propria specialità o si riposa completamente prima di iniziare un nuovo ciclo di allenamento.<sup>9</sup>

7 Carlo Vittori, L'allenamento del giovane corridore dai 12 ai 19 anni, supplemento al n.1-2/97 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1997, pag.24

8 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.20

9 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.21

### 1.3 LA FORZA NELLO SPRINT

La forza muscolare raffigura nella metodologia dell'allenamento sportivo il cardine più importante della motricità umana; essa è la causa dello spostamento e della velocità che si vuole far acquisire ai vari segmenti del corpo, per questo la forza muscolare è da intendersi come la vera qualità fisica di base<sup>10</sup>, visto anche che sia la velocità che la resistenza sono dipendenti e condizionati da essa.<sup>11</sup>

La contrazione muscolare inizia dal sistema nervoso centrale e viaggia tramite cellule nervose dette motoneuroni verso i muscoli provocando un'attività motoria che si divide in tre azioni muscolari di diverso tipo:

- 1) Azioni Isometriche: senza movimento esterno, ossia quando un muscolo sviluppa tensione ma non produce alcun lavoro meccanico esterno
- 2) Azioni Concentriche: per realizzazione di un ciclo semplice di un lavoro muscolare, quello di accorciamento della parte contrattile (espressione di forza attiva)
- 3) Azioni Eccentriche: per effetto di un doppio ciclo di lavoro muscolare, quello di stiramento-accorciamento della parte contrattile (espressione di forza reattiva)<sup>12</sup>

La forza gioca un ruolo fondamentale nella costruzione della prestazione di uno sprinter e per definire le diverse espressioni di forza, il Prof. Vittori, e in seguito il Prof. Di Mulo nel suo libro, hanno dato le seguenti definizioni:

- FORZA MASSIMA (F. Max.): *“è quella espressione della forza che si manifesta per spostare da fermo, con un singolo movimento e senza limitazione di tempo, un carico più elevato possibile. Si valuta così la pura e semplice capacità contrattile dei muscoli interessati.”*
- FORZA MASSIMA DINAMICA (F. Max. D.): *“è quella espressione della forza massima che permette di spostare, il più velocemente possibile, un carico pari al doppio del peso corporeo.”*<sup>13</sup>  
Per allenare questa tipologia di forza gli esercizi sono lo squat e il ½ squat per gli arti inferiori. Nelle sedute gli esercizi possono essere eseguiti in sedute separate o nella medesima seduta. Si consiglia nel primo ciclo di allenamento lo squat mentre nei seguenti il ½ squat. In una seduta di allenamento le serie consigliate sono otto/dieci mentre le ripetizioni sono fino ad un massimo di tre per ciascun esercizio con una pausa di 3' dove si possono effettuare degli esercizi compensatori come alcuni skip rapido o ½ squat con balzo verticale.<sup>14</sup>
- FORZA ESPLOSIVA (F.E.): *“si intende quella forza che viene espressa con un'azione di tipo concentrico e il più potente possibile, come se fosse una esplosione, per conferire al carico da spostare la maggiore velocità possibile partendo da una situazione di immobilità dei segmenti corporei.”*
- FORZA ESPLOSIVA ELASTICA (F.E.E.): *“è quella espressione di forza che si manifesta dopo una contrazione eccentrica-concentrica (allungamento-accorciamento) che permette alla muscolatura di immagazzinare energia prima della vera e propria contrazione, e si manifesta con un'azione di maggiore efficacia”*<sup>15</sup>

La F.E. e la F.E.E. vengono allenate contemporaneamente attraverso mezzi e metodi che nonostante le impegnino entrambe ne stimolano una più dell'altra. Le esercitazioni utilizzate per il training di queste due espressioni di forza sono di tre tipologie tra esercizi a carattere generale e speciale.

- A. Esercizio con sovraccarico (½ squat jump o ½ squat jump continuo): Il carico con cui svolgere l'esercizio deve consentire una elevazione di 30/35 cm per un totale di quattro-sei serie consigliate per sei ripetizioni con un recupero tra le serie di 3'/4' dove si possono anche qui, come per la Forza Massima Dinamica, effettuare degli esercizi compensatori.

10 Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.71

11 Carlo Vittori, L'allenamento delle specialità di corsa veloce per gli atleti d'élite, supplemento al n.4/03 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2004, pag.54

12 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.66

13 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.68

14 Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.84

15 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.68



- B. Multi balzi orizzontali: sono molto correlati alla prima parte dell'accelerazione di una prova di velocità ed alla capacità di scatto, per ogni seduta di allenamento il volume di balzi da effettuare si aggira circa sulle 50 unità anche se questa stima può variare in base al manto dove vengono svolti i balzi.
- Sprint in salita e con traino: descrivono due esercizi di forza esplosiva elastica ciclica utilizzati per perfezionare la capacità di scatto. La prima delle due esercitazioni è meno specifica della seconda visto che si svolge in un piano inclinato, il quale modifica l'appoggio del piede a terra, e per questo si sconsiglia di preferirlo al secondo esercizio visto che quest'ultimo offre anche la possibilità di svolgere le prove di corsa con le scarpe chiodate e replicare la situazione di gara.
- FORZA ESPLOSIVA ELASTICA REATTIVA (F.E.E.R.): *“si intende quella espressione di forza come la precedente F.E.E. in conseguenza di un movimento generato da una contrazione eccentrica (di tipo riflesso) ma che si esplica il più rapidamente possibile e con un'ampiezza limitata producendo un effetto ancora maggiore.”*<sup>16</sup>
- Per migliorare questa espressione di forza, la quale riguarda per lo più il settore piede gamba e la relativa muscolatura per la fase lanciata del velocista, si possono utilizzare i seguenti esercizi:
- A. Molleggi piedi: si assume la posizione con le mani appoggiate alla parete e piedi ad un metro circa da essa con il corpo inclinato. Si effettuano degli ampi molleggi dei piedi cercando la massima estensione verso l'alto e facendoli scendere fino a che il tallone sfiora il terreno. Questo esercizio può essere svolto anche con l'utilizzo di una cintura zavorrata di 8-10 kg per un totale di 100 molleggi per arto.
- B. Divaricate alternate con balzo: l'esercizio consiste in una serie di balzi verticali con i piedi posti in divaricata sagittale ad una distanza di 60cm. Il balzo deve consentire un salto verso l'alto che permetta l'inversione dei piedi rispetto alla posizione di partenza per un totale di 30 saltelli da ripetere per due serie con un sovraccarico da mettere sulle spalle compreso tra il 50% e il 100% del peso corporeo.<sup>17</sup>
- C. Balzi a piedi pari uniti tra gli ostacoli: si schierano 6/8 ostacoli con un'altezza variabile tra i 40 cm e i 70 cm e si eseguono in forma continua con le gambe il più possibile distese per un totale di 4/5 serie con 2' di pausa.<sup>18</sup>

Questi non sono altro che alcuni degli esercizi possibili tra una vasta gamma di esercitazioni esistenti, ai quali vanno sempre però ricordati per un corretto sviluppo alcuni fattori, tra cui:

- 1) Età, maturazione biologica dell'atleta
- 2) Livelli iniziali nella preparazione tecnica e fisica
- 3) Obiettivi della preparazione
- 4) Metodi utilizzati
- 5) Mezzi utilizzati
- 6) Collocare nel giusto periodo i diversi mezzi (quelli meno correlati all'inizio, mentre i più correlati verso la fine della preparazione)

A conti fatti i mezzi per lo sviluppo della forza costituiscono una parte chiave dell'allenamento per un velocista, ma ovviamente non è l'unica. Per questo motivo i mezzi per lo sviluppo della forza devono essere inseriti con tutti gli altri mezzi nella preparazione di uno sprinter tenendo bene a mente che l'obiettivo primario è far correre velocemente l'atleta in questione.<sup>19</sup>

<sup>16</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.68

<sup>17</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.88

<sup>18</sup> Carlo Vittori, L'allenamento delle specialità di corsa veloce per gli atleti d'élite, supplemento al n.4/03 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2004, pag.66

<sup>19</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.70

## 1.4 I MEZZI PER LO SVILUPPO DELLA VELOCITÀ

L'obiettivo cardine della preparazione di uno sprinter è quello di percorrere la distanza di gara nel minor tempo e il più velocemente possibile. Per riuscire in questo intento deve migliorare le sue capacità di accelerazione ottenendo il picco di velocità più alta possibile, e grazie all'allenamento della resistenza specifica deve cercare di mantenere la velocità raggiunta per il periodo più lungo possibile.<sup>20</sup>

Per svolgere una preparazione che ha lo scopo di migliorare l'atleta a 360° i mezzi utilizzati sono diversi e si dividono in:

### MEZZI GENERALI

- Esercitazioni con sovraccarico, viste nel capitolo precedente, per lo sviluppo della F. Max - F. Max. D. - F.E. - F.E.E. - F.E.E.R.

### MEZZI SPECIALI Esercitazioni di balzi altamente correlate all'accelerazione

- Balzi brevi: alternati (Dx-Sx-Dx), successivi (Dx-Dx-Dx o Sx-Sx-Sx), simultanei (balzi a rana). Possono precedere lavori di R.V. e R.L. per un totale di 50 unità a seduta, inoltre possono essere anche inseriti in sostituzione ad esercitazioni con sovraccarico nel ciclo speciale e agonistico.<sup>21</sup>
- Balzi con ostacoli (40-60 cm): utilizzati per il miglioramento della F.E.E.R anche in combinazione con un esercizio di sovraccarico (es. ½ squat + 4-6 balzi hs). Possono sostituire, come i balzi brevi, lavori di forza con sovraccarico nel periodo speciale ed agonistico e anche qui per un massimo di 50 balzi per seduta.
- Corsa balzata: è un'esercitazione utilizzata con gli atleti evoluti all'inizio del periodo preparatorio per far capire all'atleta l'idea di spinta dei primi passi di una corsa veloce ed è un'esercitazione utile a sviluppare la forza ciclica veloce. Può essere svolta prima di una seduta di potenza aerobica continua o frazionata.<sup>22</sup>

### MEZZI SPECIFICI

- Salite e traino: esercizi specifici per lo sviluppo della forza veloce ciclica. Le salite vengono utilizzate nel primo periodo preparatorio per i cicli fondamentale e fondamentale intensivo, poi si utilizza il traino, effettuato su distanze di 30mt, nel ciclo speciale e di rifinitura poiché possiamo utilizzare le scarpe chiodate per simulare la situazione di gara.
- A. Salite. Es: 2x(3-4x30mt) rec. 3'-6'; 4x40+3x50+2x60mt rec. 3'-6'/4'-6'/5' 1-2 volte a settimana e possono precedere una seduta di potenza aerobica frazionata o continua.
- B. Traino. Es: 2x(4x30mt) rec. 3'/8'; 3x (2x30 traino+30 senza) rec. 3'-3'/8' 1-2 volte a settimana e possono precedere una seduta di resistenza lattacida. Dopo il traino si consiglia di svolgere degli sprint su 30mt di compenso in ugual numero o superiori alle prove effettuate con il traino.<sup>23</sup>
- Sprint: è un mezzo utilizzato frequentemente nello svolgimento della preparazione di un velocista. Questa esercitazione viene effettuata sui 30-40 metri e può essere svolta per ottenere obiettivi diversi.
- A. Per curare la giusta ampiezza del passo dopo le sedute di forza. Es: 6/8x30mt rec. 3'
- B. Come esercitazione di compenso dopo gli sprint con il traino in quantità identica o superiore rispetto a quest'ultimi. Es: 2x (3x30T.) +6-8 sprint
- C. Nel periodo speciale o competitivo o nei cicli di scarico come prove di potenza lattacida ad alta intensità. Es: 6-10x 30/40mt rec. 4'

<sup>20</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.51

<sup>21</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.52

<sup>22</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.53

<sup>23</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.55



- D. Come esercitazione a carattere tecnico per migliorare la fase di accelerazione utilizzando anche i blocchi di partenza<sup>24</sup>
- Potenza lattacida-lattacida 50/80mt: sono prove di corsa svolte alla massima velocità utilizzate nel ciclo di scarico o nel periodo speciale, di rifinitura o agonistico per raggiungere i seguenti obiettivi:
- A. Incrementare la velocità di corsa ricercando la massima intensità di esecuzione con un volume di lavoro ristretto con recuperi ampi compresi tra i 6' e i 10'. Es: 3-4 x 80mt; 5-6 x 50mt; 2 x 50mt + 2 x 60mt + 80 mt
  - B. Confronto tra il modello ritmico dell'atleta e le prove sui 50mt dai blocchi, verificando il numero di passi ed il tempo ottenuto. Es 4-5 x 50mt dai blocchi rec. 8'-10'.  
Il numero di passi effettuati da un atleta con partenza dai blocchi e con misure antropometriche di 180cm di altezza e 92cm dell'arto inferiore per le seguenti distanze è: 30mt 16,7 passi, 50mt 25,1 passi, 60mt 29,3 passi e 80mt 37,8 passi.<sup>25</sup>
- Resistenza o capacità lattacida: interessa in modo specifico gli sprinter di 200 e 400 metri, i quali per migliorare la capacità dell'atleta a mantenere elevate velocità hanno bisogno di effettuare prove su distanze più lunghe (150mt-300mt) ad una velocità dell'85-90% rispetto ai record della distanza prescelta, con un volume di lavoro compreso tra i 1200mt e i 1500mt. Per svolgere tale allenamento ci sono due metodologie di lavoro:
- A. Serie di ripetizioni. Es: 200/300-200/250-200/300 rec. 5'/6'-8'/10'
  - B. Prove ripetute. Es: 150/200/250/300/200/150 o 200/250/300/400 rec. 8'/10'
- Queste sono solo alcuni esempi degli assemblaggi che il tecnico può creare per il lavoro del proprio atleta.<sup>26</sup>
- Progressivi e variazioni:
- A. I progressivi vengono svolti su tratti di 80-100 metri con l'indicazione di far crescere progressivamente la velocità fino al suo massimo e poi mantenerla negli ultimi 20-30 metri. Vengono solitamente svolte 4-6 prove con recupero di 5'-7' ricercando il miglioramento della decontrazione nella fase lanciata di corsa.
  - B. Le variazioni sono prove di corsa dove si danno indicazioni all'atleta di affrontare dei tratti con il massimo impegno alternandoli ad altri dove viene richiesta la decontrazione senza perdere l'assetto di corsa. Possono essere proposte esercitazioni in diverse forme come:  
6 appoggi veloci + 6 appoggi rilassati per tutta la lunghezza della prova, solitamente su distanze di 100-120mt con recupero completo 7'/10' per 4-6 prove.  
Oppure 30 metri di accelerazione + 20 metri veloci + 20 metri rilassati (senza perdere velocità e assetto di corsa) per 4-6 prove con recupero 6'.  
O ancora 30 metri di accelerazione + 20 metri veloci + 20 metri rilassati + 20 metri veloci, 3-5 prove con pause di 8'-10'.<sup>27</sup>
- Prove di sintesi: sono definite così perché hanno il significato di prove generali di unione dei vari pezzi di puzzle preparati durante tutta la preparazione. In queste si associano la partenza con l'accelerazione, la tecnica di corsa e la corsa in curva per il duecentista e la fase lanciata di corsa. Le prove vengono svolte nell'ultimo ciclo di preparazione e nella fase di rifinitura. Per i duecentisti si tratta di 3-4 prove di 150 metri con il recupero completo (12'-20').<sup>28</sup>  
Le prove vengono effettuate con partenza dal blocco e rilevamenti cronometrici ogni 50 metri, quindi a 50mt-100mt e 150mt.  
Si aggiunge 3 decimi al record dell'anno precedente nei 100 metri, per i 150 metri, come differenza dalla corsa in curva e della resistenza. Poi si ripartisce il tempo aggiungendo quanto serve per ottenere l'ultimo 50 metri alla stessa velocità del secondo. Per semplificare il tutto, un atleta con personale di 10"10 deve correre i 150 in 15"10 mirando ad ottenere questa suddivisione di tempi:  
 $10"10 + 0,30 = 10"40$  tempo di passaggio al 100 metri.

24 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.55

25 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.56

26 Carlo Vittori, L'allenamento delle specialità di corsa veloce per gli atleti d'élite, supplemento al n.4/03 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2004, pag.75

27 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.56

28 Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.57

I tre 50 metri nella miglior distribuzione possibile dovrebbero essere:

1° 50mt = 5,70

2° 50mt = 4,70

3° 50mt = 4,70

Mentre se non si verificassero tali parziali, nonostante lo stesso tempo finale di 15"10 nei 150 metri, non darebbe poi il medesimo risultato nei 200 metri:

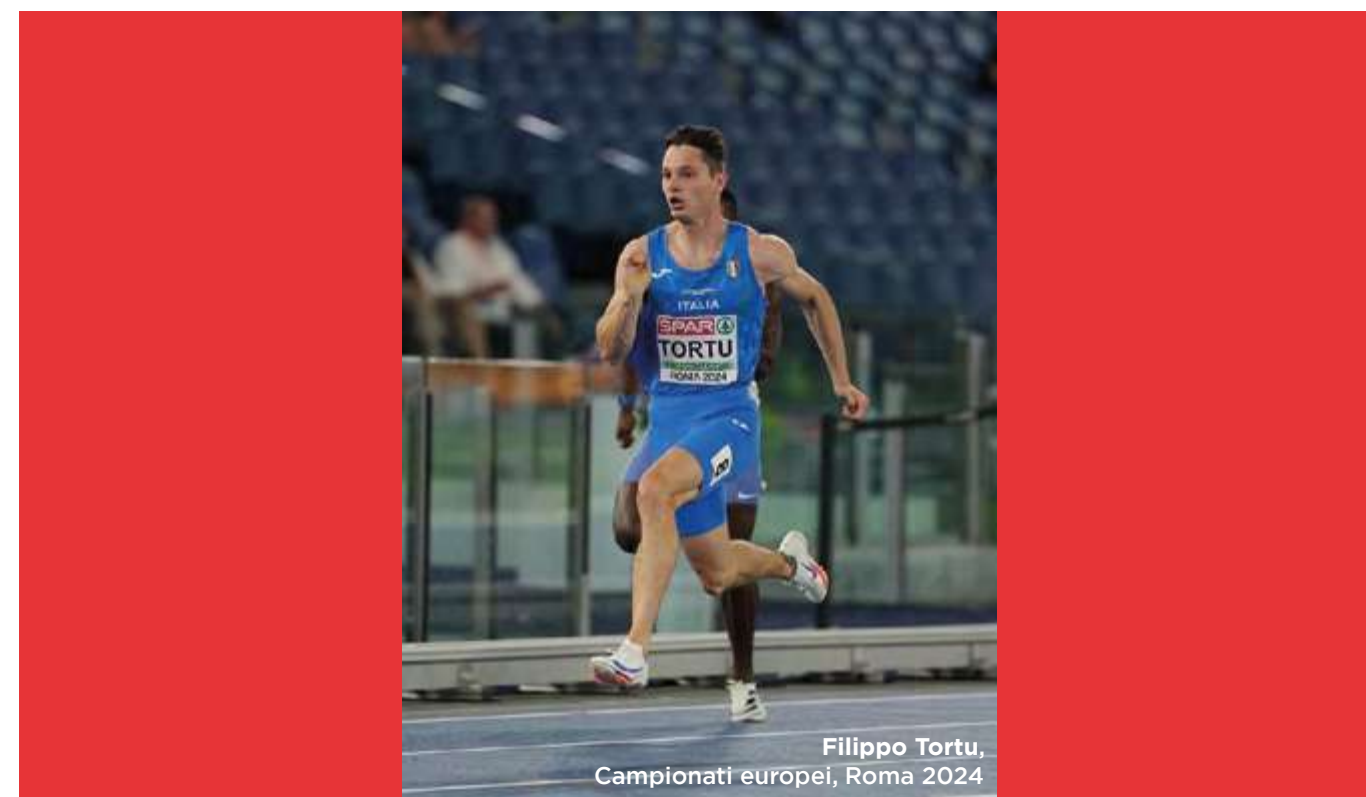
1° 50mt = 5,55

2° 50mt = 4,65

3° 50mt = 4,90

Volendo ipotizzare un tempo finale nel 200 metri, nel primo caso si presuppone un 20"00 come tempo finale in quanto il secondo e terzo 50 metri non hanno un calo di velocità e aggiungendo all'ultimo 50 metri una crescita di 2 decimi porterebbe a  $15"10 + 4,90 = 20"00$ .

Nel secondo caso invece, avendo rilevato un incremento di 25 centesimi è più veritiero prevedere un incremento di 35/40 centesimi che portano ad un tempo finale di  $15"10 + 5,25/5,30 = 20"35/20"40$ , tempo di altra qualità rispetto al primo.<sup>29</sup>



Filippo Tortu,  
Campionati europei, Roma 2024

## CAPITOLO 2

### 200 METRI PIANI

#### 2.1 Distribuzione dello sforzo nei 200 metri

Uno dei capitoli più importanti della preparazione di un duecentista è la distribuzione dello sforzo, ossia l'abilità dell'atleta di esprimere durante la competizione la velocità media più elevata coprendo la distanza di gara nel minor tempo possibile.<sup>30</sup>

Per conseguire questo obiettivo, per quanto concerne i 200 metri la differenza tra la prima parte di gara (100 metri in curva) e la seconda parte (100 metri lanciati) deve essere circa di 80 centesimi. Per

29 Carlo Vittori, L'allenamento delle specialità di corsa veloce per gli atleti d'élite, supplemento al n.4/03 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2004, pag.80

30 Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.125



realizzare un tempo accettabile e dare il massimo, l'atleta dei 100 metri dovrà aggiungere 30 centesimi al suo record personale.

Es. record personale sui 100 metri: 10"20  
200 metri 10"20 + 10"20 = 20"40 - 0"20 = 20"20  
10"20 + 0"30 = 10"50 tempo di passaggio ai 100 metri

Considerando poi come sopracitato la differenza tra la prima parte di gara da fermo e la seconda parte di gara lanciata di 80 centesimi:

10"50 + 9"70 = 0"80 differenza tra la 1^ e la 2^ parte

Per costruire questa prestazione i primi 100 metri devono essere corsi con a loro volta la differenza di circa 1" tra i primi 50 metri e i secondi 50 metri:

5"75 + 4"75 = 10"50

Un duecentista allenato, poi, nel 3^ 50 metri di gara dovrebbe realizzare lo stesso tempo del 2^ 50 metri:

5"75 + 4"75 + 4"75 = 15"25

Nell'ultimo tratto se il velocista ha allenato la resistenza alla velocità per la distanza dei 200 metri rallenterà circa 2 decimi.

5"75 (50metri) + 4"75 (100 metri: 10"50) + 4"75 (150 metri: 15"25) + 4"95 (100 metri lanciati 9"70)

Record personale nei 100 metri: 10"20 porta ad un 20"20 nei 200 metri.

Per essere ritenuto un valido duecentista uno sprinter con un buon indice di resistenza deve correre un tempo pari al doppio del tempo dei 100 metri meno 2 decimi.

Questo è un conteggio matematico a cui bisogna indirizzarsi ovviamente facendo le giuste proporzioni con l'atleta che si ha. Se dovesse esserci un crollo eccessivo nel 4^ tratto, evidentemente manca un po' di resistenza specifica o potrebbe essere legato a quanto si è esagerato nella prima parte di gara.<sup>31</sup>



<sup>31</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.141

## 2.2 INDICE DI RESISTENZA E ANALISI DELLE PRESTAZIONI

Un buon duecentista, come detto precedentemente, deve realizzare in gara un tempo pari al doppio del tempo record dei 100 metri meno 20 centesimi.<sup>32</sup> In realtà, non tutti i velocisti che svolgono gare sui 200 metri, anche con buone prestazioni, riescono ad ottenere risultati secondo il modello presentato, indice di uno scadente indice di resistenza specifico per la distanza. Come osserva il Prof. Di Mulo, dopo un'attenta e scrupolosa analisi, gli specialisti del mezzo giro di pista hanno una particolare propensione alla resistenza e si cimentano, anche con buoni risultati, nel fatidico giro della morte. Infatti, non a caso, Michael Johnson per diversi anni detene il record mondiale sia nei 200 che nei 400 metri. Lo stesso Pietro Mennea, primatista europeo con 19"72, nonostante avesse tra le sue prestazioni un 10"01 nei 100 metri, nei 400 metri riuscì a realizzare un interessante 45"87.<sup>33</sup> Ecco spiegato perché i veri centometristi sono quelli che pur avendo buoni risultati cronometrici non raggiungono buoni *indici di resistenza* a causa dell'alta specializzazione che ormai domina nella preparazione degli atleti top, ovviamente con delle eccezioni (poche) le quali non fanno altro che confermare la regola.

Per calcolare l'*indice di resistenza* si sottrae dal tempo record dei 200 metri il doppio del tempo dei 100 metri, il valore che si ottiene è appunto l'*indice di resistenza*, più questo valore è "negativo" maggiore è la "resistenza". Esempio

- A. Tempo 100 metri 10"00 x 2 = 20"00; tempo 200 metri 20"30 - 20"00 = + 0"30 *indice di resistenza* scadente
- B. Tempo 100 metri 10"01 x 2 = 20"02; tempo 200 metri 19"72 - 20"02 = - 0"30 *indice di resistenza* buono<sup>34</sup>

Conducendo una scrupolosa ricerca grazie alle graduatorie alltime di World Athletics aggiornate al 22 settembre 2024, sono stati estrapolati i migliori 30 risultati maschili e femminili a livello mondiale, europeo ed italiano. Grazie a questa indagine si evince quanto affermato precedentemente notando sicuramente le eccezioni dei primatisti mondiali Usain Bolt e Florence Griffith-Joyner, i quali con indici di resistenza di + 0"03 e + 0"36, sicuramente non hanno rispettato i canoni presentati. Inoltre si nota come il genere femminile sia lontano dai valori maschili, infatti più difficilmente si riescono a sottrarre 20 centesimi al doppio del tempo dei 100 metri.

<sup>32</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.141

<sup>33</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.142

<sup>34</sup> Filippo Di Mulo, Mezzi e Metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello-Esperienze personali, supplemento al n.1-2/2009 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 2010, pag.192



Rank	Atleta	200	100	Indice
1	Usain BOLT	19,19	9,58	0,03
2	Yohan BLAKE	19,26	9,82	-0,38
3	Noah LYLES	19,31	9,95	-0,59
4	Michael JOHNSON	19,32	10,09	-0,86
5	Letsile TEBOGO	19,46	9,86	-0,26
6	Erriyon KNIGHTON	19,49	10,04	-0,59
7	Walter DIX	19,53	9,94	-0,35
8	Justin GATLIN	19,57	9,74	0,09
8	Kenneth BEDNAREK	19,57	9,87	-0,17
10	Tyson GAY	19,58	9,69	0,20
11	Andre DE GRASSE	19,62	9,89	-0,16
11	Xavier CARTER	19,63	10,09	-0,55
13	Reynier MENA	19,63	9,99	-0,35
14	Wallace SPEARMON	19,65	9,96	-0,27
15	Frank FREDERICKS	19,68	9,86	-0,04
16	Clarence MUNYAI	19,69	10,10	-0,51
17	Michael NORMAN	19,70	9,86	-0,02
18	Courtney LINDSEY	19,71	9,97	-0,23
19	Pietro MENNEA	19,72	10,01	-0,30
20	Michael MARSH	19,73	9,93	-0,13
20	Divine ODUDURU	19,73	9,86	0,01
20	Zharnel HUGHES	19,73	9,83	0,07
23	LaShawn MERRITT	19,74	10,47	-1,20
24	Carl LEWIS	19,75	9,97	-0,19
24	Joe DELOACH	19,75	10,03	-0,31
24	Steven GARDINER	19,75	10,35	-0,95
24	Tarsis Gracious OROGOT	19,75	10,06	-0,37
28	Ramil GULIYEV	19,76	10,10	-0,44
28	Fred KERLEY	19,76	9,84	0,08
28	Udodi Chudi ONWUZURIKE	19,76	9,92	-0,08

Tabella 9 Prestazioni all time mondiali uomini

Rank	Atleta	200	100	Indice
1	Florence GRIFFITH-JOYNER	21,34	10,49	0,36
2	Shericka JACKSON	21,41	10,65	0,11
3	Elaine THOMPSON-HERAH	21,53	10,54	0,45
4	Gabrielle THOMAS	21,60	11,08	-0,56
5	Marion JONES	21,62	10,65	0,32
6	Dafne SCHIPPERS	21,63	10,81	0,01
7	Merlene OTTEY	21,64	10,79	0,06
8	Allyson FELIX	21,69	10,89	-0,09
9	Marita KOCH	21,71	11,16	-0,61
9	Heike DRECHSLER	21,71	10,91	-0,11
11	Grace JACKSON	21,72	11,08	-0,44
11	Gwen TORRENCE	21,72	10,86	0,00
13	Marlies GÖHR	21,74	10,84	0,06
13	Silke MÖLLER	21,74	10,86	0,02
13	Veronica CAMPBELL-BROWN	21,74	10,87	0,00
13	Shaunae MILLER-UIBO	21,74	10,98	-0,22
17	Juliet CUTHBERT	21,75	10,83	0,09
18	Inger MILLER	21,77	10,79	0,19
18	Tori BOWIE	21,77	10,85	0,07
18	Abby STEINER	21,77	10,90	-0,03
21	Christine MBOMA	21,78	10,97	-0,16
22	Shelly-Ann FRASER-PRYCE	21,79	10,60	0,59
23	Valerie BRISCO-HOOKS	21,81	11,08	-0,35
24	Evelyn ASHFORD	21,83	10,97	-0,11
24	Mckenzie LONG	21,83	10,91	0,01
26	Bärbel WÖCKEL	21,85	11,04	-0,23
27	Julien ALFRED	21,86	10,72	0,42
28	Irina PRIVALOVA	21,87	10,90	0,07
29	Dina ASHER-SMITH	21,88	10,83	0,22
30	Jenna PRANDINI	21,89	11,11	-0,33

Tabella 10 Prestazioni all time mondiali donne



Rank	Atleta	200	100	Indice
1	Pietro MENNEA	19,72	10,01	-0,30
2	Zharnel HUGHES	19,73	9,83	0,07
3	Ramil GULIYEV	19,76	10,10	-0,44
4	Christophe LEMAITRE	19,80	9,92	-0,04
5	Churandy MARTINA	19,81	10,01	-0,21
6	Konstantinos KENTERIS	19,85	10,44	-1,03
7	John REGIS	19,87	10,15	-0,43
8	Jaysuma SAIDY NDURE	19,89	10,06	-0,23
9	Ryan ZEZE	19,90	10,11	-0,32
10	Nethaneel MITCHELL-BLAKE	19,95	10,09	-0,23
11	Blessing Akwasi AFRIFAH	19,96	10,34	-0,72
11	Adam GEMILI	19,97	10,11	-0,25
11	Miguel FRANCIS	19,97	10,23	-0,49
14	Méba Mickaël ZEZE	19,97	9,99	-0,01
14	Marcin URBAŚ	19,98	10,30	-0,62
16	Alex WILSON	19,98	10,08	-0,18
17	Valeriy BORZOV	20,00	10,07	-0,14
18	Francis OBIKWELU	20,01	9,99	0,03
19	Joshua HARTMANN	20,02	10,14	-0,26
20	Pablo MATEO	20,03	10,08	-0,13
21	Bruno HORTELANO	20,04	10,31	-0,58
22	Christian MALCOLM	20,08	10,11	-0,14
22	Eseosa Fostine DESALU	20,08	10,33	-0,58
24	Linford CHRISTIE	20,09	9,97	0,15
25	Lykourgos-Stefanos TSAKONAS	20,09	10,27	-0,45
25	Filippo TORTU	20,10	10,24	-0,38
27	Attila KOVÁCS	20,11	10,09	-0,07
27	Anastasios GOUSIS	20,11	10,33	-0,55
29	Darren CAMPBELL	20,13	10,06	0,01
29	Simon VERHERSTRAETEN	20,13	10,06	0,01

Tabella 11 Prestazioni all time europee uomini

Rank	Atleta	200	100	Indice
1	Dafne SCHIPPERS	21,63	10,81	0,01
2	Marita KOCH	21,71	11,16	-0,61
2	Heike DRECHSLER	21,71	10,91	-0,11
4	Marlies GÖHR	21,74	10,84	0,06
4	Silke MÖLLER	21,74	10,86	0,02
6	Bärbel WÖCKEL	21,85	11,04	-0,23
7	Irina PRIVALOVA	21,87	10,90	0,07
8	Dina ASHER-SMITH	21,88	10,83	0,22
9	Katrin KRABBE	21,95	10,89	0,17
10	Jarmila KRATOCHVÍLOVÁ	21,97	11,09	-0,21
11	Marie-José PÉREC	21,99	10,96	0,07
12	Anelia NUNEVA	22,01	10,86	0,29
13	Mujinga KAMBUNDJI	22,05	10,89	0,27
14	Kathy COOK	22,10	11,83	-1,56
15	Myriam SOUMARÉ	22,11	11,03	0,05
16	Ewa KASPRZYK	22,13	10,93	0,27
17	Daryll NEITA	22,16	10,96	0,24
18	Zhanna PINTUSEVICH	22,17	10,85	0,47
19	Galina MALCHUGINA	22,18	11,02	0,14
20	Natalya BOCHINA	22,19	11,22	-0,25
20	Aleksandra FEDORIVA-SPAYER	22,19	11,52	-0,85
22	Kim GEVAERT	22,20	11,04	0,12
23	Irena SZEWIŃSKA	22,21	11,13	-0,05
24	Gesine WALTHER	22,24	11,13	-0,02
24	Maya AZARASHVILI	22,24	11,08	0,08
26	Andrea PHILIPP	22,25	11,06	0,13
27	Christine ARRON	22,26	10,97	0,32
28	Elvira BARBASHINA	22,27	11,12	0,03
29	Silke-Beate KNOLL	22,29	11,17	-0,05
30	Lyudmila KONDRATYEVA	22,31	11,06	0,19
30	Muriel HURTIS	22,31	11,33	-0,35

Tabella 12 Prestazioni all time europee donne

Rank	Atleta	200	100	Indice
1	Pietro MENNEA	19,72	10,01	-0,30
2	Eseosa Fostine DESALU	20,08	10,33	-0,58
3	Filippo TORTU	20,10	10,24	-0,38
4	Andrew HOWE	20,28	10,58	-0,88
5	Andrea FEDERICI	20,35	10,28	-0,21
6	Diego MARANI	20,36	10,46	-0,56
6	Pierfrancesco PAVONI	20,38	10,24	-0,10
8	Marco TORRIERI	20,38	10,26	-0,14
9	Stefano TILLI	20,40	10,16	0,08
10	Antonio INFANTINO	20,41	10,26	-0,11
11	Alessandro CAVALLARO	20,42	10,35	-0,28
11	Giovanni PUGGIONI	20,44	10,38	-0,32
13	Davide MANENTI	20,44	10,52	-0,60
14	Diego Aldo PETTOROSSO	20,45	10,51	-0,57
15	Enrico DEMONTE	20,45	10,37	-0,29
16	Giorgio MARRAS	20,48	10,59	-0,70
17	Matteo GALVAN	20,50	10,58	-0,66
18	Carlo SIMIONATO	20,53	10,46	-0,39
18	Eduardo LONGOBARDI	20,53	10,46	-0,39
19	Marco RICCI	20,55	10,30	-0,05
21	Carlo OCCHIENA	20,57	10,31	-0,05
22	Alessandro ATTENE	20,57	10,66	-0,75
23	Koura FANTONI KABA	20,58	10,38	-0,18
24	Luciano CARAVANI	20,59	10,23	0,13
25	Andrea COLOMBO	20,60	10,34	-0,08
26	Lamont Marcell JACOBS	20,61	10,08	0,45
26	Chituru ALI	20,64	10,12	0,40
28	Francesco SCUDERI	20,66	10,39	-0,12
28	Hillary Wanderson POLANCO RIJO	20,66	10,31	0,04
30	Sandro FLORIS	20,68	10,36	-0,04

Tabella 13 Prestazioni all time italiane uomini

Rank	Atleta	200	100	Indice
1	Libania GRENOT	22,56	11,61	-0,66
2	Manuela LEVORATO	22,60	11,20	0,20
3	Dalia KADDARI	22,64	11,44	-0,24
4	Marisa MASULLO	22,88	11,45	-0,02
5	Gloria HOOPER	22,89	11,34	0,21
6	Irene SIRAGUSA	22,96	11,31	0,34
7	Vittoria FONTANA	22,97	11,34	0,29
8	Vincenza CALÍ	22,98	11,35	0,28
9	Danielle PERPOLI	23,06	11,83	-0,60
10	Rossella TAROLO	23,09	11,58	-0,07
10	Elisa VALENSIN	23,09	11,68	-0,27
11	Zaynab DOSSO	23,10	11,01	1,08
13	Anna BONGIORNI	23,10	11,28	0,54
13	Rita BOTTIGLIERI	23,15	11,79	-0,43
15	Marzia CARAVELLI	23,16	11,65	-0,14
15	Alice MANGIONE	23,16	11,92	-0,68
17	Daniela GRAGLIA	23,20	11,51	0,18
18	Virna DE ANGELI	23,24	11,43	0,38
19	Arianna DE MASI	23,27	11,26	0,75
19	Laura MIANO	23,29	11,52	0,25
21	Giada GALLINA	23,29	11,54	0,21
21	Fabiana COSOLO	23,30	11,93	-0,56
23	Giulia RIVA	23,30	11,58	0,14
24	Rita ANGOTZI	23,33	11,36	0,61
25	Margherita CASTELLANI	23,35	11,50	0,35
25	Maria Benedicta CHIGBOLU	23,37	11,87	-0,37
27	Eleonora RICCI	23,37	11,55	0,27
28	Giulia ARCIONI	23,40	11,58	0,24
29	Carla MERCURIO	23,42	11,63	0,16
30	Alessia PAVESE	23,44	11,35	0,74
30	Giorgia BELLINAZZI	23,44	11,58	0,28

Tabella 14 Prestazioni all time italiane donne



## 2.3 LA RESISTENZA ALLA VELOCITÀ

La metodologia sullo sviluppo della resistenza alla velocità, o capacità alattacida, è stata progettata, approfondita e negli anni poi modificata dal Prof. Vittori e dai suoi collaboratori con un gruppo di sprinter delle squadre nazionali nell'inverno del 1971-1972.

Si iniziò dividendo in due gruppi le prove di resistenza<sup>35</sup>:

- Prove brevi. Distanze comprese tra i 30 e i 60 metri svolte con il sistema delle serie di ripetizione, 3-4-5 prove per 2-3-4 serie a seconda della capacità dello sprinter di sopportare il carico e con pause di 1'30"/2' tra le ripetizioni e di 6'/8' di macro pausa nelle serie.
- Prove lunghe. Distanze comprendenti 100-150-200-250 metri utilizzate sia con il sistema delle ripetizioni che con quello delle prove ripetute. Nel sistema di ripetizioni si svolgevano 2-3-4 prove per 2-3 serie fino ad un volume di 1500-2100 metri, il recupero tra le ripetizioni era quello che consentiva all'atleta di percorrere al passo la distanza appena svolta e tra le serie una pausa compresa tra 8' e i 12'; in questo caso si tendeva ad utilizzare maggiormente le prime tre distanze e limitatamente i 250 metri. Nel sistema delle prove ripetute, invece, la differenza consisteva nell'utilizzo di pause più ampie tra le prove e questo permetteva una velocità maggiore rispetto che alla serie di ripetizioni.<sup>36</sup>

Negli anni successivi il Prof. Vittori con i suoi collaboratori apportò delle modifiche a questa metodologia utilizzando la distanza degli 80 metri nelle prove brevi perché riusciva a mettere maggiormente in crisi il processo alattacido di erogazione dell'energia. Tale modifica consentì di utilizzare la distanza dei 60 metri nel periodo fondamentale e progressivamente nel periodo successivo gli 80 metri, e questo permise sempre una maggiore resistenza degli atleti, i quali divennero capaci di correre alla stessa velocità anche la distanza successiva, ossia i 100 metri. Questo spinse Vittori ad utilizzare quest'ultima distanza, che inizialmente era stata inserita nelle prove lunghe, nel periodo speciale come ultima distanza delle prove brevi, utilizzandola però con il metodo delle prove ripetute e in minor quantità, avendo così a disposizione un ventaglio di proposte utili alla modulazione del carico di allenamento. A questo punto le prove lunghe comprese tra i 150 e i 250 metri, svolte come spiegato precedentemente, venivano affrontate e inserite nel programma di allenamento solo quando l'atleta era in grado di correre le prove ad una velocità elevata, avendo l'obiettivo di crescere l'intensità piuttosto che quello di aumentare il volume.<sup>37</sup> Successivamente, le diverse esperienze hanno portato il Prof. Vittori ad utilizzare le seguenti distanze per il miglioramento della RV:

- 60 metri con partenza in piedi
- 80 metri con partenza in piedi
- 100 metri con partenza in piedi<sup>38</sup>

Per utilizzare questi mezzi di allenamento, vennero utilizzate due differenti metodologie:

- In serie di ripetizioni, utilizzando i 60, 80 e 100 metri con serie composte da 4-5 prove per un totale di 3-5 serie, avendo dei recuperi compresi tra le prove di 1'30" e 2'30" nel periodo fondamentale e con 2'30" e 4' nel periodo speciale, mentre tra le serie delle pause nel periodo fondamentale di 6'-8' e di 10'-12' nel periodo speciale.<sup>39</sup>
- In prove ripetute, le quali riguardano fondamentalmente la distanza dei 100 metri che vengono effettuati con pause tra i 6'-8'.<sup>40</sup>

Con l'inizio della preparazione si utilizza maggiormente la distanza più corta, 60 metri, la quale consente di tenere velocità più elevate per poi utilizzare anche le altre due distanze con il passare dei cicli; per i duecentisti nelle fasi successive le distanze prevalentemente utilizzate sono gli 80 e 100 metri. La frequenza settimanale di utilizzo della resistenza alla velocità è compresa tra le 2 e le 4 unità di allenamento

<sup>35</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.97

<sup>36</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.98

<sup>37</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.100

<sup>38</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.110

<sup>39</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.110

<sup>40</sup> Carlo Vittori, Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori, supplemento al n.2/95 di Atletica Studi, Roma, Centro Studi & Ricerche, 1995, pag.110

e il volume progressivamente tende a calare fino al 40% di quello utilizzato nel periodo fondamentale. Nel periodo speciale, vengono inserite prevalentemente prove di ripetute sui 100 metri, grazie alla capacità dell'atleta di correre a velocità elevata e quasi massimale per l'intero tratto della prova.

## 2.4 PROPOSTA DI PROGRAMMAZIONE ANNUALE

Il programma annuale che vi verrà presentato in questo paragrafo è la programmazione singola che potrebbe essere svolta da un atleta U23, al terzo anno di categoria, il quale ha come obiettivo il Campionato italiano di categoria e il seguente impegno internazionale con la maglia azzurra degli Europei U23 di Bergen nei 200 metri, tenendo conto che i mezzi e i metodi utilizzati verranno adeguati all'esigenza personale dell'atleta in questione e al suo background.

### PROGRAMMAZIONE STAGIONE 2025

Ripresa	30/09/2024-13/10/2024	2 settimane
Ciclo Introduttivo	14/10/2024-3/11/2024	(2 + 1)
Ciclo Generale 1	4/11/2024-1/12/2024	(3 + 1)
Ciclo Generale 2	2/12/2024-29/12/2024	(3 + 1)
Ciclo Fondamentale 1	30/12/2024-26/01/2025	(3 + 1)
Ciclo Fondamentale 2	27/01/2025-23/02/2025	(3 + 1)
Ciclo Intensivo 1	24/02/2025-23/03/2025	(3 + 1)
Ciclo Speciale 1	24/03/2025-13/04/2025	(2 + 1)
Ciclo di rifinitura 1	14/04/2025-27/04/2025	(1 + 1)
Ciclo Agonistico 1	28/04/2025-18/05/2025	3 settimane
Settimana di ripristino	19/05/2025-25/05/2025	1 settimana
Ciclo Speciale 2	26/05/2025-15/06/2025	(2 + 1)
Ciclo Agonistico 2	16/06/2025-20/07/2025	5 settimane



Libania Grenot,  
Campionati del mondo, Pechino 2015

CICLO INTRODUTTIVO (2 + 1 scarico) 14/10/2024-3/11/2024

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza Max. - F.E.</b> Strappo 6/8 x 6 x 70% p.c.  Squat 4 x 4 x 80% p.c.  ½ Squat E. 4 x 4 x 140% p.c.  Allunghi  <b>Pot. Aerob. Fraz.</b>  10 x 200 mt rec. 3'	Forza generale Add. - Dors. - Braccia - Glutei - Ischiocrurali  <b>Salite</b>  2 x (4 x 30 mt) rec. 3'-7'  Allunghi sul piano  <b>Corsa</b>  3 km	<b>Forza Max. -F.E.</b> Strappo 6/8 x 6 x 70% p.c.  Squat monoarto (3 + 3) x 6/8 rip. Con cintura 4 kg  Squatting 4 x 6 x cintura 4 kg  Div. Sagittali 3 x 30 mt c. n.  Andature varie e allunghi  <b>Sprint</b> 6 x 30 mt rec 3'	Forza generale Add. - Dors. - Braccia - Glutei - Ischiocrurali  Skip 3 x 100 tocc. ad arto  Tec. balzi  <b>Rodaggio Meccanico</b>  Sett. A: 2 x (5 x 100 mt) rec. 2'-6' 80% Sett. B: 2 x (6 x 100 mt) rec. 2'-6' 82%	<b>Forza Max. -F.E.</b> Strappo 6/8 x 6 x 70% p.c.  Squat 4 x 4 x 80% p.c.  ½ Squat monoarto 3 x 6 x 50% p.c.  Molleggi 2 x 20 x 80% p.c.  Allunghi  <b>Pot. Aerob. Fraz.</b>  4 x 500 mt rec. 4'	Andature su 50 mt in forma estensiva  <b>Salite</b>  5 x 30 + 4 x 50 + 3 x 60 rec. 3'-6'/ 4'-6'/5'  Allunghi sul piano  <b>Sprint</b>  6 x 30 mt rec 3'

CICLO GENERALE 1 (3 + 1 scarico) 4/11/2024-1/12/2024

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza Max. -F.E.</b> Strappo 6/8 x 6 x 80% p.c.  Squat 4 x 4 x 90% p.c.  ½ Squat E. 4 x 4 x 150% p.c.  Allunghi  <b>Pot. Aerob. Fraz.</b>  2 x (6 x 200 mt) rec. 3'/6'	Forza generale Add. - Dors. - Braccia - Glutei - Ischiocrurali  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  <b>Salite</b>  2 x (4 x 30) + 4 x 50 mt rec. 3'-7'/ 4'  Allunghi sul piano  <b>Corsa</b>  2 km	<b>Forza Max. -F.E.</b> Strappo 6/8 x 6 x 80% p.c.  Squat monoarto (3 + 3) x 6/8 rip. Con cintura 4 kg  Squatting 4 x 6 x cintura 4 kg  Div. Sagittali 3 x 40 mt c. n.  Andature varie e allunghi  <b>Sprint</b> 6 - 8 x 30 mt rec. 3'	Forza generale Add. - Dors. - Braccia - Glutei - Ischiocrurali  Skip 3 x 120 tocc. ad arto  Tec. balzi  <b>Rodaggio Meccanico</b>  Sett. A: 10 x 100 mt rec. 2' 83% Sett. B: 10 x 100 mt rec. 2' 85% Sett. C: 12 x 100 mt rec. 2' 85%	<b>Forza Max. -F.E.</b> Strappo 6/8 x 6 x 80% p.c.  Squat 4 x 4 x 90% p.c.  ½ Squat monoarto 3 x 6 x 50% p.c.  Molleggi 2 x 20 x 90% p.c.  Allunghi  <b>Tec. Corsa Rapida e Ampia</b> Su 60 mt	Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Andature su 60 mt in forma estensiva  Tec. balzi  Allunghi  <b>Pot. Aerob. Fraz.</b>  3 x (500 + 300) rec. 3'/6'

CICLO GENERALE 2 (3 + 1 scarico) 2/12/2024-29/12/2024

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza Max. -F.V.</b> Strappo 5 x 3 x 95% p.c.  Squat 4 x 4 x 100% p.c.  ½ Squat V. 4 x 6 x 100% p.c.  Allunghi  <b>Corsa</b>  2 km forti	Forza generale Add. - Dors. - Braccia - Glutei - Ischiocrurali  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  <b>Salite</b>  2 x (4 x 30) + 4 x 60 mt rec. 3'-7'/ 4'  Allunghi sul piano  <b>Sprint</b>  6 - 8 x 30 mt rec. 3'	<b>Forza E. - F.E.E.</b> Strappo 5 x 4 x 90% p.c.  Squat Jump 4 x 6 x 60% p.c.  Div. Sagittali 3 x 50 mt c. n.  Molleggi monoarto 3 + 3 x 20 x 20 kg  Andature varie e allunghi	Forza generale Add. - Dors. - Braccia - Glutei - Ischiocrurali  Calciata dietro con cavigliere 3 x 40 mt  Skip 3 x 130 tocc. ad arto  <b>Traino</b>  5 x 30 mt rec. 3'  <b>Sprint</b>  6 x 30 mt rec. 3'	<b>Forza Max. -F.V.</b> Strappo 5 x 3 x 95% p.c.  Squat monoarto 4 x 4 x cintura  ½ Squat V. 6 x 6 x 100% p.c.  Molleggi 3 x 20 x 100% p.c.  Allunghi  <b>Tec. Corsa Rapida e Ampia</b> Su 60 mt	Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Tec. balzata  Allunghi  <b>Pot. Aerob. Fraz.</b>  500-500-400-400-300-300 rec. 5'

CICLO FONDAMENTALE 1 (3 + 1 scarico) 30/12/2024-26/01/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza E. E. -F.V.</b> Strappo 3 x 3 x 100% p.c.  Div. Sagittali 6 x 6-8 per arto x 50% p.c.  ½ Squat Jump 5 x 8 x 40% p.c.  Molleggi 3 x 30 x 100% p.c.  Andature varie e allunghi  <b>Pot. Aerob. Fraz.</b>  8 x 200 rec. 4'	Riscaldamento con funicella  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  <b>Traino</b>  2 x (4 x 30 mt) rec. 3'/ 7'  <b>Rodaggio Meccanico</b>  Sett. A: 10 x 60 mt rec. 2' 90% Sett. B: 12 x 60 mt rec. 2' 90% Sett. C: 12 x 60 mt rec. 2' 90%	<b>Forza E. E. -F.V.</b> Strappo 3 x 3 x 100% p.c.  Div. Sagittali 6 x 6-8 per arto x 50% p.c.  ½ Squat V. 5 x 6 x 100% p.c.  Molleggi monoarto 3 + 3 x 30 x 20 kg  Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni</b>  6 x 20 mt	Andature varie su 50 mt  Tec. Balzata 3 x 60 mt  Skip 3 x 150 tocc. ad arto  <b>Pot. Aerob. Fraz. Mista</b>  400-300-400-300-300-200 rec. 5'- 5'- 5'- 8'- 8'	<b>Forza E. E. -F.V.</b> Strappo 3 x 3 x 100% p.c.  Div. Sagittali 6 x 6-8 per arto x 50% p.c.  ½ Squat Jump 5 x 8 x 40% p.c.  Molleggi 3 x 30 x 100% p.c.  Allunghi  <b>Tec. Corsa Ampia</b> Su 60 mt	Riscaldamento con funicella  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Balzi Hs 5 x 6 x 60 cm  Allunghi  <b>Traino</b> 2 x (4 x 30 mt) rec. 3'/ 7' <b>R. M.</b> Sett. A: 10 x 60 mt rec. 2' 90% Sett. B: 12 x 60 mt rec. 2' 90% Sett. C: 14 x 60 mt rec. 2' 90%



CICLO FONDAMENTALE 2 (3 + 1 scarico) 27/01/2025-23/02/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi Lungo da fermo - triplo alternato - quintuplo alternato (50 unità circa)  Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  4 x (4 x 60) rec. 2' - 7' 93%	Riscaldamento con funicella e mobilità tra gli ostacoli  Allunghi  <b>Traino</b>  2 x (4 x 30 mt) rec. 3' / 7'  Resistenza Lattacida  5/6 x 300 mt rec. 8'	<b>Forza E. E. R.</b> Strappo 3 x 3 x 100% p.c.  Div. Sagittali con C. M. e salto 4 x 10 x 40% p.c.  $\frac{1}{2}$ Squat Jump 4 x 6 x 50% p.c.  Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni</b>  8 x 20 mt	<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi Triplo successivo - 3 x decuplo alternato (50 unità circa)  Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  4 x (4 x 60) rec. 2' - 7' 93%  Oppure  3 x (5 x 60) rec. 2' - 7' 93%	<b>Forza E. E. R. - F. V.</b> $\frac{1}{2}$ Squat V. 6 x 6 x 100% p.c.  $\frac{1}{2}$ Squat Jump C. M. 4 x 5 x 40% p.c.  Allunghi  <b>Accelerazioni</b>  8 x 20 mt  <b>Tec. Corsa Ampia</b> Su 60 mt	Riscaldamento con funicella e mobilità tra gli ostacoli  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Balzi Hs 5 x 6 x 60 cm  Allunghi  <b>Traino</b>  2 x (3 x 30 mt) rec. 3' / 8'  <b>Resistenza Lattacida</b>  400-300-400-200-200 rec. 8'

CICLO INTENSIVO 1 (3 + 1 scarico) 24/02/2025-23/03/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi 6 x triplo alternato - 4 x quintuplo alternato  Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  2 x (4 x 60) rec. 2' - 10' 95% + 2 x (3 x 80) rec. 2'30 - 10' 95%	Andature varie  <b>Traino</b>  2 x (2 x 30 mt T. + 1 x 30 mt senza) rec. 3' - 3' / 7'  <b>Resistenza Lattacida</b>  200-250-300-200 rec. 10'- 12'- 12'	<b>Forza E. E. R.</b> Strappo 3 x 6 x 90% p.c.  Div. Sagittali con C. M. e salto 4 x 12 x 40% p.c.  $\frac{1}{2}$ Squat Jump C. M. 4 x 6 x 50% p.c.  Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni</b>  8 x 20 mt rec. 3'	<b>Forza E. E. R.</b> Balzi Hs 4 x 6 x 40 cm  Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  2 x (4 x 60) rec. 2' - 10' 95% + 2 x (3 x 80) rec. 2'30 - 10' 95% + 200 mt	<b>Forza E. E. R.</b> $\frac{1}{2}$ Squat C. M. 4 x 6 x 100% p.c.  $\frac{1}{2}$ Squat Jump C. M. 4 x 5 x 50% p.c.  Div. Rap.con salto 3 x 20 x 20 kg  Allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  6 x 20 mt rec. 4'	Riscaldamento con funicella e mobilità tra gli ostacoli  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Balzi Brevi 3 x decuplo alternato  Allunghi  <b>R. V. Mista</b>  60-80-100-300/60-80-100-200 rec. 4'- 5'- 8'/12'/4'- 5'- 10' 95%

CICLO SPECIALE 1 (2 + 1 scarico) 24/03/2025-13/04/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi 4 x triplo alternato - 3 x quintuplo alternato  Andature varie e allunghi  <b>R.V. Mista</b>  3 x 60 con cintura + 2 x 80 + 2 x 100 + 2 x 150 rec. 3'/8'- 4'/8'- 5'/10'- 12' 97%	Balzi Hs 6 x 6 x 40 cm  Andature varie  <b>Resistenza Lattacida</b>  150-200-250-300 rec. 12'- 12'- 15'	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  8/10 x 20 mt rec. 4' + 3 x progressivi	<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi 4 x triplo alternato - 2 x decuplo alternato  Andature varie e allunghi  <b>R.V. Mista</b>  5 x 60 con cintura + 3 x 80 + 2 x 100 + 300 rec. 3'/10'- 4'/10'- 5'- 12' 97%	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  8 x 20 mt rec. 4' + Allunghi	Mobilità tra gli ostacoli  Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Balzi Hs 6 x 6 x ostacolini  Allunghi  <b>Pot. Alatt/Latt.</b>  3 x 80 con cintura + 2 x 100 + 200 mt rec. 5'/10'- 6'/15'

CICLO RIFINITURA 1 (1 + 1 scarico con gara secondaria) 14/04/2025-27/04/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi 4 x triplo alternato - 3 x quintuplo alternato  Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  3 x (2 x 100) rec. 5'/10' 98-100%	Balzi Hs 6 x 6 x 40 cm  Andature varie  <b>Resistenza Lattacida</b>  200-200-300 rec. 15'- 15'	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  5 x 20 mt rec. 4' + 2 x 50 mt rec. 8' + 3 x progressivi	Andature varie e allunghi  <b>R.V. Mista</b>  4 x 60 + 3 x 80 + 2 x 100 + 200 rec. 3'/10'- 4'/10'- 5'- 12' 98-100%	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  8 x 20 mt rec. 4' + Allunghi	Balzi Hs 6 x 6 x ostacolini  Allunghi  2 x 100 mt ampia rec. 8'- 10'  2 x 100 mt rapida rec. 8'- 10'

CICLO AGONISTICO 1 (Esempio di lavoro senza gara) 28/04/2025-18/05/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  2 x (2 x 100) rec. 6'/10' 100%	Balzi Hs 6 x 6 x 40 cm  Andature varie  <b>Potenza Lattacida</b>  150-200 rec. 15'	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  8/10 x 20 mt rec. 4' + 3 x progressivi	Andature varie e allunghi  <b>R.V. Mista</b>  3 x 60 + 2 x 80 + 100 + 150 rec. 4'/10'- 5'/10'- 12' 100%	Andature varie  Allunghi sull'erba	Balzi Hs 6 x 6 x ostacolini  Allunghi  Test Ampia e Rapida 1 x 100 rapida 1 x 100 ampia rec. 10'

CICLO AGONISTICO 1 (Esempio di lavoro con gara) 28/04/2025-18/05/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
Andature varie e allunghi  <b>Pot. Alatt.</b>  3 x 80 mt rec. 8'- 10'	Balzi Hs 6 x 6 x 40 cm  Andature varie  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  5 x 30 mt rec. 4'	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  3 x 50 mt rec 8'	RIPOSO	RIPOSO	GARA

CICLO SPECIALE 2 (2+1 scarico con gara C.d.S. Nazionale) 26/05/2025-15/06/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi 4 x triplo alternato - 3 x quintuplo alternato  Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  4 x (2 x 80) rec. 4'/10' 97%	Balzi Hs 6 x 6 x 40 cm  Andature varie  <b>Resistenza Lattacida</b>  200-200-300 rec. 12'- 12'	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  8/ x 30 mt rec. 3'	<b>Forza E. E.</b>  Balzi Brevi 4 x triplo alternato - 2 x decuplo alternato  Andature varie e allunghi  <b>R.V. Mista</b> 3 x (60-80-100) rec. 3'-4'/10' 97%	Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Andature varie e allunghi  <b>Ampia e rapida</b> Su 60 mt	Rap. analitica skip 3 x 25 tocc.  Balzi Hs 6 x 6 x ostacolini  Allunghi  <b>Pot. Latt.</b>  4 x 150 rec. 15'

CICLO AGONISTICO 2 (Esempio di lavoro senza gara) 16/06/2025-20/07/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
Andature varie e allunghi  <b>R.V.</b>  3 x (2 x 100) rec. 6'/10' 100%	Balzi Hs 6 x 6 x 40 cm  Andature varie  <b>Potenza Lattacida</b>  200-200 rec. 20'	Andature varie e allunghi  <b>Accelerazioni dai blocchi</b>  8/10 x 20 mt rec. 4' + 3 x progressivi	Andature varie e allunghi  <b>R.V. Mista</b>  3 x 60 + 2 x 80 + 100 + 150 rec. 4'/10'- 5'/10'- 12' 100%	Andature varie  Allunghi sull'erba	Balzi Hs 6 x 6 x ostacolini  Allunghi  Test Ampia e Rapida 1 x 100 rapida 1 x 100 ampia rec. 10'

CICLO AGONISTICO 2 (Esempio di lavoro con gara CAMPIONATI ITALIANI PROMESSE) 16/06/2025-20/07/2025

Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
Andature varie e allunghi  <b>Pot. Alatt.</b>  3 x 80 mt rec. 8'- 10'	Solo riscaldamento con allunghi sull'erba	<b>Partenze dai blocchi con uscita di curva</b>  1 x 30 mt + 2 x 50 mt + 1 x 70 mt rec. 8'	RIPOSO con viaggio di trasferimento	RIPOSO	GARA: 4X100	GARA: 200 Bat. 200 Fin.

La periodizzazione singola proposta è stata dovuta alla scelta di fare questo tipo di programmazione in relazione al 2024 dove il ragazzo ha seguito una periodizzazione doppia, con l'appuntamento indoor sui 400 metri e la stagione outdoor focalizzata sui 200 metri. In più si è tenuto in considerazione durante la stesura del programma anche delle esigenze societarie con i C.d.S. e con la richiesta di essere a disposizione per le staffette 4x100 e 4x400 della società di appartenenza.



Fausto Desalu,  
Campionati europei, Roma 2024



## CONCLUSIONE

In conclusione, dopo un'attenta analisi dei dati e degli argomenti trattati in questo project work esposti precedentemente è possibile fare le seguenti considerazioni:

- Per allenare la resistenza specifica del duecentista, il Prof. Vittori negli anni con i suoi collaboratori utilizzò la resistenza alla velocità come proposta di mezzo per l'allenamento, per consentire agli atleti di aver un decremento di velocità minore possibile individuando le distanze degli 80-100 metri come quelle più specifiche per il duecentista.
- La distribuzione dello sforzo di un duecentista è un argomento fondamentale per consentire all'atleta di esprimere durante la competizione la velocità media più elevata e coprire la distanza di gara nel minor tempo possibile. Questo avviene se lo sprinter riesce a correre con una differenza di circa 60-80 centesimi tra la prima parte di gara (100 metri in curva) e la seconda parte (100 metri lanciati), avendo come indicazione di passaggio al primo 100 metri in curva di tre decimi più lento del personale dei 100 metri.
- Dividendo in quattro segmenti di 50 metri l'intera gara dei 200 metri, eseguendo un calcolo matematico avendo una differenza di 1 secondo tra il primo e il secondo tratto, il secondo e terzo segmento di gara con lo stesso tempo, se l'atleta è un duecentista ed ha allenato la resistenza alla velocità avrà un rallentamento nella quarta parte di gara di due decimi.
- A livello mondiale, europeo ed italiano è più semplice riscontrare buoni indici di resistenza o che si avvicinano ad esso, tempo 100 metri  $10''01 \times 2 = 20''02$ ; tempo 200 metri  $19''72 - 20''02 = -0''30$ , in campo maschile rispetto al campo femminile.

Questo lavoro, iniziato per interesse personale e curiosità, potrebbe essere ampliato cercando di capire se esistono altre tipologie di allenamento che utilizzino altri mezzi per allenare la resistenza alla velocità, ritenendo comunque la proposta di Vittori ancora attuale e valida.

## BIBLIOGRAFIA

### TESTI:

- C. Vittori e collaboratori, "Le gare di velocità, La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e collaboratori" FIDAL Centro studi e ricerche, 1995
- C. Vittori, "L'allenamento del giovane corridore dai 12 ai 19 anni" FIDAL Centro studi e ricerche, 1997
- C. Vittori, "L'allenamento delle specialità di corsa veloce per gli atleti d'élite" FIDAL Centro studi e ricerche, 2004
- U. Renzetti et al., "Il Manuale dell'allenatore di atletica leggera-Prima parte: generalità corse e marcia" FIDAL Centro studi e ricerche, 2008
- F. Di Mulo, "Mezzi e metodi di allenamento dello sprinter di elevato livello- Esperienze personali" FIDAL Centro studi e ricerche, 2010

### SITOGRAFIA:

- worldathletics.org.

## RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il mio tutor Prof. Filippo Di Mulo per la disponibilità, la pazienza e l'aiuto nella stesura di questo lavoro. Inoltre lo ringrazio per il suo ruolo di coordinatore del Corso Specialisti 2023/2024 - Settore Velocità.

Ringrazio Mario Del Giudice, Piero D'Inca, Lance Cochrane e Andrea Matarazzo per l'aiuto nella raccolta del materiale bibliografico utilizzato in questo Project Work e per gli spunti ed idee sviluppate in questo lavoro.

Ringrazio Gianni Tozzi per il suo ruolo di coordinatore del Corso Specialisti 2023/2024 - Settore Ostacoli.

Ringrazio Giorgio Frinolli, Riccardo Pisani, Giorgio Ripamonti e Fabrizio Mori per il loro contributo dato a questo percorso formativo.

Infine ringrazio il Centro Studi, in particolare Alberto Villa, per la passione e l'impegno costante volto a garantire una formazione di alto livello.



Dalia Kaddari,  
Campionati del mondo, Budapest 2023





# VERSO UNA POLITICA SPORTIVA DI SUCCESSO PER IL SALTO CON L'ASTA IN ITALIA

## Andrea Giannini

Nato a Grosseto il 18/12/1976.

Da atleta nel salto con l'asta vanta un record personale di 5.65, con 12 presenze in Nazionale e la partecipazione ai Campionati mondiali, Campionati europei a squadre e Universiadi. Ha vinto i Giochi del Mediterraneo di Tunisi nel 2001 ed è stato campione italiano nel 1997 e 1998.

Diplomato all'ISEF di Firenze nel 2002 con la tesi

*"Programmazione annuale di un saltatore con l'asta di alto livello", contestualmente all'attività di atleta ha intrapreso quella di allenatore e preparatore atletico. Tecnico di IV Livello CONI/FIDAL dal 2017, dallo stesso anno ricopre la carica di responsabile del settore salto con l'asta della FIDAL.*

*Giornalista pubblicista dal 2004, collabora attualmente con Sky Sport ed Eurosport in qualità di commentatore televisivo di atletica.*

Come antico cultore del salto con l'asta, ho chiesto ad Andrea Giannini di integrare ed aggiornare una interessantissima tesi che egli presentò in occasione della conclusione del corso di IV livello CONI-FIDAL del 2016, riproposta ora con questo articolo sulla nostra rivista.

L'obiettivo dichiarato di questo studio è triplice: "superare il concetto di 'modello tecnico' verso un più completo 'modello organizzativo'". Integrare questo modello all'interno dell'organizzazione dell'atletica italiana. Infine, cercare di mettere assieme tutti questi tasselli per una politica sportiva di successo nello sviluppo del salto con l'asta nel nostro paese.

Il punto di partenza è l'illustrazione del modello SPLISS (Sport Policy Factors Leading to International Sport Success - De Boescher et al., 2006-2015), che ha coinvolto e comparato 16 sistemi sportivi di 15 nazioni del mondo, attraverso il confronto di 3000 atleti, 1500 allenatori e 241 Direttori Tecnici, individuando 9 fattori comuni e fondamentali (pillar o pilastri) per la riuscita di una buona politica sportiva, illustrati in un grafico che ne evidenzia l'intervento e il peso specifico partendo dallo sport di base (destrutturato e strutturato) per arrivare all'eccellenza sportiva e alle prestazioni top.

L'obiettivo di questo studio è quello di analizzare la situazione italiana del salto con l'asta e verificare quanti e quali dei pilastri citati siano rispettati, partendo da un excursus storico e da un'analisi critica delle esperienze passate per giungere all'esposizione del lavoro intrapreso in questi ultimi anni, illustrato in alcuni grafici esplicativi. Un interessante contributo può arrivare dall'analisi dei fondi spesi dalle nazioni partecipanti all'indagine SPLISS, per lo sport di base e per quello di élite, evidenziati in appositi grafici. In particolare viene analizzata la situazione di alcune nazioni (Francia, Germania, Gran Bretagna, Stati Uniti).

Attraverso questa ricerca si può cercare di formulare una proposta sportiva integrata per il salto con l'asta, approfondendo lo studio dei 9

"pillars" SPLISS e verificando la loro integrazione nell'attuale modello dell'atletica italiana, proponendo una dettagliata analisi di ciascuno di essi.

L'elaborazione di un'ipotesi di modello tecnico-organizzativo nel salto con l'asta in Italia rappresenta il punto centrale di questo studio, il quale partendo dall'esperienza personale dell'autore enuncia diversi suggerimenti e proposte, partendo dalla necessità di adottare un metodo di didattica integrato che veda impegnati in uno sforzo coeso e condiviso tutti i protagonisti della crescita dell'atleta: tecnico, società, famiglia e successivamente Federazione, gruppo sportivo militare, manager e staff medico.

Il tema del reclutamento e scouting accompagna la crescita armonica del giovane atleta, fornendo come ausilio ai tecnici un quadro di sintesi, il quale per ogni categoria analizza le richieste e le conseguenti risposte.

Ricordati i prerequisiti di un saltatore con l'asta moderno e le condizioni strumentali e ambientali necessarie per allenare adeguatamente un saltatore con l'asta, si passano in rassegna tutti i mezzi di allenamento e le modalità del loro utilizzo nel corso della preparazione e della carriera di un atleta. Una tabella pone in relazione i mezzi di allenamento richiesti in funzione della loro importanza per ciascuna categoria agonistica, alla quale fa seguito l'elencazione dei punti chiave che stanno alla base della pianificazione di un allenamento pluriennale.

L'elaborato si conclude ribadendo l'importanza di "fare rete" tra tanti bravi tecnici che in Italia si stanno occupando con successo del salto con l'asta, creando al contempo nuove generazioni di atleti e di tecnici che si dedichino a questa stupenda specialità. Si sottolinea inoltre l'importanza di aggiornare il modello SPLISS, che per l'Italia (assente nella seconda indagine) presenta alcuni limiti e criticità.

**Giuliano Grandi**

## ABSTRACT

Come organizzare un settore specifico dell'atletica italiana? Come superare il concetto di 'modello tecnico' verso un più completo 'modello organizzativo'? Come integrare questo modello all'interno dell'organizzazione dell'atletica italiana? E infine: come mettere assieme tutti questi tasselli per una politica sportiva di successo nella specialità nel nostro paese?

Queste domande, che ritengo necessarie al fine di migliorare nel medio e lungo periodo la qualificazione degli atleti nella specialità del salto con l'asta e la loro consacrazione - da adulti - in un contesto internazionale, mi hanno spinto ad ampliare le mie conoscenze meramente 'tecniche' integrandole con skills manageriali, di coaching, di gestione e di organizzazione di un sistema sportivo.



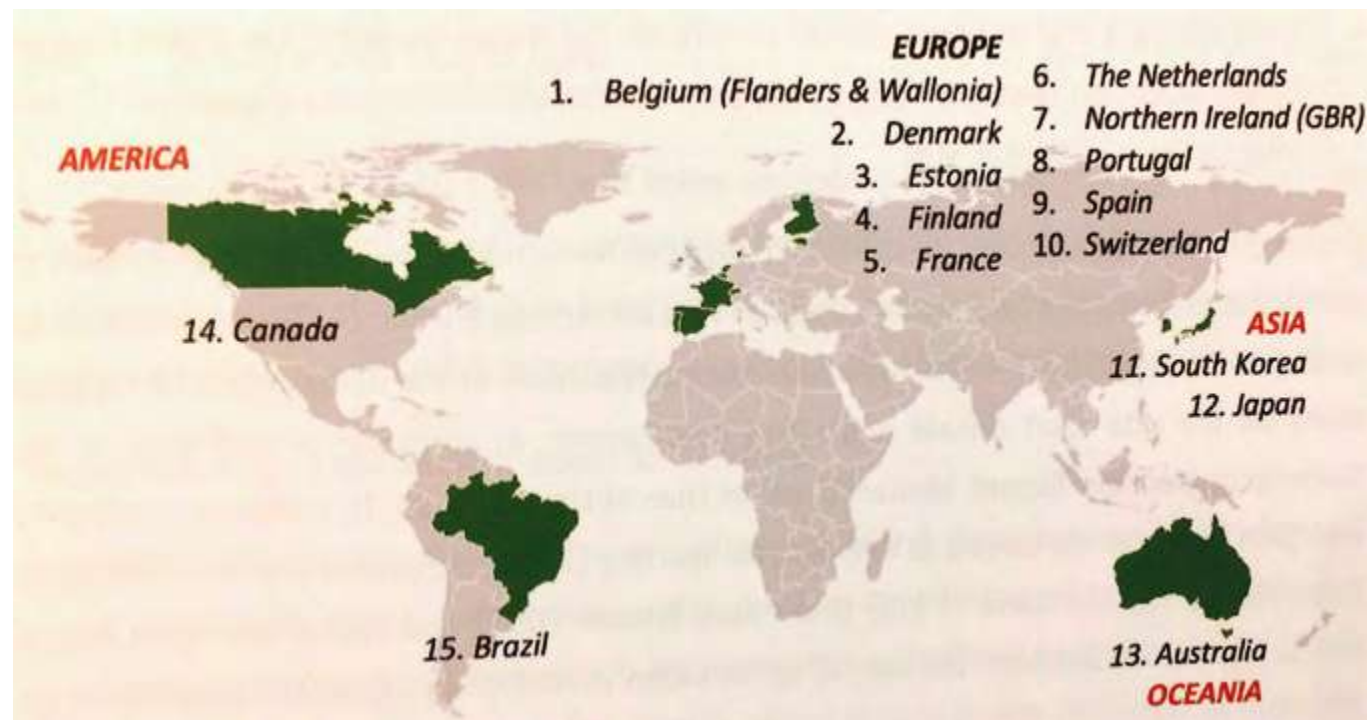


Foto 1: le nazioni e le regioni coinvolte nel progetto SPLISS 2.0 (De Boescher et al., 2006 e successivi adattamenti)

### INTRODUZIONE: IL MODELLO SPLISS

Alcune risposte a queste domande sono arrivate grazie allo studio ed al monitoraggio di politiche sportive efficaci, prendendo anche come esempio alcuni modelli esteri grazie al progetto SPLISS (Sport Policy factors Leading to International Sport Success - De Boescher et al., 2006-2015), studio internazionale nato nel 2006 e che nella sua versione 2.0 (pubblicata nel 2015) ha coinvolto e comparato 16 sistemi sportivi di 15 nazioni del mondo (Foto 1), attraverso il confronto di 3000 atleti, 1500 allenatori e 241 direttori tecnici.

Nella precedente versione 1.0 pubblicata nel 2006, tra le 7 nazioni/regioni coinvolte c'era anche l'Italia, che però non ha fatto parte della versione 2.0 del 2015.

Nation	Canada	Flanders	Italy	Netherlands	Norway	UK	Wallony
Athletes	132	140	0	421	55	279	63
No. of Sports	Unknown	21	0	59	18	29	24
Coaches	0	119	32	62	0	23	17
No. of Sports	0	22	18	30	0	16	9
Coordinators	11	26	0	28	0	0	6
No. of Sports	Unknown	25	0	28	0	0	5

Foto 2: i numeri delle nazioni e regioni coinvolte nel progetto SPLISS 1.0 (De Boescher et al., 2006)

SPLISS è stato un lavoro imponente ed approfondito il quale, pur spaziando tra le unicità di ogni sistema sportivo nazionale, ha avuto modo di unificare 9 fattori comuni (e fondamentali) per la riuscita di una buona politica sportiva:

1. Supporto finanziario
2. Governance, organizzazione e struttura
3. Larga partecipazione allo sport
4. Ricerca del talento, reclutamento, sviluppo e gestione del talento
5. Supporto sportivo, extra-sportivo e post-carriera
6. Training facilities e strutture
7. Formazione continua e supporto degli allenatori
8. Approccio, organizzazione e partecipazione agli eventi internazionali
9. Ricerca scientifica e innovazione: conoscenza, sviluppo e condivisione di informazioni

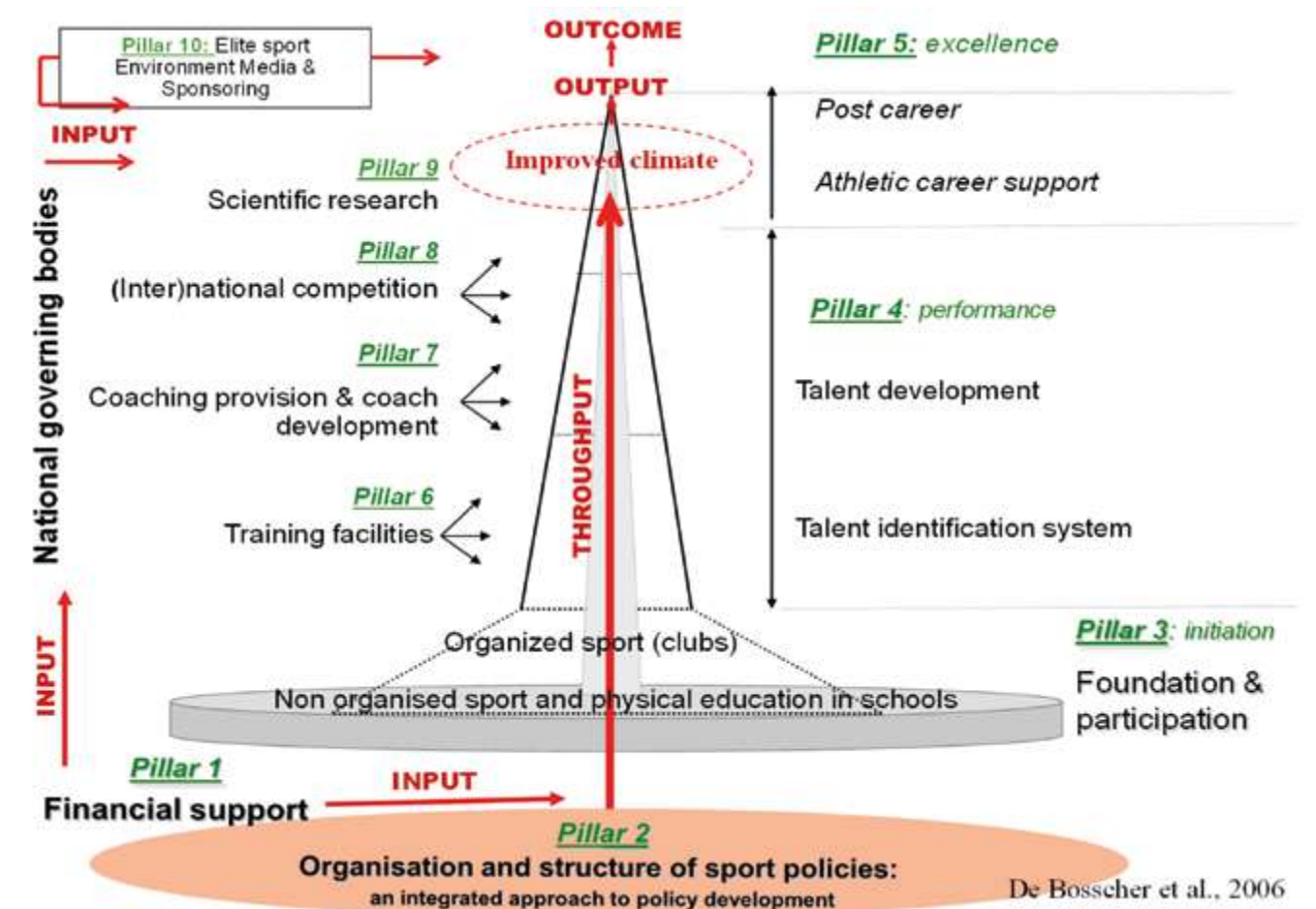


Foto 3: il modello teorico SPLISS con i 9 "pillars" che influenzano la politica sportiva (De Boescher et. al., 2006 e successivi adattamenti)

In Italia, ed in particolare nell'atletica leggera, ed ancor più in particolare nel settore del salto con l'asta, quante di queste condizioni sono soddisfatte? Dove siamo all'avanguardia? E dove si potrebbe migliorare?





**Foto 4:** Renato Dionisi, pioniere del salto con l'asta in Italia negli anni '60-'70. Ha portato il record italiano da 4,50 a 5,45 (Archivio L'Unità)

## 1. CONDIZIONI DI PARTENZA

### 1.1 CENNI STORICI

Il salto con l'asta, in Italia, non è mai stato nella storia una specialità della nostra atletica tale da aver creato una vera e propria 'scuola' ed una tradizione stabile come ad esempio in altri settori come la velocità, il mezzofondo, la marcia e la maratona, dove cultura e conoscenza sono state sempre portate avanti negli anni in maniera più o meno continuativa. Tuttavia, nella storia ci sono stati dei periodi piuttosto floridi del salto con l'asta italiano, a cominciare da quello a cavallo tra gli anni '60 e gli anni '70 che ha portato alla conquista di medaglie europee atleti come Aldo Righi e Renato Dionisi. Quest'ultimo è stato il vero e proprio "pioniere" della disciplina, migliorando dal 1964 al 1972 il record italiano di quasi un metro fino alla quota di 5,45, misura all'epoca che lo collocava nei primi 5 atleti del mondo. Già allora esisteva un progetto di accentramento tecnico incentrato sul polo federale di Formia, dove sotto la guida del prof. Ferdinando Jelli si sono poste ottime basi per la specialità. Tale modello, però, fu presto abbandonato. Una nuova svolta è arrivata nel 1991, quando l'allora CT Elio Locatelli portò in Italia Vitaly Petrov, già mentore e allenatore di Sergey Bubka. Con base a Formia e con Petrov allenatore di tutti i migliori italiani, in pochi anni sono arrivati tanti miglioramenti tecnici e prestativi, con il record italiano salito prima a 5,70 (Iapichino, 1994), poi a 5,75 (Pizzolato, 1997) e infine addirittura a 5,90 (Gibilisco, 2003), ma soprattutto un gruppo di atleti di buon livello capaci di ben figurare a livello internazionale. Giuseppe Gibilisco è stato senza dubbio il miglior "prodotto" della scuola italiana di Petrov, vincendo nel 2003 i Campionati mondiali di Parigi e, nell'anno successivo, cogliendo un prestigioso bronzo alle Olimpiadi di Atene, oltre che a partecipare a 3 edizioni dei Giochi olimpici tra il 2000 e il 2008. Oltre a lui, negli anni tra il 1991 e il 2005 si sono contati 8 atleti sopra la quota di 5,60, misura che

fino a pochi anni prima rappresentava il record italiano assoluto. Il modello tecnico sotto la guida di Petrov, fortemente centralizzato sulla sede di Formia dove gli atleti stazionavano in maniera quasi permanente, non ha avuto neppure questo la sua naturale continuità, aprendo dalla fine degli anni 2000 un lungo periodo di incertezza e discontinuità tecnica che ha portato ad un notevole declino dei risultati e del prestigio della specialità. Nel 2014 si è cercato di porre rimedio con la realizzazione di un modello tecnico per Poli di Sviluppo (FIDAL, 2014) che però non ha mai raggiunto la sua completa attuazione e soprattutto non ha dato i risultati sperati.

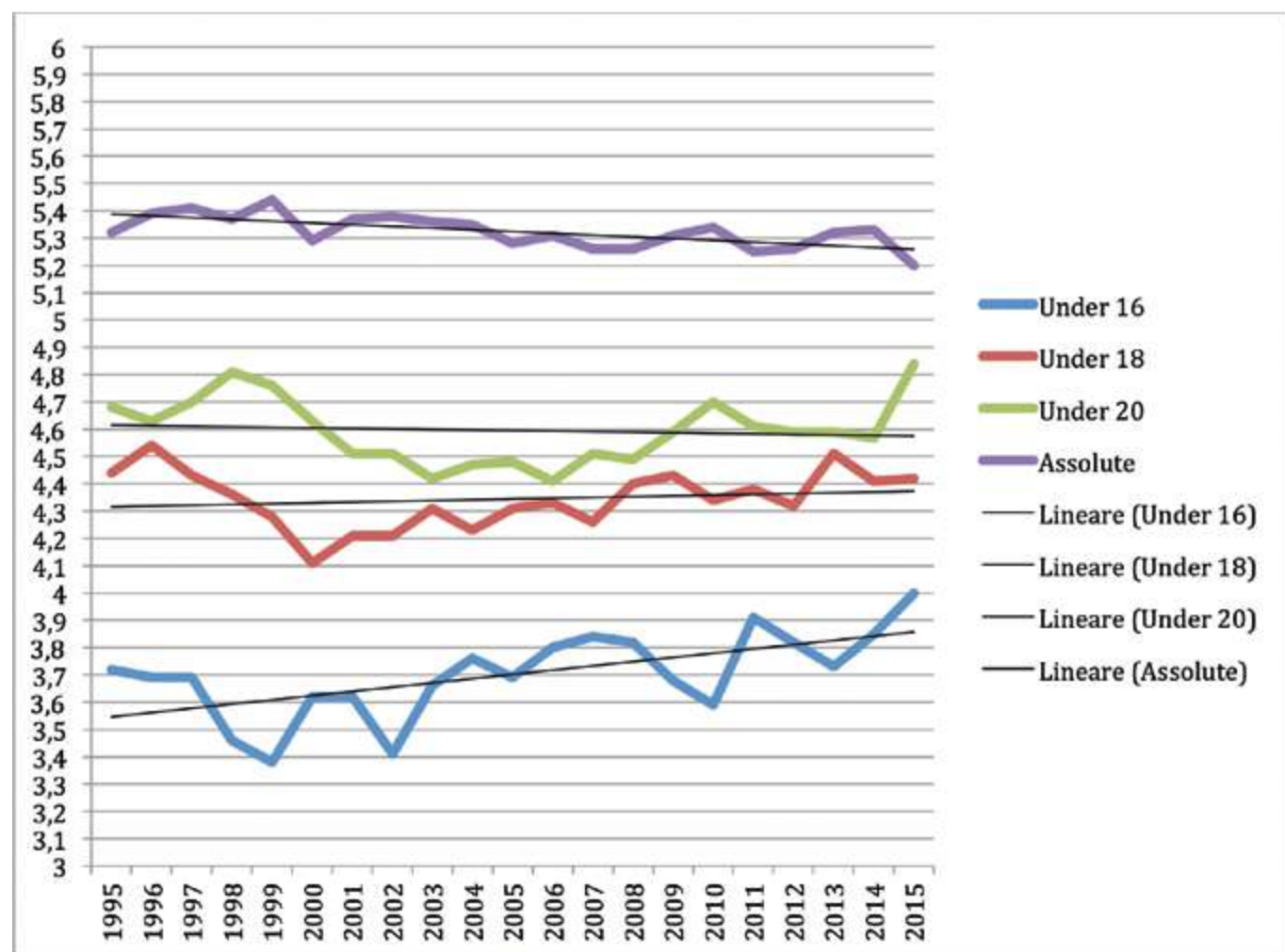


**Foto 5:** Giuseppe Gibilisco, campione mondiale di salto con l'asta nel 2003, con il suo tecnico Vitaly Petrov (Fidal)

### 1.2 ANALISI CRITICA

Il modello tecnico per Poli di Sviluppo ha portato di fatto ad una "provincializzazione" del settore con conseguenti risultati mediocri soprattutto tra le atlete e gli atleti adulti, scarsa continuità tecnica e grande dispersione di talenti. A livello giovanile le cose sono andate meglio grazie alle capacità di reclutamento e di costruzione di molti tecnici di settore sempre preparati e disponibili. A livello assoluto, dove si necessita di un'organizzazione e di una programmazione condivisa, non si riusciva però ad incidere in campo internazionale. Di seguito, una comparazione tra la media dei migliori 10 Under 16, Under 18, Under 20 e Assoluti del settore maschile dal 1995 al 2015.





Analizzammo dunque i dati della tabella dove si può evincere:

- Grande miglioramento della media dei risultati Under 16
- Leggero miglioramento della media dei risultati Under 18
- Sostanziale stagnazione della media dei risultati Under 20
- Progressivo peggioramento della media risultati Assoluti

Provammo dunque a porci alcune domande:

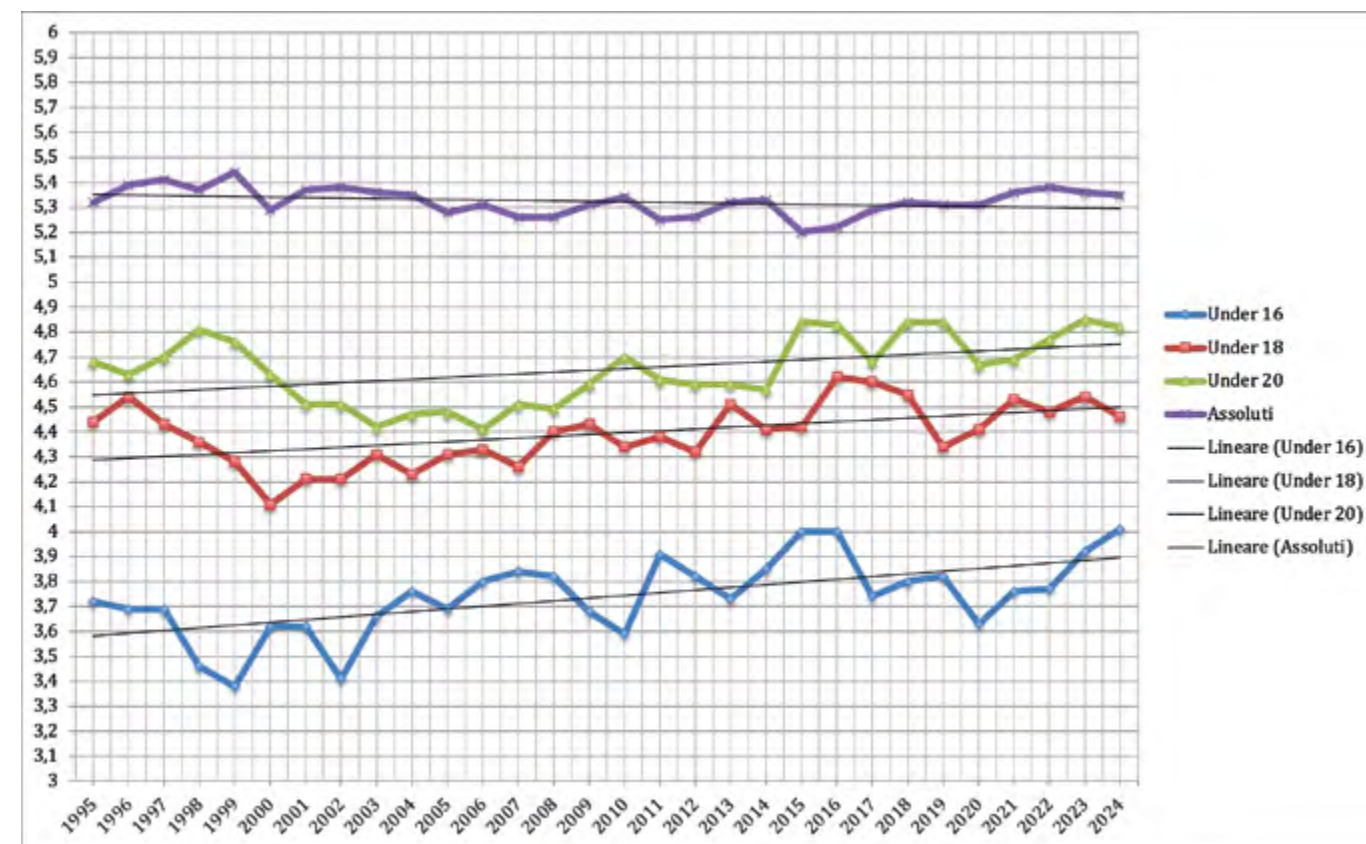
- Cos'è che non funziona a livello assoluto?
- Non è che chiediamo troppo ai nostri atleti da giovani?
- Come possiamo lavorare sulla variazione di alcune delle tendenze del grafico?
- Esiste un modello di sviluppo che va dal reclutamento fino all'elevata qualificazione?

### 1.3 COSA È SUCCESSO DOPO QUALCHE ANNO

Analizzando i dati precedenti, ci siamo messi subito a lavoro su quelle che potevano essere i vulnus nel settore, e mettendo in atto quindi un grande lavoro di formazione e sensibilizzazione sui tecnici del settore, dai giovanissimi fino all'alta qualificazione, dove abbiamo trovato sin da subito il supporto dei Gruppi Sportivi Militari, dei manager e soprattutto della Federazione stessa al fine di non disperdere atlete e atleti già pronti per il palcoscenico internazionale. Sintetizzando:

- Massima attenzione sul reclutamento
- Supporto ai tecnici di base sulla formazione ed il coinvolgimento ad attività condivise
- Focus sulla tecnica accurata e sul condizionamento generale negli atleti delle categorie giovanili
- Focus sul massimo supporto alla performance nelle categorie assolute

Questo il grafico al 2024:



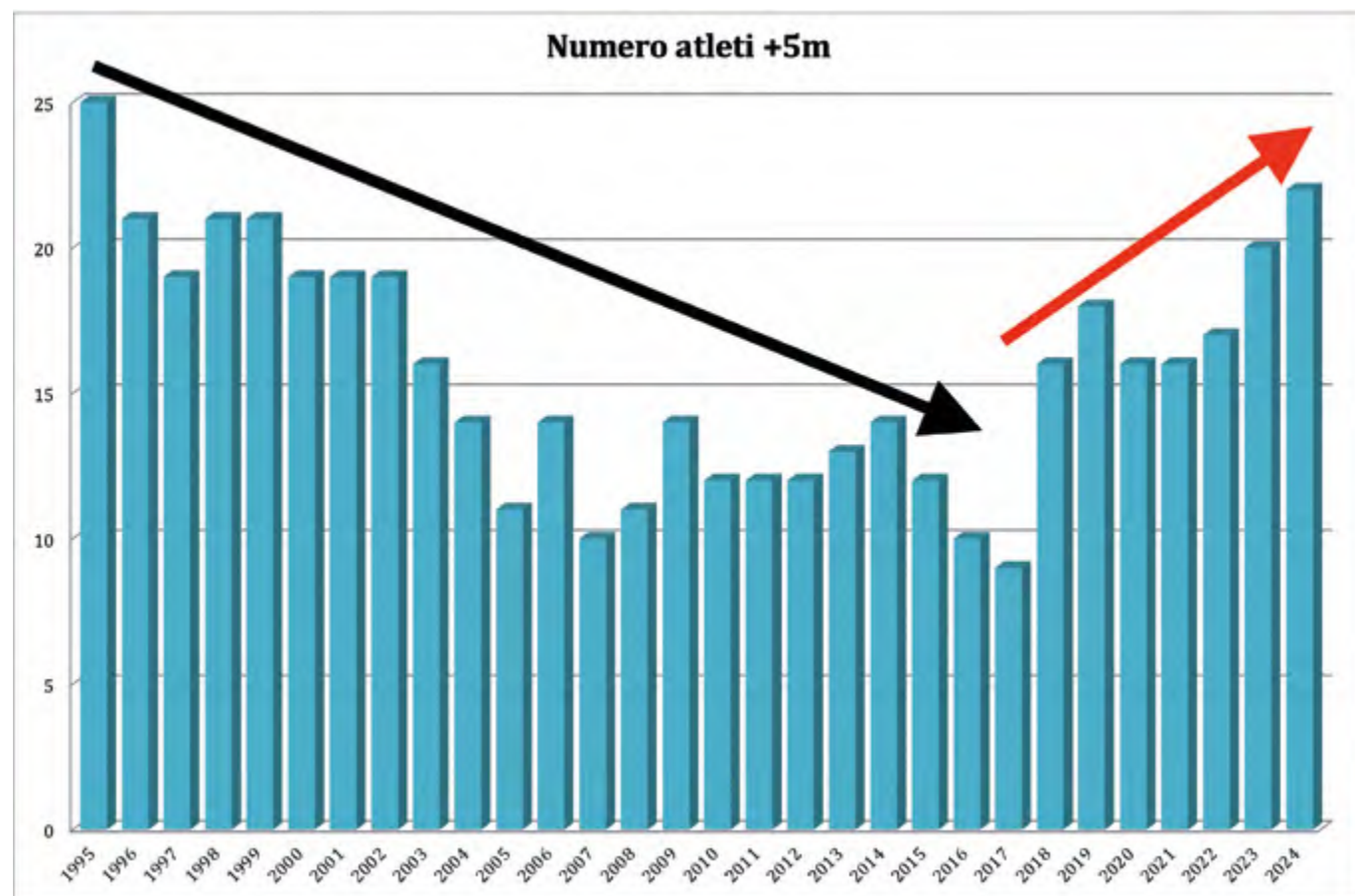
Da quel che si evince rispetto agli anni precedenti abbiamo:

- Continuato a progredire, in maniera più graduale, su Under 16 e Under 18
- Passati da stagnazione a progressione per gli Under 20
- Praticamente arrestato il peggioramento della media degli Assoluti



Elisa Molinarolo





In questo ulteriore grafico, si può notare l'inversione di tendenza del numero di atleti che ogni anno hanno superato almeno una volta i 5m: una misura che – al maschile – non ha alcuna valenza internazionale, ma rappresenta una sorta di indice di consistenza del settore.

Va sottolineato di come i grafici, in questo studio, siano stati presi solamente dal settore maschile in quanto tra le donne mancano ancora molti dati 'storici' (la specialità è stata introdotta solo nel 1995) per rendere verosimile la ricerca.

#### 1.4 MODELLI ORGANIZZATIVI DI ALCUNE NAZIONI

Grazie ai molti contatti internazionali maturati in questi anni e quindi alle testimonianze di tecnici e dirigenti, ma anche alla conoscenza della storia della specialità, siamo riusciti a ricostruire un quadro generale sulla situazione economica, organizzativa e tecnica di alcune nazioni leader oppure a noi affini, riferite appunto alla specialità del salto con l'asta. Se ne ricavano quadri abbastanza differenti ma altrettanto interessanti su come impostare un progetto organico.

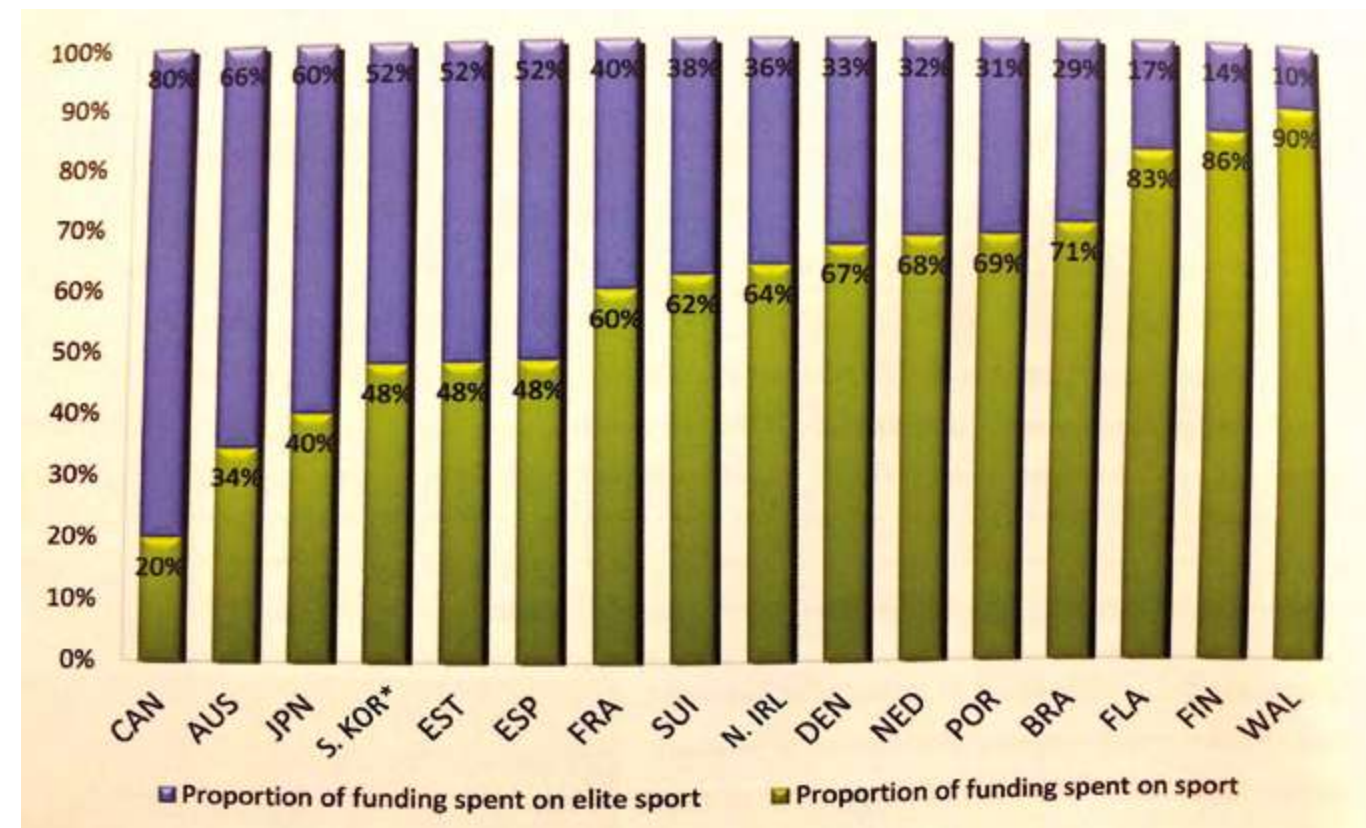


Foto 6: proporzione tra investimenti nello sport di élite e nello sport di base nelle nazioni SPLISS 2.0 (De Boescher et. al., 2006)

**Francia.** E' la nazione a noi più vicina, anche culturalmente. Qui, però, *le saut à la perche* è una vera e propria religione. La specialità ha cominciato a svilupparsi negli anni '60 in ambienti universitari, per poi salire alla ribalta all'alba degli anni '80 grazie al prezioso lavoro tecnico di Jean-Claude Perrin e Maurice Houvion, due allenatori con formazione assai differente, ma la cui unione tecnica ha fatto le fortune della Francia<sup>1</sup>. Da lì sono arrivati tre titoli olimpici (Quinon 1984, Galfione 1996, Lavillenie 2012) e soprattutto un'organizzazione del settore solida e capillare. All'interno della struttura tecnica della Federazione francese, dove esistono circa 100 allenatori professionisti pagati direttamente dallo Stato ma arrivati attraverso un processo tecnico e di studi piuttosto selettivo, nel salto con l'asta sussistono una decina di poli di sviluppo sparsi su tutto il territorio nazionale. Negli ultimi anni, sulla scorta dei grandi risultati di Renaud Lavillenie, il polo tecnico di Clermont-Ferrand è divenuto il cardine del salto con l'asta francese, sotto la guida del tecnico Philippe D'Encausse.

**Germania.** Il salto con l'asta in Germania, nonostante la vittoria olimpica dell'allora tedesco dell'Est Wolfgang Nordwig nel 1972, non ha mai goduto di grande tradizione, almeno sino alla metà degli anni '90. In quel periodo, sotto la spinta di tecnici come Herbert Czingon, Leszek Klima e Vladimir Rzyzh, la specialità ha avuto un'improvvisa impennata sia a livello maschile che femminile, restando al top mondiale fino ai giorni nostri. In Germania, i poli tecnici sono essenzialmente tre (Saarbruecken, Leverkusen e Colonia) e si appoggiano a società private, alcune delle quali polisportive (es. Bayer Leverkusen). Per quanto riguarda gli atleti, il sistema professionistico in Germania ha una modalità mista, con la Federazione tedesca che provvede ad elargire borse di studio ed assistenza in maniera progressiva secondo squadre (Kader) di merito di cui si fa parte (A, B, C o D-C), nelle quali vengono già compresi i migliori atleti Under 18 in prospettiva.<sup>2</sup> Com'è ovvio, a seconda dei risultati si sale e si scende ogni anno di rango, e di conseguenza sale e scende l'assistenza. Alcuni atleti fanno parte di squadre militari o di polizia (retaggio dell'ex Germania Est), ma resta un'opzione poco praticata. Discreto l'apporto di sponsor tecnici e generalisti.

<sup>1</sup> Roberto Quercetani, Storia dell'Atletica Mondiale 1860-2000

<sup>2</sup> <https://www.leichtathletik.de/nationalmannschaft/dlv-bundeskader/>



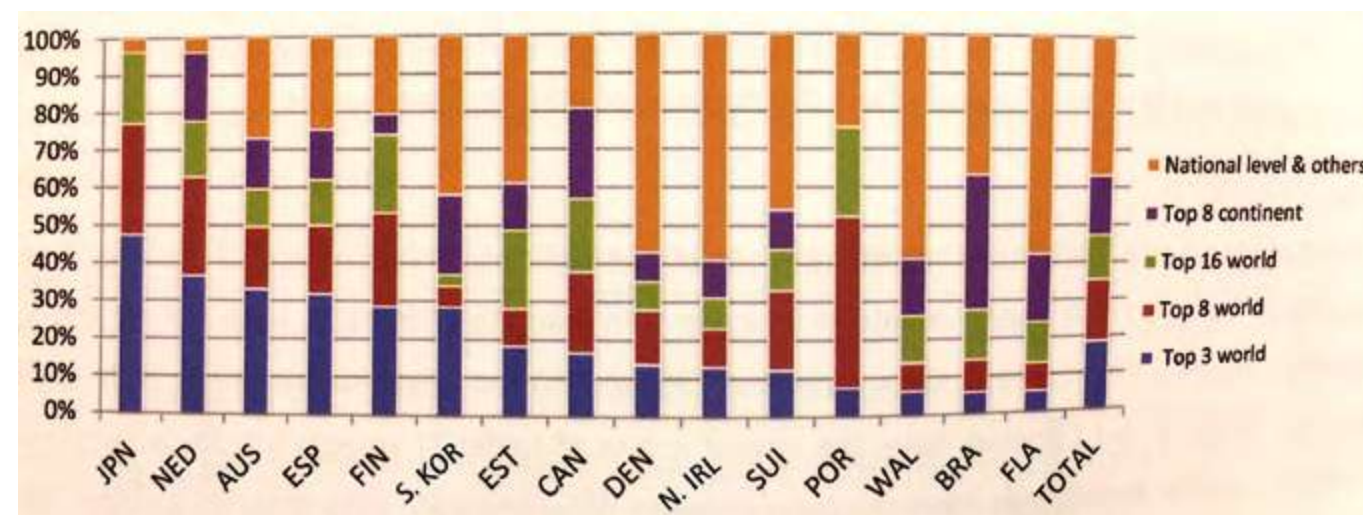
Nation	Medal Table Position	Total Medals	Points (3,2,1)	Market Share %
United Kingdom	Same	Better	Worse	Worse
Canada	Better	Worse	Better	Better
Italy	Worse	Worse	Worse	Worse
Norway	Better	Worse	Worse	Worse
The Netherlands	Worse	Worse	Worse	Worse
Belgium	Better	Worse	Worse	Worse

**Foto 7: cambiamenti di performance (secondo vari sistemi di misurazione) di alcune nazioni tra 2000 e 2004 (SPLISS 1.0, De Boescher et al., 2006)**

**Gran Bretagna.** Il modello inglese è stato molto in voga durante gli anni '10, strettamente legato all'investimento sulle Olimpiadi di Londra 2012. In generale, il modello inglese è piuttosto semplice: finanziare chi vince o progredisce, togliere a chi non ottiene risultati. Le fondamenta finanziarie sono costituite da un fondo chiamato Uk Sport, finanziato in gran parte con gli introiti della lotteria nazionale ma anche da istituzioni private, e che ultimamente ha perso un po' di forza. All'inizio di ogni quadriennio olimpico UK Sport stabilisce quali e quanti fondi vanno dati a ciascuna federazione e quali sono gli obiettivi da raggiungere. All'interno di ciascuna disciplina sportiva, le varie federazioni si riservano di scegliere quali atleti seguire economicamente ed in che termine, ovviamente all'interno di programmazioni condivise con i settori tecnici, scelta di gare ed obiettivi tecnici chiari<sup>3</sup>. Il recruiting di allenatori professionisti a contratto (presi attraverso concorsi pubblici ed aperti anche a tecnici stranieri) completa un quadro piuttosto virtuoso. Nello specifico del salto con l'asta, si può dire che fino a metà degli anni 2000 la specialità era totalmente ignorata, ma l'ingaggio di tecnici di alto livello prima (l'esperto australiano Steve Rippon) e le crescita di tecnici autoctoni poi (Scott Simpson), ha permesso una crescita generale della specialità.

**USA.** Negli Stati Uniti non esiste un vero e proprio modello di sviluppo, tale è la vastità della nazione, e conseguente è la varietà di sistemi di allenamento soprattutto nel salto con l'asta. In generale, come è risaputo, per fare attività di alto livello negli USA ci si appoggia alle università oppure si firma un contratto da professionisti della durata di 1-4 anni con gli sponsor tecnici. Tutto il resto è pagato da sponsor privati e dagli ingaggi dei meeting. Nello specifico del salto con l'asta, non esiste come detto una "scuola" USA e con essa un unico modello tecnico e programmatico, nonostante la grande tradizione che legghi questa nazione alla disciplina (basti ricordare che gli USA hanno vinte tutte le Olimpiadi nel salto con l'asta maschile fino al 1972, e poi ancora nel 2000 e nel 2004, ed a livello femminile nel 2000 e nel 2012 e poi ancora nel 2021). Sono proprio soprattutto i grandi ex saltatori con l'asta (come ad esempio Jeff Hartwig, Earl Bell, Derek Miles, Brad Walker, Lawrence Johnson e Stacy Dragila) a fare da guida tecnica ai migliori atleti, spesso appoggiandosi alle strutture dei college, ma che hanno portato ad un grande fermento della specialità negli ultimi anni, in particolar modo a livello femminile.

<sup>3</sup> <http://www.uksport.gov.uk>



**Foto 8: Percentuale di successo degli atleti di alto livello nei paesi SPLISS 2.0 (De Boescher et. al., 2006)**



**Foto 9: Francesco Ambrogio, Andrea Giannini, Fabio Pizzolato e Vitaly Petrov in raduno nel 1997 (archivio Andrea Giannini)**

## 2. IDEE DI BUONA POLITICA SPORTIVA NELL'ATLETICA LEGGERA

### 2.1 METODOLOGIA DELLA RICERCA

Un sistema sportivo è unico perché è legato alla cultura e alla società del proprio paese, ma possiamo mettere a confronto i risultati delle organizzazioni sportive utilizzando la ricerca basata sulle risorse in grado di sviluppare un sistema competitivo, e successivamente provare a formulare una proposta specifica. Grazie al modello SPLISS si è potuti andare oltre, affiancando ad un modello meramente 'economico' diversi tipi di dati in modo da migliorare la qualità della ricerca. Il modello SPLISS è un confronto sulle alte prestazioni, nato con lo scopo di ricercare quali fattori possono portare i paesi al successo sportivo internazionale (ad esempio Olimpiadi, Paralimpiadi, Campionati mondiali). Tale modello si basa su un'idea di competitività che viene abitualmente utilizzata in studi economici. Il modello SPLISS, come detto, è un modello costituito da nove pilastri che vanno sempre valutati da parte degli stakeholders: atleti, allenatori, direttori tecnici, dirigenti. Attraverso lo studio e l'approfondimento dei "pillars" SPLISS e la loro integrazione nell'attuale modello dell'atletica italiana, si può di conseguenza formulare una proposta sportiva integrata nella disciplina, con particolare riferimento alla specialità del salto con l'asta.

## 2.2 SUPPORTO FINANZIARIO

Secondo il modello attuale, in Italia i migliori atleti delle categorie assolute (ma non solo) sono supportati dallo Stato attraverso i Gruppi Sportivi Militari. Il modello si è standardizzato nella metà degli anni '90, quando il declino del finanziamento da Totocalcio ha mandato in crisi il sistema delle società civili, che fino a quel momento riuscivano a supportare finanziariamente gli atleti, e allo stesso tempo le FSN che erano l'altra fonte di supporto alla pratica professionistica dell'atletica leggera. Il ruolo delle società militari, fondamentale ancora di salvataggio dell'atletica negli ultimi lustri, presenta però numerose criticità, essendo non strettamente "meritocratico" in quanto tende a portare allo stesso trattamento economico atleti di livello diverso, penalizzando allo stesso tempo chi resta al di fuori dello stesso sistema. Il problema si acuisce se riportato sui tecnici personali, spesso fuori dai GSM e quindi da ogni tipo di finanziamento permanente. In questo, la FIDAL negli ultimi anni è prontamente intervenuta erogando borse di studio annuali o biennali su vari livelli, equamente ripartite tra atleti e tecnici, in modo tale da riequilibrare il sistema e rendere più centrale l'importante figura del tecnico personale.

## 2.3 GOVERNANCE, ORGANIZZAZIONE E STRUTTURA

La FIDAL, dopo aver attraversato negli anni "10 una fase di forte ristrutturazione dell'area tecnica e non solo, è diventata adesso un partner strategico per la crescita e il supporto delle atlete e degli atleti di livello internazionale. Abolito il vetusto modello tecnico per Poli di Sviluppo (vedi 1.2), il Settore Tecnico Nazionale è tornato ad essere centrale attraverso la Direzione Tecnica, ma anche Responsabili di settore e di specialità. Questi ultimi mantengono adesso un filo diretto con i migliori atleti ed i loro tecnici personali, fornendo non solo supporto tecnico e programmatico ma anche logistico e organizzativo, lavorando per obiettivi anche a medio e lungo termine attraverso una visione più ampia e completa della specialità. Sono di fatto degli advisor che fanno sì che atleti (e tecnici) siano messi nelle migliori condizioni per allenarsi e performare.

## 2.4 LARGA PARTECIPAZIONE ALLO SPORT

Com'è ovvio, la partecipazione all'attività sportiva è ancora affidata alla scuola (nonostante le restrizioni degli ultimi anni sui Gruppi Sportivi Scolastici) e alle società sportive. Il ruolo, va da sé, dev'essere in primis educativo e sociale, l'attività multilaterale, multidisciplinare e ludica, e solo in secondo luogo (e in un secondo momento) tesa all'evento agonistico. Tuttavia, anche in questo caso, si fatica a distinguere il ruolo delle singole società, efficaci nel reclutamento e nella gestione dei giovani ma poi spesso incapaci di portare alcuni giovani talenti su alti livelli.

## 2.5 RICERCA DEL TALENTO, RECLUTAMENTO, SVILUPPO E GESTIONE DEL TALENTO

Secondo il modello attuale, il reclutamento è affidato in primis alla scuola e alle singole società sportive. Un modello che, nonostante le continue restrizioni sui Gruppi Sportivi Scolastici, continua a portare attorno ai 100.000 tesserati (dati 2023-24) nei settori promozionali Under 13 e Under 15. Il dato va senza dubbio letto positivamente e conferma l'ottimo ruolo delle società e delle scuole nel reclutare giovani nella pratica dell'atletica leggera. C'è poi bisogno di un piano strategico che limiti il drop-out e che soprattutto accompagni i giovani talenti (e i loro tecnici) verso la possibilità di intraprendere una carriera di alto livello. Una vera e propria "cabina di regia" che, nel caso del salto con l'asta, cercherà di spiegare nel capitolo successivo.

## 2.6 SUPPORTO SPORTIVO, EXTRA-SPORTIVO E POST-CARRIERA

Fondamentale, in questo caso, il ruolo dei Gruppi Sportivi Militari che garantiscono una professione post-atletica a tutti i loro atleti tesserati. Tuttavia, a parte qualche rarissima eccezione, in Italia mancano forti connessioni tra sport di alto livello e mondo universitario e lavorativo, non sussistendo binari paralleli tra pratica dell'atletica a medio/alto livello e studio/lavoro. I Centri Sportivi Universitari rivestono un ruolo marginale in questo processo, occupandosi ormai soprattutto di reclutamento dei più giovani, anche se negli ultimi anni sono stati avviati alcuni buoni piani di dual career per atleti/studenti o atleti/lavoratori.

## 2.7 TRAINING FACILITIES E STRUTTURE

L'Italia, grazie anche al clima spesso favorevole, è stata sin dagli anni '60 un punto di riferimento dell'atletica mondiale, grazie anche ai Centri Federali di Formia, Tirrenia e Schio, posti in maniera piuttosto strategica nella geografia del nostro territorio nazionale. L'obiettivo è tenere vive e baricentriche queste strutture, mantenendole come riferimento didattico e culturale, ma anche quello di alcune strutture dove ci sono particolari condizioni favorevoli, tecniche e strutturali, nella specificità della disciplina (nel caso del salto con l'asta: il Palaindoor di Padova, il Centro Sportivo di Castelporziano o l'indoor di Modena).

## 2.8 FORMAZIONE CONTINUA E SUPPORTO DEGLI ALLENATORI

La FIDAL, negli ultimi anni, dopo un lungo periodo di stasi ha riattivato appieno la formazione dei tecnici, soprattutto per quanto riguarda i Corsi di Tecnico Allenatore (II livello) e Tecnico Specialista (III livello), organizzati appunto da FIDAL Nazionale. Tutto questo, coinvolgendo la Struttura Tecnica Nazionale anche in qualità di docenti, sta dando il suo contributo alla formazione ed al perfezionamento di molti tecnici del territorio di qualsiasi livello. La strada da tenere è questa, con due raccomandazioni: passare sempre più "dall'aula al campo" ed ipotizzare una sorta di "formazione continua obbligatoria" sul modello di altre federazioni sportive nazionali. Senza dimenticare che questo elaborato non esisterebbe se, nel 2016, non fosse stato creato uno specifico corso di IV Livello organizzato assieme da CONI e FIDAL e che ha portato all'alta specializzazione molti tecnici italiani.

## 2.9 APPROCCIO, ORGANIZZAZIONE E PARTECIPAZIONE AGLI EVENTI INTERNAZIONALI

L'obiettivo è stato sin dall'inizio quello di "sprovvincializzare" la nostra atletica, con particolare riferimento alla specialità del salto con l'asta qualche anno fa molto chiusa su se stessa e poco invisa a nuove sperimentazioni, oggi invece molto più dinamica e aperta, grazie soprattutto ad una nuova generazione di tecnici molto capaci e preparati. Conoscenza delle lingue, dell'informatica, delle nuove strategie di comunicazione e di coaching sono condizioni ormai fondamentali per potersi affacciare nei consessi internazionali. L'obiettivo è creare consapevolezza negli atleti e nei loro tecnici di poter essere competitivi prima sul campo, ma anche in altri territori strettamente correlati alla mera performance sportiva. Allo stesso tempo, creare planning condivisi tra Federazione, coordinatori, tecnici ed atleti per pianificare al meglio gli obiettivi internazionali.

## 2.10 RICERCA SCIENTIFICA E INNOVAZIONE: CONOSCENZA, SVILUPPO E CONDIVISIONE DI INFORMAZIONI

Grazie all'opera del Centro Studi ed all'attivazione dei corsi enunciati al punto 2.8, la FIDAL e il CONI sono da sempre in prima linea per quanto riguarda la ricerca scientifica e la sua conseguente applicazione sul campo. Spingere sulla ricerca, la conoscenza, la formazione e lo sviluppo è condizione necessaria e come tale va perseguita e continuata in maniera sempre più approfondita, coinvolgendo anche i singoli allenatori in ricerche e pubblicazioni scientifiche, e allo stesso tempo spingersi all'innovazione attraverso le nuove tecnologie.



Foto 10: Yelena Isinbayeva, primatista del mondo nel salto con l'asta femminile con 5.06 e due volte campionessa olimpica (Archivio World Athletics)





Foto 11: Sergey Bubka, 35 primati del mondo nell'asta dal 1984 al 1994 (Archivio World Athletics)

### 3. IPOTESI DI MODELLO TECNICO-ORGANIZZATIVO NEL SALTO CON L'ASTA IN ITALIA

#### 3.1 PREMESSA

Gestire una specialità tecnicamente complessa come il salto con l'asta è già di per sé un compito non certo semplice; accompagnare un atleta (o un gruppo di atleti) nella sua crescita e nella sua evoluzione tecnica, strutturale e psicologica è soprattutto una scommessa, ma allo stesso modo un'esperienza impegnativa ma che può rivelarsi esaltante, unica e formativa per l'atleta e l'allenatore stesso.

#### 3.2 LA MIA ESPERIENZA PERSONALE

Il mio ventennale trascorso da atleta di livello internazionale è senza dubbio un bagaglio ricco quanto ingombrante, ma doveva (e deve) essere necessariamente integrato con altri percorsi nuovi e differenziati, al fine di ampliare più possibile le mie conoscenze teoriche e pratiche, non solo relate alla specialità del salto con l'asta. Allo stesso modo, tecniche e strategie evolvono in continuazione, rendendo necessaria una continua formazione.

#### 3.3 OBIETTIVO: IMPARARE A SALTARE CON L'ASTA IN UN SISTEMA REALMENTE INTEGRATO

Il salto con l'asta è definito come una delle più difficili specialità dell'intero scibile sportivo, e richiede perciò un'estrema accuratezza nella tecnica di esecuzione, da sviluppare sin dalle categorie giovanili (cosa che non vuol dire affatto specializzazione precoce). Una tecnica che dev'essere costruita con pazienza e con dovizia ma in maniera sin da subito accurata e approfondita, all'interno di una programmazione varia ed equilibrata e a sua volta di un sistema perfetto che vede al suo interno tecnico, società, famiglia e successivamente Fe-

derazione, Gruppo Sportivo Militare, manager e staff medico. L'obiettivo dev'essere altresì quello di fornire al proprio atleta i migliori strumenti per dare il massimo di se stesso, ed allo stesso tempo crescere in un ambiente costruttivo, motivante e confortevole.

#### 3.4 RECLUTAMENTO E SCOUTING

Come già accennato nel punto 2.4, il reclutamento verso l'atletica leggera funziona piuttosto bene, seguendo un trend positivo di tesserati nel settore promozionale negli ultimi anni. Un lavoro svolto spesso e volentieri in maniera esemplare da parte delle società sportive, che si relazionano sovente con il mondo della scuola e integrano il modello sportivo con quello ludico-motorio e sociale attraverso l'esempio dei Centri di Avviamento allo Sport. Tuttavia, il reclutamento necessita di essere rafforzato attraverso l'assaggio di tutte le specialità dell'atletica leggera, anche quelle più tecniche come appunto il salto con l'asta. Qui entra in gioco la conoscenza tecnica da parte di allenatori e educatori, che devono essere bravi ad offrire un portfolio di attività approfondito e dettagliato, sempre ovviamente in forma ludica e didattica. Successivamente, al termine delle categorie promozionali si può pensare di convogliare i giovani atleti verso una specialità (o meglio, un gruppo di specialità) e cominciare a lavorare sulla tecnica analitica e fine. Allo stesso tempo, la Federazione potrebbe avviare un vero e proprio progetto di scouting, anche attraverso le sue strutture tecniche regionali, al fine di individuare i talenti del futuro ed istruire i loro tecnici verso una buona pratica di crescita tecnica, fisica e mentale. Un vero e proprio progetto proprio come avviene negli sport americani e, in Italia, nei maggiori sport di squadra. In questo caso, i tecnici personali devono condividere relazioni tecniche sui propri atleti con quelli messi a disposizione della Federazione, con questi ultimi che devono monitorare l'andamento degli atleti ed aiutarli a crescere, evitando spiacevoli fenomeni di performances precoce e/o drop-out.





### 3.5 UNA CRESCITA ARMONICA

Nelle tappe evolutive di un giovane atleta nulla dev'essere lasciato al caso, e la sua crescita fisica e tecnica dev'essere in linea con i mezzi pedagogici, didattici e sociali messi a sua disposizione. Anno dopo anno, categoria dopo categoria, le esigenze sono diverse come del resto le risposte che tecnico ed educatore devono dare. Eccone un quadro di sintesi:

Categoria	Richieste	Risposte
<b>Under 12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conoscenza del proprio corpo nello spazio</li> <li>Socializzazione</li> <li>Rudimenti di preacrobatica generale</li> <li>Voglia di scoprire nuovi giochi/specialità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Giochi sportivi</li> <li>Approccio a specialità dell'atletica leggera e dei giochi sportivi</li> <li>Approccio generale all'acrobatica</li> <li>Elementi di salto con l'asta (asta rigida, piccole aste flessibili, salti in sabbia, etc.)</li> </ul>
<b>Under 14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordinazione grezza/fine</li> <li>Rafforzamento della personalità</li> <li>Conoscenza più approfondita delle specialità</li> <li>Voglia di scoprire/approfondire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lavori generali e specifici sulla coordinazione</li> <li>Approccio più approfondito alle specialità</li> <li>Gesto del salto con l'asta più approfondito (materasso, salti asta flessa)</li> </ul>
<b>Under 16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prime competizioni</li> <li>Richiesta tecnica maggiore</li> <li>Prevenzione specializzazione precoce e drop-out</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costruzione prime strategie di gara</li> <li>Programmidi allenamento delineati e precisi</li> <li>Precisione della tecnica</li> <li>Continuare con varie specialità, prove multiple</li> </ul>
<b>Under 18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maggiore richiesta allenamento</li> <li>Responsabilizzazione</li> <li>Lavorare sulla tecnica e sulla coordinazione specifica dei gesti tecnici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costruzione primi piani di allenamento mirati</li> <li>Lavorare per obiettivi, costanza, coerenza</li> <li>Mezzi di allenamento specifici e analitici</li> <li>Focus sulla tecnica</li> </ul>
<b>Under 20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definitiva specializzazione</li> <li>Stabilizzazione tecnica</li> <li>Competizioni internazionali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scelta definitiva di carriera</li> <li>Lavoro su mezzi generali, specifici e analitici</li> <li>Periodizzazione strutturata per obiettivi</li> <li>Controllo tecnico</li> </ul>
<b>Senior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mezzi fisici</li> <li>Stabilizzazione fisico-tecnica</li> <li>Stabilizzazione personale</li> <li>Definizione obiettivi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lavoro approfondito sui mezzi tecnici e fisici</li> <li>Lavoro specifico su obiettivi fisici e/o tecnici e programmazione mirata per obiettivi</li> <li>Controllo tecnico accurato</li> <li>Rapporto con manager, staff medico, società, università: obiettivi condivisi</li> </ul>

### 3.6 I PREREQUISITI DI UN SALTATORE CON L'ASTA "FUTURIBILE"

- Ottime capacità di corsa (ritmo, velocità)
- Buone capacità di stacco (coordinazione, reattività)
- Propensione all'acrobatica
- Buona forza generale, soprattutto per quanto riguarda gli arti superiori
- Flessibilità e mobilità articolare, soprattutto del cingolo scapolo-omeroale
- Disponibilità mentale nella risoluzione di problemi tecnici complessi
- Disponibilità mentale ad intraprendere un percorso di medio-lungo periodo

La letteratura racconta che la migliore età per iniziare il salto con l'asta è attorno agli 11-12 anni, ovviamente integrandolo ad altre specialità dell'atletica leggera. A questa età il giovane atleta ha raggiunto di solito un ottimo livello di capacità coordinative e schemi motori consolidati, ha un'ottima propensione per l'acrobaticità e per le attività più "spericolate" e infine, cosa ancor più vantaggiosa, la forza è assai poco o per nulla sviluppata, non essendo ancora stato raggiunto, nella maggior parte dei casi, lo sviluppo puberale. Ci sono però numerose eccezioni. A livello femminile, infatti, capita sempre più spesso di trovare ex-ginnaste che arrivano al salto con l'asta in età tarda, spesso perché "in uscita" dalla loro disciplina sportiva che è invece molto precocizzante. Queste atlete hanno in genere poche capacità di corsa (non avendola mai allenata) ma grande disponibilità all'allenamento e velocità di apprendimento in un gesto la cui costruzione ha molti punti in comune con la preparazione della ginnastica. E' chiaro che, in quel caso come in molti altri, bisognerà adattare la preparazione a seconda delle esigenze costruendo, oltre ad un buon salto globale, una capacità ritmica e di efficienza della rincorsa.

### 3.7 STRUMENTI NECESSARI PER L'ALLENAMENTO DEL SALTO CON L'ASTA

- Strutture: pedana di salto con l'asta (meglio se anche al coperto), attrezzi per la ginnastica, pista, pedane e palestra per la muscolazione, aste di vario tipo
- Disponibilità di tempo dell'allenatore, anche nel lungo periodo
- Capacità tecnica dell'allenatore ("insegnare" il gesto e "costruire" la condizione fisica)
- Ambiente favorevole, da condividere con altri compagni/gruppi soprattutto nelle categorie giovanili
- Motivazioni dell'atleta nel raggiungimento dei vari obiettivi

### 3.8 I MEZZI DI ALLENAMENTO: UN QUADRO SINTETICO

**3.8.1 TECNICA DEL SALTO CON L'ASTA** In un saltatore con l'asta l'allenamento della tecnica di esecuzione del salto rappresenta l'elemento più importante di tutta la programmazione. È chiaro, quindi, che il lavoro di tecnica sia oggetto di un continuo studio minuzioso dei movimenti, gesti assai complessi e difficilmente assimilabili tra loro, da parte dell'atleta e del suo allenatore in tutta la loro carriera. Si utilizzeranno mezzi sia generali (salti con rincorse varie e con asta flessa o asta rigida) sia elementi più analitici (parti specifiche del salto isolate ed imitate a diverse velocità) a seconda della categoria, del periodo e delle esigenze specifiche dell'atleta. In tal caso, è sempre importante il feedback dell'atleta nell'ottica di una propria interpretazione personale del gesto, adattata alle proprie caratteristiche antropometriche, morfologiche e dinamiche.

**3.8.2 VELOCITÀ** È un mezzo sempre più fondamentale per la costruzione di un saltatore moderno e di alto livello, utilizzato in modo differente negli anni ma sempre importante durante lo sviluppo di un astista. Nelle categorie giovanili sarà più che altro centrale la costruzione di una buona tecnica di corsa generale (v. 3.8.7) e ritmica, in modo tale da legarsi al meglio con una rincorsa con l'asta strutturata. Lo sviluppo della velocità, e della conseguente e più specifica velocità con l'asta, entrerà successivamente e farà sì che l'atleta possa utilizzare aste più dure e più redditizie dal punto di vista della risposta elastica.

**3.8.3 FORZA GENERALE** Con la crescita dell'atleta cresceranno gradualmente anche i carichi sulla sua struttura ossea e muscolare al fine di migliorare le importanti caratteristiche di forza. Ovviamente il lavoro di forza richiederà esigenze maggiori da parte di quei gruppi muscolari che partecipano direttamente al salto e alla sua rincorsa. Tenendo in giusta considerazione l'importanza di questo fatto, durante il lavoro per l'incremento della forza muscolare, è soprattutto importante mirare al raggiungimento di un livello di preparazione fisica speciale, relazionabile anche con determinati parametri. I mezzi saranno quelli tradizionali, dal carico naturale nelle categorie giovanili fino ai classici esercizi con i pesi andando avanti con l'età.



**3.8.4 I BALZI** È un mezzo che accompagna sempre - in varie modalità - la carriera di un saltatore con l'asta, date le sue importanti qualità condizionanti, e strettamente legato al lavoro di forza generale. I balzi, in genere, tendono a risolvere due problemi: migliorano la funzionalità della preparazione e rafforzano tutto l'apparato locomotore e di sostegno. Anche qui, a seconda dell'età e del periodo di preparazione, si tendono ad usare metodiche (verticali, orizzontali, pliometrici, reattivi) ed ambienti diversi (sabbia, segatura, erba, pista) che permettono volumi ed intensità diverse a seconda dell'obiettivo, oppure tendono a prevenire traumi da sovraccarico. Sin dai primi anni, si dovrà dare particolare importanza all'esecuzione tecnica del gesto, mirata soprattutto ad un corretto appoggio e ad un adeguato controllo del corpo e dei suoi segmenti nelle varie fasi.

**3.8.5 FORZA SPECIALE E FORZA SPECIFICA** Forza speciale e forza specifica, al di là della loro accezione che può talvolta creare confusione, sono elementi fondamentali all'interno di una programmazione di un saltatore con l'asta, soprattutto nelle fasi più evolute della carriera. Dando per buona la definizione di forza speciale come l'uso di differenti e svariati mezzi di allenamento che vanno a sviluppare la forza (salite, traini, pesi da lancio), per forza specifica si intende invece quella che prevede l'uso di vari mezzi per il potenziamento della muscolatura con le tensioni tipiche dell'esercizio specifico di gara. I mezzi ed alcuni attrezzi saranno così più vicini al gesto del salto con l'asta (aste appesantite, bastoni, etc.) e, nel caso della ginnastica, questa parte di potenziamento specifico è detto anche ginnastica-forza.

**3.8.6 GLI ELEMENTI DI GINNASTICA** È questa forse la più grossa peculiarità che, nella sua crescita, va a contraddistinguere un saltatore con l'asta rispetto agli altri saltatori. Ad un astista è infatti richiesto, oltre che ad essere forte e veloce, di possedere una grande dote di acrobaticità e, più specificamente, una grande capacità dinamica di controllo del proprio corpo. Questo è ovviamente spiegato dalla marcata connotazione acrobatica della disciplina, e anche dalle stesse analogie che si presentano tra le varie discipline della ginnastica (corpo libero, sbarra, anelli, parallele, volteggio ma anche fune e trapezio) ed il salto con l'asta stesso. La ginnastica inoltre, insieme alle esercitazioni di potenziamento specifico, può concorrere per i saltatori evoluti all'incremento generale della forza, e soprattutto serve ad orientare quest'ultima a beneficio del salto.

**3.8.7 TECNICA DELLA CORSA** La tecnica di corsa è la parte più analitica e specifica del lavoro di corsa. L'obiettivo principale è quello di giungere ad una meccanica della corsa efficace per l'effettuazione del salto. In questo caso viene sviluppato, sia dinamicamente che, talvolta, a livello statico, un gesto globalmente corretto ed è spesso legata a doppio fino ai lavori di velocità.

**3.8.8 TECNICA DELLO STACCO** Lo stacco nel salto con l'asta è, dal punto di vista della tecnica, meno importante della presentazione e del successivo caricamento dell'asta. Tuttavia, l'azione di stacco va eseguita in maniera tecnicamente corretta e, al pari della corsa, si fanno spesso allenamenti specifici per il miglioramento del gesto.

**3.8.9 FLESSIBILITÀ, MOBILITÀ ARTICOLARE E GINNASTICA POSTURALE** Lavori preparatori e complementari rispetto a quelli sopraindicati rivestono grande importanza sin dalle categorie giovanili. Flessibilità muscolare e mobilità articolare hanno grande importanza dal punto di vista della prevenzione degli infortuni, migliorano l'attivazione neuro-muscolare prima dell'allenamento ed in generale consentono all'atleta un gesto tecnico più redditizio, dando la possibilità di far lavorare i segmenti corporei con un angolo d'azione (ROM) più ampio. Nella specificità del salto con l'asta, inoltre, è fondamentale il lavoro di mobilità articolare per quanto riguarda il cingolo scapolo-omerale.

**3.8.10 ELEMENTI DI RESISTENZA GENERALE** Sono prerogativa soprattutto delle categorie giovanili, ma talvolta si inseriscono anche nei periodi preparatori degli atleti evoluti, ed hanno come scopo principale quello di migliorare la resistenza e la capacità aerobica e anaerobico-lattacida dell'atleta, creando in esso un buon substrato metabolico. Il cross viene svolto, in genere, alla fine dell'allenamento, e può durare fino a 30'; è consigliabile un ritmo progressivo. È molto importante come lavoro di sintesi e di scarico dell'allenamento. I giochi sportivi possono essere i più disparati (calcio, basket, volley, tennis), e talvolta si possono usare anche all'inizio dell'allenamento anche per la loro componente ludica e cognitiva.

TABELLA DEI MEZZI DI ALLENAMENTO RICHIESTI PER OGNI CATEGORIA

	Under 14	Under 16	Under 18	Under 20	Senior
<b>Tecnica asta</b>	*****	*****	*****	****	****
<b>Velocità/Rapidità</b>	***	***	****	*****	*****
<b>Acrobatica</b>	***	****	*****	*****	****
<b>Coordinazione generale</b>	*****	****	***	**	*
<b>Resistenza generale</b>	****	***	***	**	*
<b>Resistenza specifica</b>	*	*	**	***	***
<b>Forza generale</b>	*	**	***	****	*****
<b>Forza speciale/specifica</b>	*	*	**	***	*****

### 3.9 PIANIFICAZIONE DI UN ALLENAMENTO PLURIENNALE: I PUNTI CHIAVE

In sintesi, in un lungo percorso da condividere con un atleta ci devono essere:

1. Preparazione tecnica accurata sin dalle categorie giovanili
2. Preparazione fisica globale nelle categorie giovanili
3. Preparazione fisica specifica nelle categorie assolute
4. Specializzazione graduale (parziale nella categoria Allievi, totale dalla categoria Junior)
5. Obiettivi tecnici e ludici nelle categorie giovanili, obiettivi prestativi nelle categorie agonistiche
6. Psicologia e coaching



Foto 12: Armand 'Mondo' Duplantis, l'astista svedese che ha portato il record del mondo da 6.17 fino agli attuali 6.28

#### 4. CONCLUSIONI

Questo lavoro vuol essere soprattutto un tentativo di sintesi tra un modello tecnico ed uno organizzativo da costruire dalle sue fondamenta, prendendo esempio dall'esperienza dello SPLISS e gli ultimi anni passati nel Settore Tecnico della Federazione. L'obiettivo è quello di dare un contributo allo sviluppo e alla gestione della specialità del salto con l'asta in Italia, dove sono presenti attualmente tecnici ed atleti di grandissima qualità, con l'obiettivo di continuare a "far rete" tra di loro e conservare gelosamente la dignità internazionale alla disciplina, creando al contempo nuove generazioni di atleti e di tecnici stessi. Il salto con l'asta è una specialità complessa ed in continua evoluzione, ed una fitta rete di interscambi tra federazioni, settori tecnici, allenatori, manager e società è senza dubbio il terreno fertile per un'ulteriore evoluzione ed un definitivo salto di qualità nell'ambito del reclutamento, della tecnica, della gestione e della programmazione a tutti i livelli.



##### 4.1 LIMITI E CRITICITÀ

Il modello SPLISS è un modello di comparazione tra gli sport di alto livello di vari paesi che ha l'obiettivo di capire quali fattori comuni possano portare all'eccellenza sportiva. Tale modello è piuttosto innovativo rispetto ai precedenti, ma ha come limite principale quello di avere come campione un numero limitato di nazioni/regioni (7 nello SPLISS 1.0, 16 nello SPLISS 2.0). L'Italia, tra l'altro, era presente nel primo studio e non nel secondo, rendendo meno approfondita l'analisi e più difficilmente integrabile il modello teorico con quello attuale nel nostro paese. Il modello SPLISS, inoltre, necessita di ulteriori campi di applicazione per capire quanti e quali "pillars" possono veramente essere esaustivi e funzionare in ogni nazione. Per questo, come l'autore tiene a sottolineare, l'esistenza dei "pillars" non è certo garanzia del successo di un sistema sportivo. Così come va ulteriormente approfondito lo sviluppo di alcuni di questi pilastri. Infine, il ruolo dello sport nella società di oggi va velocemente modificandosi, con gli stessi Giochi olimpici che dedizione dopo edizione vanno ad allargare la platea di nazioni partecipanti ed il numero delle stesse discipline sportive, in modo da assicurarsi uno show sempre più globale ed appetibile agli sponsor.



#### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- De Boescher et al. - Successful elite sport Policies - An international comparison of the Sport Policy Factors Leading to the International Sporting Success (SPLISS 2.0) in 15 nations (Meyer and Meyer, 2016)
- Chris Gratton and Jan Jonas - Research Methods for sport studies - Routledge, 2004
- Fédération Française d'Athlétisme - Projet Fédéral 2013-2017 et succ. - Archive FFA
- Fédération Française d'Athlétisme - Plan de développement 2013-2017 et succ. - Archive FFA
- British Athletics - World Class Performance Funnels <http://www.britishathletics.org.uk/world-class/performance-funnels/>
- DLV Bundeskader - <https://www.leichtathletik.de/nationalmannschaft/dlv-bundeskader/>
- UK Sport - Investing in Sport - <http://www.ukssport.gov.uk>
- Andrea Giannini - Evoluzione di un saltatore con l'asta: dal reclutamento all'elevata qualificazione - analisi e ipotesi di programmazione - Tesi Allenatore 3° Livello Fidal- 2013-2015
- Roberto Quercetani, Storia dell'Atletica Mondiale 1860-2000, Vallardi 2001 e succ.
- Andrea Giannini - Programmazione annuale di un saltatore con l'asta di alto livello - Tesi di Diploma ISEF, 2002
- Vitaly Petrov - Proposte per la costruzione di un saltatore con l'asta di elevato livello - AtleticaStudi n° 2, 1996
- Renzo Avogaro - Il salto con l'asta in Italia e nel mondo - AtleticaStudi n° 6, 1996
- Francesco Ambrogio, Vitaly Petrov - La presentazione nel salto con l'asta - AtleticaStudi n° 1-2-3, 1998
- Andrea Giannini - L'allenamento di un giovane saltatore con l'asta - Benessere.com, 2002
- Mario Testi, Francesco Ambrogio, Vitaly Petrov - Il salto con l'asta 1° e 2° - VHS AtleticaStudi Video, 1997
- Ugo Cauz - Il salto con l'asta - Edizioni Atletica Leggera, 1973
- Fabio Pilori - La preparazione nel salto con l'asta - 2005
- Maurice Houvion - Le saut à la perche par Maurice Houvion - EPS n° 209, 1998
- Gérald Baudoin - Approche de la planification au saut à la perche - 2005





# EVOLUZIONE E SPORT

## Come lo sport e l'atletica leggera hanno contribuito all'evoluzione del corpo umano

### Antonio Dotti

Già Tecnico Referente Squadra Nazionale Mezzofondo Veloce e Docente Atletica leggera all'Università di Torino. Allenatore Specialista benemerito Mezzofondo. Laurea in Scienze e Tecniche delle Attività Fisiche e Sportive - Università di Lione (Francia)

### Fabrizio Anselmo

Già Tecnico Squadra Nazionale Mezzofondo e Corsa in Montagna (Collaboratore Direzione Scientifica FIDAL per la valutazione funzionale metabolica) - Università degli Studi dell'Insubria - Coordinatore Tecnico C.U.S. Insubria-Varese & Como - Laurea in Scienze e Tecniche delle Attività Fisiche e Sportive-Università de Bourgogne-Digione (Francia)

Gianmarco Tamberi,  
Giochi olimpici, Parigi 2024

Questo saggio di antropologia culturale, con focus sul "fenomeno sportivo", analizzato con un approccio olistico, disegna un interessante parallelo tra l'evoluzione della specie umana e lo sviluppo dello sport, partendo dalle forme embrionali dei primordi, difficilmente catalogabili come attività sportiva, alle attuali espressioni sportive di massa o di élite ad elevato contenuto tecnologico ed economico-sociale.

Il fenomeno che permise alla cultura di divenire l'agente evolutivo principale viene definito mismatch evolutivo (o "ritardo del genoma"). La cultura umana ha quindi la capacità di modificare l'ambiente proponendo stili di vita rapidamente diversi, a fronte di una risposta più lenta dal punto di vista biologico e delle capacità individuali di adattamento.

Chiariti alcuni principi che stanno alla base della selezione naturale, disegnati in chiave sportiva, si richiama l'attenzione dei lettori sul ruolo che l'antica Grecia, bacino indiscutibile della cultura occidentale, ha svolto anche in questo campo con la nascita dei Giochi olimpici, la cui importanza si allargò anche alle colonie.

Diversamente dal mondo greco, gli antichi romani intendevano lo sport prevalentemente come strumento di addestramento militare e spettacolo sportivo; nell'alto medioevo, con l'affermarsi del cristianesimo, lo sport venne di fatto retrocesso a manifestazione corporea, deleteria in relazione alla necessità di curare lo spirito.

L'evoluzione tecnologica sia a livello agricolo che militare incise anche sulle modificazioni del corpo umano, che dovette necessariamente adeguarsi a nuovi strumenti di lavoro e di combattimento.

La rivoluzione industriale accompagna la nascita dello sport moderno, che nasce in Inghilterra con l'atletica leggera: annali universitari inglesi, a riprova di quanto già l'atletica e la cultura fossero un tutt'uno nella società inglese, citano il "certame Caius", una corsa di 401 yards (367 metri) che si svolgeva attorno al cortile centrale del college omonimo.

Richiamate e descritte le tre invenzioni principali della rivoluzione industriale, si delinea una dirompente affermazione dell'attività sportiva, nelle sue

varie espressioni, che portarono a coniare l'attuale termine "sport", portato alla ribalta dal barone De Coubertin con la rivoluzionaria istituzione degli attuali Giochi olimpici.

Alcuni esempi strettamente biologici relativi al concetto di mismatch evolutivo aiutano a comprendere la relazione biunivoca tra cultura sportiva, capace di incidere su diversi aspetti dell'evoluzione tecnologica, ambientale, strutturale in ambito sportivo, ed i conseguenti cambiamenti morfologici e funzionali indotti negli atleti, evidenziandone le rispettive capacità di adattamento e quindi di selezione dei migliori.

A questo proposito vengono trattati diversi aspetti riguardanti l'evoluzione delle pavimentazioni delle piste e delle pedane di atletica, le caratteristiche delle calzature sportive, fino ad arrivare al classico esempio dello stile Fosbury, in virtù del quale si evolsero le zone di caduta così come da quel momento in poi cambiò lo stile, quindi le qualità fisiche, dei saltatori in alto.

Adottando questa chiave di lettura si può ampliare il ragionamento e portarlo verso frontiere sconosciute, o parzialmente note, connesse con l'inarrestabile avvento delle nuove tecnologie e con la controversa ambizione di indagare come il patrimonio genetico degli atleti (incluso un approfondito studio sui geni che controllano il cervello) e il sistema nervoso possano consentire di individuare e selezionare il talento o il campione.

Il patrimonio culturale viene trasmesso tra le generazioni in due modalità: da una parte una trasmissione verticale che risulta essere molto conservativa; dall'altra la trasmissione orizzontale, portatrice di innovazione e caratterizzata da rapidi mutamenti. L'opinione degli autori induce a ritenere che il contributo culturale dell'atletica leggera, che si è realizzato attraverso il miglioramento continuo dal punto di vista tecnologico, sociale, culturale, sia in grado di interpretare al meglio questa seconda modalità, lasciando prefigurare per il futuro scenari di inaspettate accelerazioni scientifiche.

Giuliano Grandi

"Uno dei più affascinanti interrogativi della storia umana è quello di sapere il perché e come uno degli animali più deboli presenti sulla terra, e non certo al vertice della catena alimentare, abbia potuto evolvendosi divenire il padrone assoluto del globo terraqueo" (Homo deus) (Y,N, Harari, Sapiens da animali a dei)

### CRONOLOGIA

1. Cacciatori-raccoglitori (70.000 anni fa)
2. Rivoluzione agricola (12.000 anni fa)
3. Nasce lo sport (2800 anni fa)
4. Rivoluzione scientifica (500 anni fa)
5. Rivoluzione industriale (250 anni fa)
6. Rivoluzione tecnologica (oggi)



## PREMESSA

### La selezione naturale

È un processo in cui gli individui con caratteristiche favorevoli per la sopravvivenza e la riproduzione hanno maggiori probabilità di sopravvivere e riprodursi, trasmettendo i loro geni alle generazioni successive. È un processo particolarmente semplice a condizione che vengano a verificarsi tre fenomeni:

- Variazione: ogni organismo differisce dagli altri membri della propria specie (unicità)
- Ereditabilità genetica: alcune delle variazioni presenti in ciascuna popolazione perché i genitori trasmettono i propri geni alla discendenza
- Successo riproduttivo differenziale: tutti gli organismi differiscono nella quantità dei figli che a loro volta sopravvivranno fino a riprodursi

### ...alzati e cammina...

Quando 70.000 anni fa durante l'evoluzione degli ominini l'uomo iniziò la sua diversificazione dagli altri mammiferi, il suo sostentamento era fornito dalla raccolta di frutta e verdura e saltuariamente da animali uccisi con la caccia o dall'incontro di carcasse uccise dai predatori. Le mutazioni climatiche lo costrinsero a procurarsi il cibo percorrendo distanze sempre più ampie: di qui le prime e sostanziali mutazioni fisiche e fisiologiche; la postura eretta (con un netto risparmio energetico rispetto alla quadrupedia) e di conseguenza la possibilità di utilizzare gli arti superiori liberati dal compito locomotorio. Così questi possono essere destinati ad altri scopi, quali lanciar pietre, usare clave o bastoni o più pacificamente tenere in braccio i propri figli. Quante più cose braccia e mani fossero in grado di fare, tanto maggiore fu la potenza dei loro possessori. Ecco perché la spinta evolutiva ha prodotto muscoli e nervi particolarmente adatti a movimenti di fine precisione, specialmente riferiti a palmi e dita. Lo stare eretti avrebbe però avuto anche conseguenze negative, come ad esempio il mal di schiena ed il collo rigido, come ben sanno i fisioterapisti che, su questi malanni, hanno costruito le loro fortune. Avere braccia e mani particolarmente abili per effettuare i cosiddetti movimenti fini consentì all'uomo due notevoli progressi: la gestione del fuoco, che permise di combattere con efficacia i grossi animali, consentendo all'uomo di salire diversi gradini della scala alimentare; ed iniziare a cuocere la carne rendendola più morbida, digeribile e maggiormente portatrice di potere energetico, con la conseguenza di ridurre notevolmente il volume dello stomaco. Il camminare su due soli appoggi portò anche ad una modifica sostanziale del bacino. Vi fu una riduzione delle anche per cui il canale vaginale progressivamente si restrinse, mentre le teste dei bambini si ingrossavano sempre più. La selezione naturale

venne in soccorso al genere umano perché le donne iniziarono a partorire anticipatamente quando ancora i crani dei loro bimbi erano piccoli e morbidi. Infatti rispetto agli altri animali le donne hanno una gestazione più breve anche se ciò costringe ad uno svezzamento ritardato. Tutto questo è reso possibile da una modifica della forma del bacino. Mentre nelle scimmie antropomorfe l'osso iliaco è alto e rivolto all'indietro, negli uomini è più corto e rivolto all'infuori. Questo momento evolutivo consente al muscolo ai lati del bacino, il piccolo gluteo, di stabilizzare la parte della gamba che tocca terra, per cui, quando l'uomo avanza fa oscillare il busto in maniera impercettibile, con il risultato di un notevole risparmio energetico. Questa energia viene utilizzata per incedere in avanti anziché stabilizzare la parte superiore del corpo. Un altro adattamento importante è costituito dalla colonna vertebrale a forma di S. Infatti la colonna vertebrale umana presenta due coppie di curvature, con quella inferiore composta da 5 vertebre a discapito delle scimmie che ne hanno 3 o 4 (Liebermann).

### ...e ora corri...

La rivoluzionaria evoluzione del piede che da completamente piatto divenne arcuato consentì all'uomo di correre più velocemente. La deambulazione produsse anche la prevalenza del meccanismo aerobico come mezzo di riferimento della produzione energetica, influenzando altresì la durata della vita dell'uomo. Il meccanismo aerobico permetteva ai nostri antenati di percorrere distanze molto ampie, e quindi giungere in località ove i frutti risultavano essere più maturi e succosi. Inoltre, dato che gli ominini ancora non avevano elaborato le tecniche di raffinamento delle selci, dovevano limitarsi a cacciare con mazze e bastoni: essi erano costretti a lunghi inseguimenti della durata di varie ore se non addirittura di giorni prima che l'animale cacciato si arrendesse e si consegnasse ai cacciatori. Ciò permise ai nostri antenati di essere più attivi e di sopravvivere in ambienti variabili.

La trasformazione della gamba degli ominini fu un vero capolavoro dell'evoluzione umana. Seguì due filoni principali: da una parte uno sviluppo maggiore della parte carnosa contrattile a spese del tendine di Achille, con il piede che si presentava con il secondo dito più lungo dell'alluce e con le altre dita che degradavano verso il mignolo (piede greco, tipico della razza caucasica); dall'altra, una gamba che presentava una maggior superficie tendinea, con parte contrattile molto alta e ridotta e un piede con dita calanti dall'alluce al mignolo. Questa tipologia (piede egizio), tipica della razza negroide, non solo permette un maggior sfruttamento della stiffness, ma consente altresì un miglior scarico delle forze gravitazionali, evitando così l'insorgere del-



Armand Duplantis,  
Golden Gala, Roma 2020

le tanto temute fratture da stress. Infatti il piede è quello che sicuramente manifesta le maggiori specializzazioni morfo-funzionali per la camminata bipede, essendo l'unico supporto a interfacciarsi con il terreno durante la cinematica del passo. Il piede umano funziona come una molla tenuta in tensione da un tendine elastico che percorre la pianta. Spostando il peso del corpo sul piede, l'arco plantare si stirava accumulando energia utilizzabile alla fine del passo. È costituito da un arco trasverso (dal primo metatarsale al quinto metatarsale) e da un arco longitudinale. Questo è suddiviso in mediale (calcagno, astragalo, navicolare, cuneiforme mediale e primo metatarsale) e laterale (calcagno, astragalo, cuboide e quinto metatarsale). L'arco longitudinale mediale (parte interna del piede) rappresenta il più alto dei due archi longitudinali in Homo Sapiens. Mentre l'arco trasverso è a vario grado presente anche in altri primati, l'arco longitudinale è una caratteristica unica del piede umano e di alcuni suoi antenati fossili (D, E, Lieberman).

### ...andiamo a mietere il grano (si diventa contadini)...

Uno dei grandi miti rispetto all'evoluzione dell'uomo è che questi abbia smesso di evolversi finito il paleolitico. Uno dei motivi del perché circoli questa convinzione è data dal fatto che, essendo l'evolu-

zione un fenomeno che richiede centinaia se non migliaia di generazioni prima che la diversificazione risulti degna di nota, appare molto difficile notare i cambiamenti avvenuti in periodi brevi, anche se sono calcolati in centinaia di anni.

Circa 10.000 anni fa iniziò un lento ma epocale cambiamento, in quanto l'uomo passò dal vivere adattandosi a quanto riusciva a recuperare per la sopravvivenza, ad uno stato stanziale, in cui si dedicò alla cura di poche piante e pochi animali. Si creò quindi una realtà in cui l'ambiente si modificò in maniera molto più rapida rispetto al ritmo evolutivo della selezione naturale. Questo fenomeno che permise alla cultura di divenire l'agente evolutivo principale, viene definito mismatch evoluzionistico (o "ritardo del genoma"). La cultura umana ha quindi la capacità di modificare l'ambiente proponendo stili di vita rapidamente diversi.

L'Homo Sapiens iniziò a dedicarsi perlopiù all'agricoltura e all'allevamento. Nacquero villaggi, paesi, città, cambiarono i ruoli, e sorse un'organizzazione gerarchica della società. L'uomo è riuscito con questo nuovo modo di vivere a imprimere un'impronta ben visibile sull'ambiente. Ha modificato la propria alimentazione, il rapporto con alcune specie animali, lo stile di vita, la percezione del mondo. "Con l'avvento dell'agricoltura, le preoccupazioni circa il futuro iniziarono a ricoprire un ruolo di pri-



mo piano nel teatro della mente umana” (Harari, 2011).

Alcuni tratti che possono apparire a tutta prima vantaggiosi, allorché ci troviamo di fronte ad un rapido cambiamento, risultano invece disadattivi. Il disadattamento si può manifestare in due categorie: temporali e spaziali, ascrivibili nel primo caso al cambiamento climatico e ambientale e nel secondo alle migrazioni. Con la formazione di città e villaggi via via sempre più imponenti e numerose, gli uomini crearono un impatto talmente rapido nell'ambiente che è stato facile osservare i fenomeni di disallineamento evolutivo. Per cui con il passare delle generazioni i tratti sfavorevoli sono stati progressivamente eliminati in seguito all'adattamento all'ambiente. Poiché l'evoluzione è graduale e i cambiamenti ambientali spesso avvengono molto rapidamente su scala geologica, c'è sempre un periodo di "recupero" man mano che la popolazione si evolve per adattarsi all'ambiente. È questo periodo temporaneo di "disequilibrio" che viene indicato come mismatch evolutivo. I tratti non corrispondenti sono in definitiva affrontati in uno dei diversi modi possibili: l'organismo può evolversi in modo tale che il tratto disadattivo non sia più espresso, oppure, l'organismo può declinare e/o estinguersi a causa del tratto svantaggioso, o l'ambiente può cambiare in modo tale che il tratto non sia più selezionato.

### ...cantami o diva del pelide Achille...

Lo sport vide la luce in Grecia, nel Peloponneso, all'epoca delle *poleis* (dall'età di formazione VIII secolo a.C. poi con l'età arcaica VII-VI sec. a.C. con la diffusione delle colonie).

Ma fu nel 776 a.C. che si fanno risalire le prime Olimpiadi. Con lo svolgersi delle competizioni quadriennali si assistette anche ad una evoluzione fisica di coloro che ambivano alla partecipazione di queste importanti gare. Poche fonti scritte ci sono pervenute circa la metodologia di allenamento; da alcuni trattati pare che fosse diffuso un sistema di allenamento caratterizzato da successioni di microcicli di quattro giornate (tetras), con il picco di intensità e volume il secondo giorno e un'intensità minore il primo e il terzo, moderata il quarto. Sempre dal passato ci giungono due dati che appaiono modernissimi, uno ascrivito al crotonese Milone, vincitore di ben 5 competizioni olimpiche, che sperimentò la strada dei carichi di peso ad intensità crescente sollevando un vitello che, con il passare del tempo, aumentava progressivamente di peso, mentre tal Bubon su di un masso di 140kg scrisse "Bubon mi ha sollevato con le sue mani", determinando per la prima volta l'importanza della forza massimale (dalle note di Paolo Madella).



Mutaz Barshim,  
Golden Gala, Roma 2014

### ...mens sana in corpore sano...

Poiché erano grandi combattenti non ci sono dubbi che gli antichi romani tenessero moltissimo al loro aspetto fisico. Non tutti sanno però che in origine lo sport come lo intendiamo noi e come lo "inventò" il mondo greco, non era tra i passatempi principali dei romani. Tra di loro la preferenza andava di gran lunga ai giochi gladiatori nel Colosseo e alle corse con i carri.

Al contrario dei greci che vedevano nella palestra una cura del corpo che veniva esibito nudo, per trarne armonia e bellezza, sembra che i romani non dessero grande importanza allo sport, ma vi vedessero solo un mezzo di preparazione alla guerra.

Dal punto di vista evolutivo il contributo romano fu piccolo ma significativo: all'inizio i romani, influenzati dagli etruschi, utilizzavano una scrittura "bustrofedica" (dal greco antico "boustrophédon", che significa "come i buoi che arano"). Questa scrittura procede in un andamento "a nastro", senza andare a capo, ma con un andamento continuo da destra a sinistra e poi da sinistra a destra. Questo modo di scrivere avvantaggiava sia i destrimani che i mancini ma i romani successivamente abbandonarono questo tipo di scrittura e si adattarono ad un andamento da destra a sinistra, il che fece sì che si stabilisse una supremazia del destrismo, che tanto condizionerà la scrittura dei popoli che gravitavano intorno a loro.

In realtà il dibattito sull'origine del destrismo è ampio e variegato. Noi ci azzardiamo a sottolineare un'ipotesi suggestiva avanzata dal dottor Ridolfo Livi, antropologo della fine dell'800. Egli suppose che l'origine del destrismo si dovesse essenzialmente imputare alla posizione del feto nell'utero materno, la quale è, nella gran maggioranza dei casi, la occipito-iliaca sinistra, o prima posizione. A causa di questa posizione, che diventa fissa nell'ultimo periodo della gravidanza, e che a sua volta dipende dalla asimmetria dei visceri addominali, il feto, per i suoi movimenti, ha molto più liberi gli arti destri che non i sinistri. Questi infatti poggiano contro la parete posteriore destra dell'addome, cioè in parte contro la colonna vertebrale, e in genere contro una parete poco cedevole. Gli arti sinistri invece poggiano sulla parete anteriore sinistra, maggiormente cedevole. Ne consegue che, quando il feto esce alla luce, ha già gli arti di destra più esercitati al movimento di quelli di sinistra, ed è naturale che, appena il nuovo nato comincia a fare i suoi primi movimenti volitivi, questi avvengano di preferenza con la mano e con il piede destro.

### ...vade retro satana!...

#### il corpo "instrumentum diaboli"

Man mano che il Cristianesimo acquistava valore presso il popolo romano vi fu un progressivo de-

cadimento dell'ideale sportivo, anche se nelle parole di Gesù non vi furono mai cenni di condanna circa l'attività fisica. Vi furono sì alcune voci di vescovi (principalmente scismatici) che ritenevano gli spettacoli negli stadi momenti estremamente ripugnanti, ma in realtà con l'ingresso del medioevo non si verifica più quell'afflato che unisce cultura e sport e di conseguenza evoluzione nell'uomo. Con tali censori, che scrivevano e parlavano dai pulpiti, è facile capire il perché della lunga eclissi dell'attività fisico-sportiva in età cristiana antica. Infatti, era il momento in cui si asseriva che migliorare il proprio aspetto poteva diventare motivo di peccato. Il corpo era visto come "instrumentum diaboli".

### ...le innovazioni agricole nel basso Medioevo...

- L'aratro pesante. L'invenzione dell'aratro pesante aumenta la qualità dell'aratura.
- Il collare a spalla. L'aratro pesante rese fondamentale per i contadini possedere almeno due buoi
- Il ferro da cavallo
- Il mulino
- La staffa

### ...un nuovo modo di combattere...

Una delle innovazioni del Medioevo fu l'introduzione e l'uso della staffa metallica chiusa, già da molti decenni impiegata a Bisanzio. Comparve nell'Europa occidentale intorno alla fine del 7° sec., forse a opera degli Avari; il suo uso divenne però stabile solo nella prima metà del secolo seguente. L'utilizzo delle staffe chiuse aveva lo scopo di fornire una solida piattaforma di base per il cavaliere, consentendogli, mentre combatteva, di alzarsi dalla sella mentre brandiva la spada, o caricare con una lancia oppure scoccare frecce. La possibilità di poggiare il piede su una struttura solida consentì altresì di fornire una armatura ai piedi, che in precedenza rappresentavano una zona di debolezza, per cui erano le aree di attacco preferite dai fanti avversari. Possedere un punto di appoggio aumentò di gran lunga la potenza dei cavalieri che, fino ad allora potevano contare solo sulla forza degli adduttori degli arti inferiori e sui rapidi movimenti del busto per schivare i colpi, per cui vennero rivoluzionate anche le strategie di combattimento; la cavalleria da elemento di supporto per i soldati a piedi divenne struttura fondamentale nella battaglia. Di conseguenza anche la complessione fisica del cavaliere si dovette adattare a questo nuovo modo di combattere. L'agile e sgusciante cavallerizzo venne sostituito da un individuo meno mobile, ma estremamente più potente, sia negli arti superiori che inferiori. Anche il peso dell'armatura, che variava dai 25 ai 30 kg, influì sul modo di combattere, per cui ne derivò che il cavaliere doveva dedicare tutto il suo tempo



alla preparazione del combattimento divenendo di fatto un professionista.

### ...rivoluzione industriale...

L'atletica moderna nasce in Inghilterra e si afferma soprattutto dopo la metà del XIX secolo, dapprima con sfide tra le rappresentative delle università di Oxford e Cambridge e poi con i Campionati d'Inghilterra che si svolgono a partire dal 1866.

È famoso negli annali universitari inglesi, a riprova di quanto già l'atletica e la cultura fossero un tutt'uno nella società inglese, il "certame Caius", una corsa di 401 yards (367 metri) che si svolgeva attorno al cortile centrale del college omonimo. I concorrenti dovevano percorrere il campo di gara, costituito da un cortile quadrato e pavimentato con lastre di pietra, prima che la campana di bronzo della torre battesse i 12 rintocchi che seguivano il carillon iniziale. La campana impiegava circa 46 secondi per battere tutti i rintocchi. Per la cronaca il record appartiene a David George Brownlow Cecil, lord Burghley, sesto Marchese di Exeter, che conquisterà successivamente la medaglia d'oro nei 400 ostacoli alle Olimpiadi di Amsterdam 1928. Lord Burghley nel 1946 diverrà anche Presidente della I.A.A.F. Egli annotò nel suo taccuino, dove riportava tutti i tempi ottenuti in allenamento, che il tempo impiegato nel percorrere la distanza del "certame" era stato di 42 secondi e mezzo.

Questo periodo della storia fu foriero di notevoli progressi culturali e scientifici che vengono ricordati come rivoluzione industriale.

Le tre invenzioni più importanti della rivoluzione industriale:

1778	Macchina a vapore
1785	Telaio meccanico
1829	Locomotiva a vapore

Essa si manifestò in tre grandi filoni.

**Commerciale:** nella prima metà del XVIII secolo in Inghilterra si sviluppò una rete più estesa di servizi di credito e assicurativi, che le permisero di assumere un ruolo preminente in Europa. Il commercio estero ebbe un impatto talmente importante da porlo al primo posto tra i fattori della rivoluzione industriale. L'industria tessile inglese riuscì a sfruttare un rapido e poco costoso approvvigionamento del cotone il che garantì ai mercanti inglesi un amplissimo mercato per la vendita dei loro prodotti.

**Agricola:** la rivoluzione agricola fu anche il primo motore per lo sviluppo del processo di industrializzazione; in primo luogo sopperì al fabbisogno alimentare di una popolazione in rapida crescita; in seguito contribuì alla formazione di un mercato interno che si rivelerà un importante fonte di do-

manda per i prodotti agricoli. Molti industriali inoltre provenivano dal mondo rurale dei piccoli e medi produttori e da quel settore ricevettero, in molti casi, i capitali necessari per impiantare le prime manifatture. Decisivo fu, infine, il ruolo della rivoluzione agricola nel favorire un massiccio esodo dalle campagne che consentì lo sviluppo del proletariato industriale.

**Industriale:** l'avvento del sistema di fabbrica sconvolse i metodi di produzione e le forme di organizzazione del lavoro. In Inghilterra, fino alla metà del '700, la maggior parte dell'attività lavorativa si svolgeva o nelle botteghe artigiane o più comunemente nei sobborghi e nelle campagne, dove il metodo di produzione prevalente era quello a domicilio. Con l'introduzione delle macchine a vapore questo sistema venne progressivamente ma ineluttabilmente smantellato, ed il lavoratore divenne un operaio: abbandonò cioè tutte le altre attività che nell'impresa familiare continuava a svolgere, ed ebbe nella fabbrica il suo unico impiego.

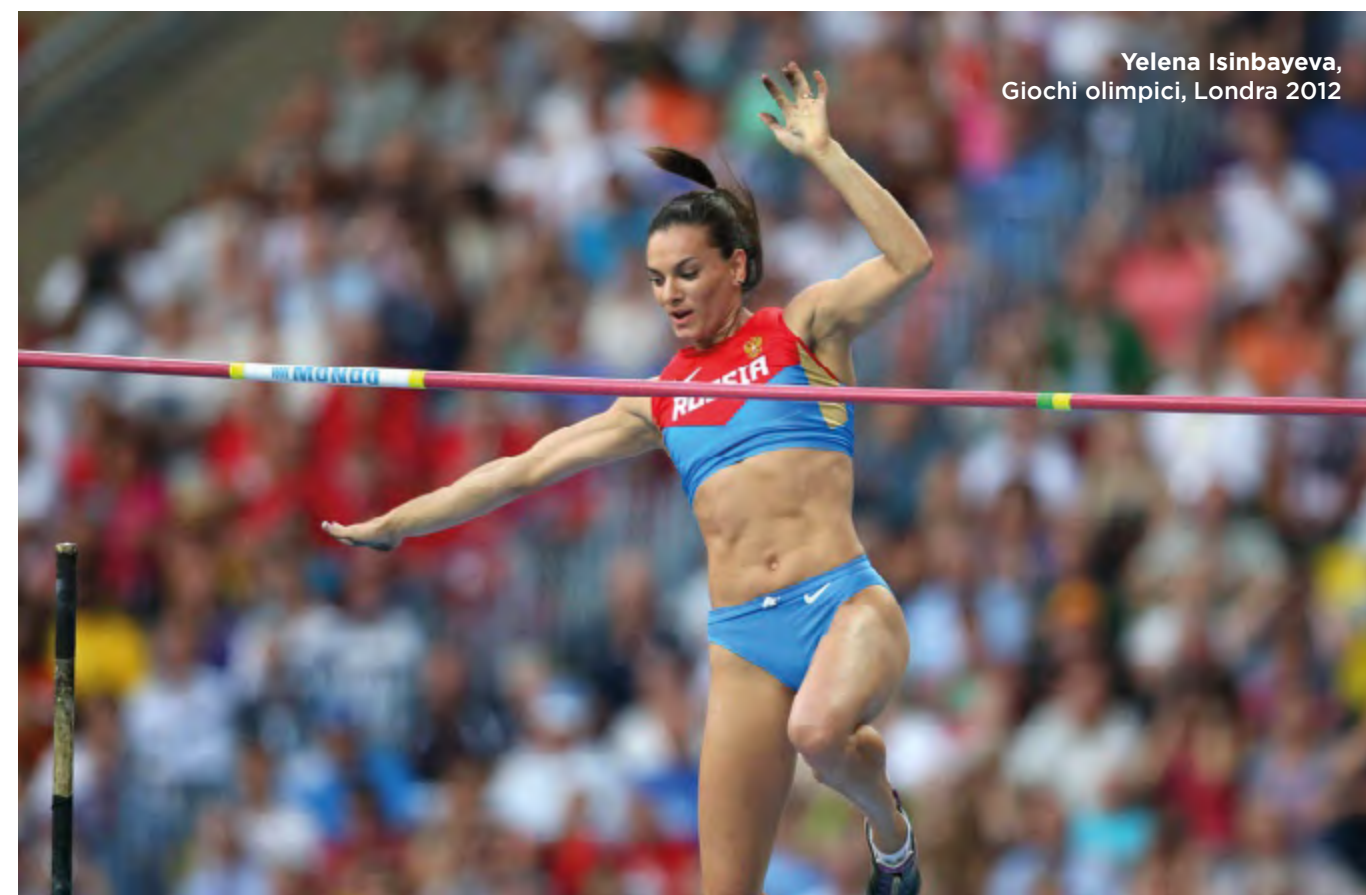
### ...il lavoro e la fabbrica...

La macchina impose una nuova disciplina; il lavoro doveva essere svolto in una fabbrica, non condizionato dal lento incedere delle stagioni ma dal ritmo stabilito da una macchina instancabile e inanimata, insieme ad una schiera di operai che doveva cominciare e smettere all'unisono.

Il sistema di fabbrica trasformò, insieme a quella interna ai luoghi di produzione, anche l'organizzazione territoriale del lavoro, e ridisegnò con essa l'immagine topografica e architettonica delle città e del paesaggio. Infatti l'attività lavorativa si concentrò progressivamente nei centri urbani che crebbero in misura considerevole, secondo tipologie edilizie di tipo intensivo, mentre anche la campagna circostante modificava le sue colture in funzione di una popolazione urbana in forte aumento.

### ...e fu il boom dello sport...

In Inghilterra principalmente, ma anche in altri paesi del continente, l'attività fisica si sviluppò in due filoni: da una parte lo scopo era quello di effettuare esercizi utili alla conservazione della salute, e praticati su consiglio medico; dall'altra sviluppò esercizi connessi con il modo di vita delle varie classi sociali. Chi deteneva il potere capì ben presto che anche i pochi attimi di libertà concessi agli operai dovevano essere controllati. Nacquero così sport che servivano sia alla distensione e allo svago (come il football o la pallamaglio, antesignana del cricket) ma la cui durata costringeva i giocatori, ed anche il pubblico, a presenze di diverse ore sul campo (recreations); per i nobili invece l'attività fisica serviva di preparazione ai loro doveri pubblici e politici, e in questo caso le esercitazioni vennero chiamate sport, e i pri-



Yelena Isinbayeva,  
Giochi olimpici, Londra 2012

mi "sporters" furono quei nobili che si dedicavano prevalentemente in giochi e vari esercizi adatti al loro rango.

Dagli albori del XVIII secolo quel fermento sportivo cominciò a propagarsi dall'Inghilterra in ogni parte del mondo, anche grazie alle iniziative ed al processo di colonializzazione dei britannici. Pian piano, però, le varie discipline, dalla ginnastica con attrezzi, che rinacque e dominò il '700, alla scherma, alla danza ritmica e all'equitazione, non avevano più soltanto lo scopo di ingentilire i modi e i costumi delle genti, ma si stavano avvicinando a una forma di professionismo, con atleti che si specializzavano sempre più e meglio. Certamente, di professionismo vero si parlerà più tardi, ma già nel XVIII secolo trovò il proprio retroterra naturale. Pertanto, se si ritiene che la grande diffusione in senso internazionale e interclassista dello sport non poté che modificarne alcuni aspetti minori e non la sostanza del vivere civile, è un fatto che la grande importanza dello sport in quell'epoca consistette nell'aver trasformato diversi caratteri del nostro mondo.

Difatti in questa epoca di grandi rivoluzioni non poteva mancare anche sotto l'aspetto sportivo la scintilla rivoluzionaria. Fu la visione tenace e pervicace del barone De Coubertin che permise la realizzazione di una svolta che, dapprima limitata alle civiltà occidentali, e poi a tutte le nazioni sulla terra,

si affermò in maniera devastante sia dal punto di vista culturale, economico, politico: l'Olimpiade. Ci limiteremo a vedere questo fenomeno dal punto di vista evoluzionistico. Partito da una definizione coniata dallo stesso barone, "l'atleta dilettante si allenerà per un massimo di 60 giorni all'anno e non consecutivi", il concetto di allenamento si è rapidamente evoluto e moltiplicato. Nel breve volgere di alcuni anni abbiamo assistito a programmazioni che prevedevano sino a tre sedute di allenamento giornaliere, creando così una tipica situazione di mismatch evoluzionistico, in cui, sia le capacità fisiche che quelle morali sono state messe a dura prova, e l'atleta ha dovuto sottoporsi ad un adattamento precoce pena il fallimento del suo sogno sportivo.

### ...un esempio da manuale: la farfalla delle betulle...

La storia della ricerca su questa farfalla delle betulle risale agli anni cinquanta dell'800, quando un naturalista inglese, Bernard Kettlewell, studiò le dinamiche evolutive della due forme di questo lepidottero (quella bianca, denominata typica, e quella nera, carbonaria). La sua ricerca, durata alcuni anni, era volta a chiarire perché in alcune zone la farfalla chiara era molto più diffusa di quella nera, mentre il contrario accadeva altrove. Lo studioso scoprì che, in condizioni naturali, la prima si mimetizzava sui tronchi degli alberi coperti di licheni bianchi, mentre



la seconda, nera, sullo stesso sfondo era ben visibile e perciò facile preda degli uccelli. Kettlewell chiari che la forma nera era più frequente di quella bianca proprio nelle zone inquinate.

Nell'Ottocento, infatti, la rivoluzione industriale aveva in alcune zone dell'Inghilterra ucciso i licheni e coperto i tronchi di fuliggine. Proprio qui le farfalle scure sopravvivevano di più perché erano meno visibili ai predatori. Il naturalista dimostrò quindi come un agente della selezione naturale (gli uccelli insettivori) poteva cambiare rapidamente l'aspetto di una specie animale e quindi farlo evolvere.

Questo fenomeno rappresenta un tipico esempio di mismatch evolutivo perché, come già enunciato, il contesto in cui si viveva si modificava più velocemente di quanto potesse farlo il nostro processo biologico attraverso la selezione naturale.

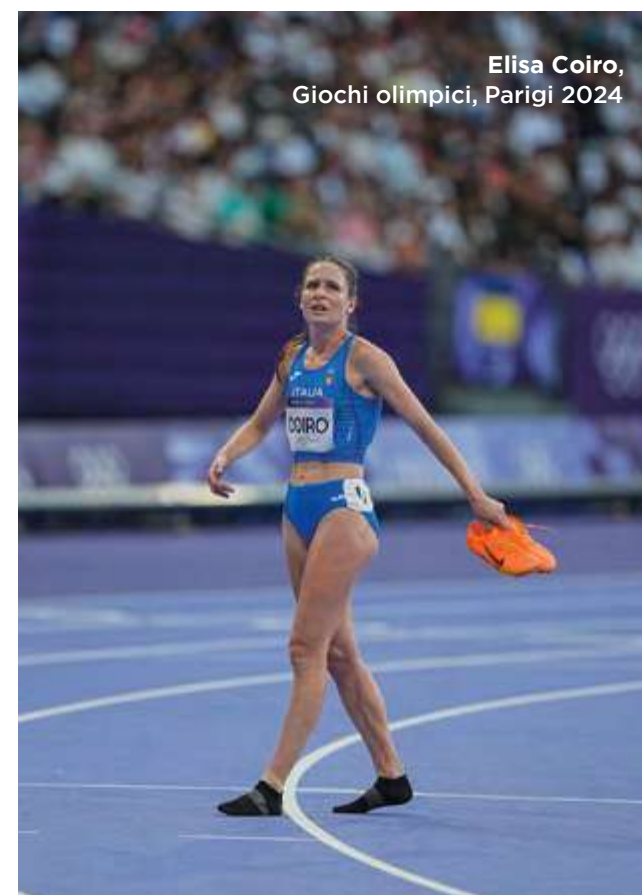
#### ...rivoluzione tecnologica e atletica...

Quanta strada percorsa da quel lontano 1896 quando si disputarono i primi Giochi olimpici dell'era moderna. Come sagacemente raccontato da Gustavo Pallicca, le gare in pista potevano contare su qualcosa che si presentava come uno strato di cenere molto soffice ed allentato, che nel caso di quella prima Olimpiade non resse alla pioggia che cadde copiosa durante le gare, rendendo il fondo impraticabile. Si passò successivamente a strati di



carbonella, che rendeva drammatiche le eventuali cadute, e poi per lunghissimi anni all'utilizzo della tennisolite, un materiale con il quale si realizzava il fondo dei campi da tennis. La polvere rossa dominò incontrastata la scena dei maggiori impianti sportivi nel mondo, prima di lasciare il posto al tartan, una resina poliuretanica prodotta da una ditta statunitense a metà degli anni '60. Il nuovo manto aveva incontrato subito un grande successo, e molte università americane e canadesi lo avevano utilizzato per realizzare nuove piste e pedane per i loro stadi. In virtù della qualità di resistenza e di comfort (ridotta manutenzione) che il prodotto offriva, il comitato organizzatore dei Giochi di Città del Messico, propose alla I.A.A.F. (ora World Athletics) di poterlo impiegare per la realizzazione degli impianti olimpici. Inizialmente, da parte dei membri della I.A.A.F., vi fu una certa resistenza dovuta al fatto che non tutti i paesi fossero in grado di poter sperimentare in anticipo tali materiali, ma il giudizio degli atleti, che non conoscevano il tartan, fu talmente entusiasta che il materiale gommoso fece il suo ingresso nella storia dell'atletica leggera (da Gustavo Pallicca).

Il progresso tecnologico è stato così vorticoso che alle Olimpiadi di Parigi 2024, la pista di atletica, di colore viola, dimodoché potesse abbinarsi a quello scelto dagli organizzatori per identificare l'evento, è stata realizzata con conchiglie riciclate prodotte dall'industria della pesca. Di solito le pavimentazioni come quelle delle piste da corsa hanno una elevata componente di carbonato di calcio, ricavato attraverso l'estrazione mineraria. L'azienda che ha progettato la pista per le Olimpiadi 2024 invece ha collaborato con una cooperativa di pescatori per raccogliere le conchiglie dei molluschi bivalvi del Mar Mediterraneo, come cozze e vongole, che sono ricche di questo materiale, e che altrimenti sarebbero andate sprecate. Dal punto di vista funzionale la pista è uguale a quella classica. L'obiettivo era quello di arrivare alla creazione di una nuova pavimentazione sportiva resiliente e sostenibile. I pescatori hanno pulito ed essiccato i gusci di cozze e vongole, li hanno ridotti in polvere e infine inviati a chi doveva realizzare la pista. Gli scienziati incaricati del progetto hanno lavorato per tre anni al perfezionamento della tecnica. Questo innovativo utilizzo delle conchiglie può aiutare l'industria sportiva a ridurre il suo impatto ecologico. L'estrazione di calcare e marmo necessaria a ottenere il carbonato di calcio produce emissioni di anidride carbonica e scarti. Lo scopo, secondo la ditta costruttrice, era la realizzazione di una pista che compensasse queste emissioni. Questo tipo di soluzione permette, sempre secondo i costruttori, un risparmio pari alle emissioni prodotte da un veicolo diesel Euro 4 in 60mila chilometri.



#### ...gli stivali delle sette leghe...

Ma sono soprattutto le scarpe utilizzate con le nuove pavimentazioni a produrre risultati sbalorditivi, e a scatenare il dibattito tra gli addetti ai lavori. Anche in questo caso abbiamo assistito in questi anni ad un lungo viaggio attraverso l'evoluzione tecnologica. Dobbiamo infatti sottolineare che l'evoluzione pista-scarpe è andato necessariamente di pari passo.

Nata nel 1852, la scarpa chiodata più antica sembrava più una commistione tra calzature da golf ed un'arma da aggressione. Questi primi prototipi venivano costruiti in pelle di canguro, ed erano decantati per le doti di resistenza e leggerezza. I chiodi sotto la suola erano fissi e si deve attendere il 1976 per vedere le prime scarpe con in chiodi intercambiabili. Con il passare dei decenni la sfida è sempre stata quella di permettere al piede un gesto naturale con l'aiuto della tecnologia derivata da un accurato studio biomeccanico. Sono nate così calzature che, attraverso l'impiego di materiali espansi a elevatissima elasticità nelle intersuole (per lo più variazioni a base di nylon modificato con elastomeri) e, con l'innesto nelle stesse intersuole di leggere piattforme in fibra di carbonio (pregiato materiale composito, che abbina l'elevata elasticità alla leggerezza), o di materiali analoghi, consentono alla scarpa:

- > di avere uno scheletro che stabilizza e supporta suola e scarpa;
- > di funzionare da ripartitori dell'energia d'impatto, perché permettono di massimizzare l'accumulo e la restituzione di energia elastica al punto che si raggiunge un ritorno di energia superiore all'80%;
- > in diversi casi, inoltre, di far diventare la suola completamente rigida, allungando quindi la leva con cui si spinge avanti; così il piede si limita ad effettuare un rotolamento in avanti, anziché flettersi, il che viene anche facilitato dalla marcata curvatura della suola verso l'alto. Tutto ciò ha permesso in tempi recentissimi, sia nelle manifestazioni in pista che in quelle su strada, l'ottenimento di risultati eclatanti che hanno rivoluzionato ed azzerato quanto fatto dall'uomo nei due secoli precedenti di competizioni.

Con la comparsa di questa tipologia di calzature si è realizzato un mismatch evolutivo che ha prodotto una vera rivoluzione sia nei risultati cronometrici che nella esecuzione biomeccanica del gesto atletico. Ma contemporaneamente, si è verificata una seppur silente e poco appariscente selezione, che ha visto atleti che non sono stati in grado di sfruttare appieno le nuove potenzialità biomeccaniche arretrare nelle graduatorie mondiali. Abbiamo preso ad esempio dimostrativo i tempi ottenuti in una gara particolarmente iconica come la mezza maratona e considerato atleti che si collocavano al 1° al 100°- 300°-500° posto sia nell'anno 2017 (anno della prima sperimentazione delle scarpe) che quelli del 2024, anno delle recenti Olimpiadi. Abbiamo calcolato i rispettivi miglioramenti per far sì che fosse possibile controllare chi non fosse stato in grado di ottenere il miglioramento cronometrico con la nuova scarpa. Coloro che non hanno ottenuto i miglioramenti standard sono le vittime del mismatch evolutivo. Hanno cioè dimostrato di non essere adatti a sfruttare appieno, per motivi di natura fisica, biomeccanica o solamente mentale l'evoluzione culturale del momento.

	2017	2024	differenza
<b>01</b>	58.40	57.30	-70"
<b>100</b>	1h.01.14	1h.00.47	-27"
<b>300</b>	1h.03.17	1h.01.55	-82"
<b>500</b>	1h.04.14	1h.02.36	-98"

#### ...salta che ti passa...

Ricordate il fenomeno evolutivo della farfallina delle betulle e l'impatto procurato dagli uccelli? Ebbene anche nell'atletica abbiamo vissuto un processo evolutivo del tutto simile. Ci riferiamo a quanto accaduto nel salto in alto; già da molto tempo gli stu-



diosi di biomeccanica erano giunti alla conclusione che il passaggio dorsale fosse lo stile più redditizio circa la possibilità di ottenere risultati più prestativi. Il limite a tale evoluzione era evidentemente di tipo strutturale: l'impossibilità di un arrivo a terra dopo il salto con la schiena o addirittura con il capo. Infatti, ancora nel 1960 (Olimpiadi di Roma), le zone di caduta erano costituite da segatura e trucioli. Alle Olimpiadi di Tokyo quattro anni dopo furono sistemati ritagli di gommapiuma e poi finalmente nel 1968 a Città del Messico la gommapiuma (pur prodotta già nel 1930) ebbe un utilizzo massiccio in atletica leggera. L'ingresso nell'agone agonistico di Dick Fosbury con il suo salto "flop", "gambero" o "dorsale", produsse uno dei mismatch evolutivi più evidenti degli ultimi anni. Infatti Fosbury in un solo momento conquistò sia la vittoria olimpica che il nuovo primato mondiale della specialità. Con la possibilità di effettuare il salto dorsale cambiò rapidamente la tipologia del saltatore in alto, passando da un individuo molto forte ma non particolarmente veloce ad un atleta longilineo (oramai i saltatori alti intorno a 2 metri non si contano più) e piuttosto veloce. Questo provocò rapidamente l'eclissi dei "ventralisti" dei quali oramai non si ha più traccia. Come nel caso della farfallina, due agenti (gommapiuma e tecnica di salto) intervennero pesantemente nella storia evolutiva della specialità e ne condizionarono il risultato.

Un fenomeno del tutto simile, seppur più diluito nel tempo, si è manifestato nel salto con l'asta. L'evoluzione tecnologica ha prodotto delle tipologie di atleti che, partiti dalle capacità di equilibrio con l'utilizzo della canna di bambù, e poi delle aste di metallo poco elastiche e quindi che necessitavano di una forza eccezionale dei muscoli del comparto cingolo-scapolo-omeroale, sono giunti alle aste moderne di vetroresina e carbonio. Queste richiedono velocità di entrata notevolissime e capacità di saper attendere la risposta balistica dell'attrezzo. A tutto ciò va aggiunto naturalmente la contemporanea evoluzione delle pedane di caduta simile a quella del salto in alto. Anche in questo caso il mismatch evolutivo ha avuto come effetto la progressiva scomparsa di quegli atleti incapaci ad adattarsi alle modifiche richieste dalle tecnologie più moderne.

### ...fuochi d'artificio...

Già nel 1999 quasi tutti i paesi avevano una connessione ad internet. In quel momento la rivoluzione digitale è diventata globale a tutti gli effetti. Nel corso degli anni 2000, la diffusione delle tecnologie digitali ha avuto una accelerazione violenta in tutti i paesi. L'anno 2002 è considerato il momento in cui l'umanità è stata capace di immagazzinare una maggiore quantità di informazione in una forma digitale piuttosto che analogica (l'inizio dell'Era Digitale).

Le tecnologie digitali hanno accelerato la possibilità di poter indagare in profondità sulle cause che potrebbero condizionare il raggiungimento dell'apice nei vari sport. I polimorfismi che migliorano le prestazioni (PEP) hanno suggerito che una previsione genetica precoce potesse essere una via privilegiata per individuare il talento.

A seguito di questa digitalizzazione, nel mondo dello sport c'è stato un aumento significativo dell'utilizzo di test del DNA da parte di allenatori e atleti per l'identificazione precoce del talento. È un argomento ampiamente controverso, ma da un punto di vista scientifico l'idea di accedere alle informazioni genetiche per prevedere le prestazioni sportive era ed è una prospettiva eccitante.

Infatti, alcuni fisiologi hanno ipotizzato che i successi nello sport potrebbero essere condizionati dalla genetica e particolarmente da quei geni che regolano la resistenza cardiovascolare e il tipo di fibra muscolare.

Dal 2004 gli scienziati hanno scoperto più di 90 geni o punti cromosomici che si crede siano responsabili per la determinazione delle prestazioni atletiche. Oggi il conteggio è salito a 220 geni.

Il fatto di aver individuato un certo numero di geni che possono contribuire all'alta prestazione è davvero avvincente, ma una larga parte degli scienziati è oramai orientata a ritenere che, perché sia credibile che un tratto genetico possa determinare una situazione al di fuori dell'ordinario, sarà necessario attendere di conoscere altre diverse centinaia di geni, ognuno dei quali determinante anche solo per piccole variazioni ma con un numero enorme di combinazioni possibili.

Purtuttavia anche con questa mancanza di certezza, alcune aziende hanno cercato di sfruttare ciò che è stato appreso finora per commercializzare test genetici, affermando che sia possibile individuare precocemente le predisposizioni atletiche di un bambino.

Le varianti genetiche più popolari nei test esaminati sono ACTN3 e ACE I/D, entrambe relativamente ben studiate. Ma se alcune prove suggeriscono un legame con una maggiore prestazione fisica, questo però è molto debole, rendendo il valore predittivo di questi test "virtualmente pari a zero".

Variante del gene ACTN3.

La proteina sarcomerica  $\alpha$ -actinina-3 è un componente cruciale della linea Z nei muscoli, dove agisce da ancoraggio per i filamenti di actina nelle fibre a contrazione rapida di tipo II. Queste fibre sono essenziali per generare contrazioni rapide e potenti, rendendole fondamentali per attività ad alta intensità e basate sulla potenza come lo sprint e il sollevamento pesi. Il gene che codifica questa proteina, ACTN3, presenta un polimorfismo (altresì detto mutazione nonsenso) che comporta la sostituzio-



La maratona femminile  
ai Giochi olimpici di Parigi 2024

ne di un residuo di arginina (R) con un codone di stop prematuro (X). Si ritiene che la deficienza di  $\alpha$ -actinina-3 possa compromettere la capacità del muscolo di generare contrazioni rapide e vigorose, risultando potenzialmente deleteria per l'esecuzione di movimenti veloci ed esplosivi. Gli individui con almeno un allele R (genotipo RR o RX) producono  $\alpha$ -actinina-3, mentre quelli con due alleli X (genotipo XX) ne sono privi, il che correla con un più rapido declino della forza e della funzione muscolare. Il polimorfismo ACTN3 (R577X) è stato ampiamente studiato negli atleti di sport di potenza, rivelando una maggiore frequenza dei genotipi RR e RX tra gli atleti d'élite di sprint rispetto agli atleti di resistenza d'élite e ai gruppi di controllo. Questo suggerisce che l' $\alpha$ -actinina-3 influenzi positivamente la funzione muscolare scheletrica, migliorando le contrazioni vigorose ad alte velocità e offrendo un vantaggio evolutivo grazie a prestazioni di sprint superiori. Il gene studiato in relazione alla resistenza fisica, ACE, ha fornito anch'esso risultati incerti.

L'ACE (enzima di conversione dell'angiotensina) è un componente chiave del sistema renina-angiotensina-aldosterone, responsabile della generazione dell'angiotensina II, un ormone vasocostrittore, e della degradazione delle chinine, che sono invece vasodilatatrici. La variazione genetica polimorfica ACE I/D è stata la prima variante genetica specifi-

ca a essere associata alla performance fisica umana. La variazione sul gene ACE umano è dovuta alla inserzione/delezione di una sequenza di 287 paia di basi. Pertanto, gli individui possono essere portatori di due condizioni, gli individui D (delezione) privi delle 287 paia di basi che si presentano con una versione di ACE ridotta per dimensione ma con funzionalità normale. Dall'altra parte invece gli individui I (inserzione) che portano il polimorfismo che aggiunge la sequenza di 287 paia di basi, generando perciò una proteina ACE di lunghezza aumentata ma con funzionalità scarsa. Un eccesso dell'allele I è stato associato a determinati aspetti della performance di resistenza. Questo allele viene considerato una mutazione favorevole poiché una minore attività dell'ACE si traduce in meno vasocostrizione e quindi in un aumento dell'apporto di sangue ossigenato ai muscoli durante l'attività (VO<sub>2</sub> max aumentata). Quindi, si ritiene che gli individui che possiedono almeno un allele I (genotipo II o ID) abbiano un vantaggio maggiore nelle attività di resistenza, come la corsa, il ciclismo e il nuoto, dove la richiesta di ossigeno è cruciale. Contrariamente i portatori del genotipo DD sono stati associati a una maggiore forza, volume muscolare aumentato e più alta quota di fibre muscolari a contrazione rapida. Facendo pertanto risultare l'allele D associato agli atleti d'élite di potenza.



I ricercatori hanno inizialmente sostenuto che le persone con una variante di ACE sarebbero avvantaggiate negli sport di resistenza e quelle con una variante diversa sarebbero più adatte a forza e potenza, ma i risultati sono ancora incerti per non dire inconcludenti. Quindi, anche se ACE e ACTN3 sono i geni più riconosciuti quando si tratta di atletica, nessuno dei due è chiaramente predittivo delle prestazioni.

È quindi inutile, per ora, cercare nel DNA la predisposizione per un determinato sport o la via per migliorare le prestazioni. In un lavoro pubblicato sul 'British Journal of Sports Medicine' arriva la bocciatura di questi test genetici già in commercio, e in forte crescita negli ultimi anni: "allo stato attuale delle conoscenze, nessun bambino o giovane atleta dovrebbe essere sottoposto a test genetici per definire o modificare bambini o adolescenti dotati", concludono gli autori.

Le varianti genetiche possono anche essere di contributo per individuare un individuo con potenzialità di atleta d'élite; questo non è però sufficiente, perché gli aspetti genetici debbono fare i conti con i fattori ambientali e culturali che intervengono pesantemente nel modellare il fenotipo complessivo. Non è possibile che individuando pochi elementi si possa pensare che una macchina complessa come

quella umana possa essere pesantemente condizionata al punto tale da poterla indirizzare verso metodi di lavoro certi e risolutivi.

La dimostrazione scientifica dell'efficacia di questi test commerciali "è semplicemente troppo debole per sostenere il loro uso", dice un gruppo di 22 esperti in genomica, e "riteniamo che allo stato attuale i risultati di un serio studio sui dati in questione siano molto limitati".

#### ...ma in futuro?...

Ciò che manca veramente è un approfondito studio sui geni che controllano il cervello e il sistema nervoso. Quando i vari organi preposti alla prestazione vengono sottoposti a stress allenante, inviano segnali al cervello perché cessi questo stato anomalo. Negli atleti d'élite troviamo una straordinaria capacità di resistere a questi segnali. Si può solo immaginare il numero di geni che controllano i neurotrasmettitori, i loro recettori e i fattori che specificano il tipo di cellula neuronale, che potrebbero aumentare in maniera esponenziale la plasticità neuronale. Osservando le straordinarie prestazioni di alcuni atleti, si percepisce una qualità che si evidenzia su tutte le altre e che viene spesso chiamata con il termine inglese "stamina", cioè, "la capacità di prolungare qualsiasi attività che richieda un impegno fisico o

mentale di durata". In ogni atleta d'élite sembra esserci questa capacità di riuscire a trovare l'energia extra necessaria per allenarsi di più, migliorare i propri personali, affrontare competizioni prestigiose, magari primeggiando e battendo record.

#### ...conclusioni...

Lo sport ha partecipato all'evoluzione del corpo umano?

Dal punto di vista evolutivo l'uomo si è ben adattato a molte specialità sportive come, ad esempio, la corsa su lunghe distanze; per cui è possibile ipotizzare che la maggior parte di noi non sia stato ancora in grado di esprimere tutto il potenziale genetico in suo possesso. Però con la giusta modulazione degli allenamenti, il contributo della scienza nonché con una guida nutrizionale esatta, insieme alla voglia di eccellere, la maggior parte di noi potrebbe ottenere risultati molto più soddisfacenti di quanto avesse mai sognato. E questa è l'idea affascinante che deve costituire l'elemento fondante dello sport in generale e dell'atletica leggera in particolare.

Appare inoltre in tutta evidenza che lo sport, soprattutto negli ultimi due secoli, sia stato uno dei motori principali della evoluzione umana. La progressiva importanza sociale si è realizzata non solamente nella necessità di movimento, ma, con l'aggiunta di un corollario di scienze (biomeccanica, alimentare, psicologica), che ne fanno attualmente uno degli aspetti più rilevanti della vita di relazione umana, esso è diventato un momento centrale della vita al giorno d'oggi. È divenuto l'asse portante della nostra cultura.

Il patrimonio culturale viene trasmesso tra le generazioni in due modalità. Da una parte una trasmissione verticale che risulta essere molto conservativa; i genitori trasmettono il linguaggio, i vari comportamenti e le proprie conoscenze apprese nel corso del tempo e mutate a loro volta dai progenitori, con una modalità evolucionistica lenta. Dall'altra una trasmissione orizzontale con caratteristiche innovative e caratterizzata da mutamenti anche rapidi.

A questo tipo di trasmissione appartiene l'atletica leggera, il cui contributo si è realizzato attraverso il miglioramento continuo dal punto di vista tecnologico, sociale, culturale. Riteniamo quindi di poter rispondere positivamente a questo interrogativo, certi che le ulteriori e fantasmagoriche accelerazioni scientifiche del futuro vedranno l'atletica leggera in prima linea.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Per la parte evolutiva ci siamo avvalsi dei molteplici volumi scritti dal dott. Y.A. Harari professore all'università di Gerusalemme:

- Da animali a dei (breve storia dell'umanità)

- Homo deus (breve storia del futuro)
- Sapiens (i padroni della storia)
- Nexus (breve storia delle reti di informazione)
- Noi inarrestabili (come ci siamo presi il mondo)
- 21 lezioni per il XXI secolo
- Guerra segreta nel medioevo (operazioni speciali al tempo della cavalleria)

Per i tipi di Bompiani

Inoltre un poderoso contributo ci è arrivato dal dott. David E. Lieberman professore all'Università di Harvard con la sua

- Storia del corpo (evoluzione, salute e malattia) Ed. Codice

Notevole anche l'aiuto che ci è stato dato dall'agile pubblicazione del biologo dott. Jared Diamond

- L'evoluzione dell'animale uomo ed. Bollati-Boringhieri

Per la parte storico-sportiva hanno contribuito vari autori incontrati nelle nostre esplorazioni su internet, ma ci piace sottolineare gli scritti di Gustavo Pallicca per la sua precisa e puntuale definizione storica degli argomenti affrontati.

Per la parte scientifica finale ci siamo appoggiati a: A Lucia, M e coll.

- C34T mutation of the AMPD1 gene in an elite white runner J Sports Med 2006;40:e7

Daniel G Macarthur 1, Kathryn N Nord

- Il polimorfismo Trp64Arg nel gene ADRB3 è associato a prestazioni di resistenza d'élite.

Daniel G Macarthur 1, Kathryn N Nord

- Geni e prestazioni atletiche d'élite umane

Lieberman DE, Bramble DM. 2007.

- L'evoluzione della maratona: capacità nell'uomo. Sport Med. 37:288-90 38

Lucia A, e coll. 2005.

- PPARGC1A genotipo (Gly482Ser) predice un'eccezionale capacità di resistenza negli uomini europei. 99:344-48

Ahmetov II, Egorova ES, Gabdrakhmanova LJ, Fedotovskaya ON. Med Sport Sci. 2016;61:41-54.

- Geni e prestazioni atletiche: un aggiornamento. Un Buxens, JR Ruiz, D'Arteta, M Artieda, C Santiago, M González-Freire, Un Martinez, D Tejedor, JI Lao, F Gómez-Gallego, Una Lucia

- Possiamo prevedere le prestazioni sportive di alto livello in eventi di potenza e resistenza? Un approccio genetico

Naureen Z, Perrone M, Paolacci S, Maltese PE, Dhuli K, Kurti D, Dautaj A, Miotto R, Casadei A, Fioretti B, Beccari T, Romeo F, Bertelli M. Acta Biomed 2020;91(13-S):e2020012.

- Test genetico per la personalizzazione dell'allenamento sportivo.

Un particolare ringraziamento al dottor JeanMarie Robbin per la sua preziosa consulenza scientifica.







Dario Dester,  
Campionati europei, Roma 2024

# METODOLOGIA DI CONTROLLO E OTTIMIZZAZIONE DELLA PRESTAZIONE NELLE PROVE MULTIPLE. IL SIGMOIDE DEL DECATHLON E DELL'EPTATHLON

## Salvo Leonardi

60 anni, originario della provincia di Catania, allenatore specialista prove multiple, laureato in Fisica e in Scienze Motorie, attuale responsabile delle prove multiple del settore tecnico della FIDAL Sicilia, collabora con diversi Istituti scolastici per la promozione dell'atletica leggera nei paesi etnei, allena da quasi 15 anni, prima nella

Questo articolo è il frutto di una rielaborazione, nello specifico un estratto di una lunga tesi (project work), che Salvatore Leonardi (autore del documento) ha presentato in occasione dell'esame per il corso specialisti 2024. Esso presenta una nuova visione delle prove multiple, sia maschili che femminili.

Poiché il punteggio obiettivo può essere ottenuto in tanti modi, combinando i punteggi delle singole discipline, diventa essenziale per il tecnico conoscere le potenzialità dell'atleta e la struttura del punteggio di ogni singola gara.

Lo scopo di questa bellissima ricerca, incentrata essenzialmente sull'analisi statistica, attraverso la specifica definizione del parametro "Efficienza di Prestazione", studia in maniera approfondita come si concatenano le prestazioni delle varie specialità, definendo una metodologia di controllo e ottimizzazione della prestazione e quindi del punteggio delle prove multiple.

L'analisi della distribuzione del punteggio nell'eptathlon e nel decathlon dei migliori 10 atleti/e italiani, esposti in alcuni interessanti grafici, pone un interessante quesito: le specialità in cui si rilevano i peggiori punteggi sono dovute ai criteri delle formule adottate dalla WA per determinare i punteggi oppure dalla preparazione atletica con cui si affrontano le prove multiple?

Questo studio vorrebbe dare una risposta, attraverso l'analisi statistica e la definizione di opportuni parametri di controllo, con l'intento di studiare in maniera approfondita la struttura delle prove multiple.

Al primo parametro preso in considerazione, che fornisce utili informazioni sulla struttura della prova multipla, viene assegnato il termine "Efficienza di prestazione", determinato dal rapporto tra il valore medio della prestazione di una data specialità "PPM" ottenuta da atleti dediti alle prove multiple e il valore medio della prestazione della medesima specialità "PPI" ottenuta da atleti che praticano poche specialità individuali appartenenti allo stesso gruppo di specialità.

I dati statistici forniti con questo studio riguardano gli atleti italiani presenti rispettivamente nelle graduatorie del decathlon e dell'eptathlon della World Athletics, per un periodo di tempo che comprende gli ultimi 10 anni, dal 2015 al 2024. Una esauriente trattazione viene riservata alla metodologia di lavoro adottata ed ai dati analizzati e commentati.

L'utilizzo di questa indagine statistica ai fini della determinazione dell'indice di efficienza, ha consentito

di elaborare una serie di grafici, presentati ed opportunamente commentati, che stimolano significative valutazioni e considerazioni in merito alla maggiore importanza della preparazione degli atleti rispetto ai criteri di punteggio WA.

Gli andamenti dei grafici si prestano ad essere rappresentati con funzioni di tipo sigmoideo, portando ad interessanti considerazioni di carattere matematico che avranno poi utile ricaduta in applicazioni pratiche, finalizzate al miglioramento della prestazione dell'atleta.

Illustrate le caratteristiche matematiche della funzione sigmoidea canonica e generica, si cerca di verificare se è possibile realizzare un fit dei dati dell'Efficienza di Prestazione con una funzione di tipo sigmoideo, dimostrando dettagliatamente la procedura matematica utilizzata per il decathlon e per l'eptathlon.

Dall'analisi matematico-statistica emerge una buona corrispondenza tra l'andamento della curva che rappresenta l'efficienza di prestazione e quella del fit della funzione sigmoidea, consentendo di trarre diverse considerazioni pratiche sull'applicazione del sigmoide per valutare il livello di preparazione dell'atleta e ottenere indicazioni di miglioramento nelle singole specialità. Al fine di motivare l'utilità pratica dell'utilizzo della funzione sigmoidea, anche come mezzo di controllo dell'allenamento durante l'intera stagione, ne viene proposto un esempio applicativo, spiegando tutti i passaggi e traendone le relative considerazioni e dando utili suggerimenti.

Vengono infine delineati possibili sviluppi futuri di questa metodologia di indagine statistica, accennando ad alcune linee di ricerca, al fine di consolidare le correlazioni rilevate, perfezionando o aggiornando la funzione sigmoidea, in relazione a nuovi dati.

È stato infine illustrato il "Rendimento di Punteggio", consentendo, in maniera simile all'Efficienza di Punteggio, di estrarre informazioni in grado di tenere conto del diverso peso del punteggio attribuito alle varie specialità come conseguenza della non linearità intrinseca alle formule matematiche.

In conclusione con l'introduzione della funzione sigmoidea è stata identificata una nuova metodologia di controllo e ottimizzazione della Prestazione del punteggio nelle prove multiple, che lascia prevedere ulteriori positivi sviluppi.

**Giuliano Grandi**

ASD Freelance Athletics Paesi Etni, successivamente nella ASD Freelance AZ. Ha seguito e segue vari atleti, anche per importanti ASD fuori Sicilia, con i quali ha partecipato a oltre 50 Campionati italiani su pista in diverse specialità, ha avuto in passato incarichi come accompagnatore della rappresentativa siciliana cadetti di cross, su pista e nella marcia, come Fiduciario tecnico

e Consigliere federale provinciale, e Osservatore di talento del progetto pista nazionale.

**Supervisor:**  
**Stefano Corte**

Ph.D. in scienze dell'esercizio fisico e del movimento umano presso l'università di Verona



Allenatore specialista di prove multiple e responsabile regionale del Veneto delle prove multiple  
Insegnante di educazione fisica presso I.C. Valdobbiadene  
Allenatore di diversi multiplisti di livello nazionale tra i quali un atleta con il punteggio di 6631 punti nel Decathlon allievi

#### Graziano Camellini

Allenatore Benemerito; Allenatore dal 1976, specialista del settore prove multiple dal 2007.  
Formatore nei Corsi Nazionali per la qualifica di Allenatore e Allenatore Specialista.  
Dal 2012 al 2024 ho ricoperto diversi ruoli tecnici nell'ambito del settore prove multiple.

Dal 2012 al 2026 ho ricoperto il ruolo di referente per il settore giovanile e del settore femminile assoluto, successivamente, dal 2016 al 2024 ho avuto il privilegio

di guidare il settore assoluto maschile e femminile. Guidare il settore prove multiple tra il 2018 al 2024 è stata una bellissima avventura, grazie alle prestazioni dei suoi migliori interpreti al maschile e al femminile, il settore è stato proiettato in una dimensione che era ormai dimenticata, è stata una esperienza vissuta con tecnici e atleti che mi è stata offerta da un settore tecnico Nazionale che ha saputo credere e investire anche in queste specialità. Questa attenzione ha contribuito a dar voce e ridare vitalità a tecnici competenti, disponibili e collaborativi che hanno saputo cogliere il momento positivo per le specialità del Decathlon e dell'Eptathlon.

Da dicembre del 2024 e per il quadriennio 2025 - 2028 ho assunto l'incarico di Fiduciario Tecnico di Fidal Lombardia, un nuovo incarico, diverso, come diversi devono essere gli obiettivi di chi ha il compito di guidare la struttura tecnica di una Regione.

## INTRODUZIONE

Come è noto, nella competizione delle prove multiple la classifica degli atleti viene determinata dalla somma dei punteggi conseguiti nelle diverse specialità. Per ogni specialità, come stabilito alla data dalla World Athletics, l'attribuzione del punteggio relativo alla prestazione avviene tramite delle tabelle di punteggio [1], generate da specifiche formule matematiche i cui criteri di definizione, nel corso degli anni, sono stati oggetto di varie modifiche nel tentativo di rendere comparabili prestazioni provenienti da specialità diverse tra loro e la cui valutazione richiede misure di grandezze non omogenee come tempi e distanze.

Per quanto detto, si intuisce che il tentativo di ottenere il massimo punteggio possibile si presta a delle speculazioni di compromesso delle prestazioni nelle varie specialità. Fissato per esempio un punteggio obiettivo, questo può essere ottenuto con una casistica infinita di combinazioni di punteggi e quindi di prestazioni. Nell'ottica di ottenere il miglior punteggio possibile, la conoscenza innanzitutto delle caratteristiche e quindi del potenziale dell'atleta rispetto alle varie specialità, nonché la struttura del punteggio rispetto alle stesse specialità, sono conoscenze irrinunciabili per l'allenatore di prove multiple. Dove guardare, da dove partire e cosa allenare nelle prove multiple per ambire al punteggio più alto, è alquanto complesso e allo stesso tempo

ricco di possibilità che possono restare talvolta inesplorate.

Lo scopo di questo lavoro, fondato essenzialmente sull'analisi statistica, attraverso la specifica definizione del parametro efficienza di prestazione [2], studia in maniera approfondita come si concatenano le prestazioni delle varie specialità, definendo una metodologia di controllo e ottimizzazione della prestazione e quindi del punteggio delle prove multiple.

## LA DISTRIBUZIONE DEL PUNTEGGIO

La distribuzione del punteggio nelle specialità delle prove multiple, eptathlon e decathlon, mostra un andamento che si presta a delle interessanti considerazioni. Le Figure 1 e 3 riportano il valore medio del punteggio delle migliori 10 eptatlete e 10 decatleti italiani della categoria Assoluti estratti dal sito della FIDAL, per le specialità che afferiscono alle prove multiple, dal 2022 fino al 31 luglio 2024, secondo la sequenza di gare previste nella 1^ e 2^ giornata. Nelle Figure 2 e 4 sono stati riportati gli stessi dati delle Figure 1 e 3, ordinati però per valori crescenti della media del punteggio.

Dal grafico 2 si osserva che, nel caso dell'eptathlon, le specialità dei lanci mostrano punteggi più bassi, seguono poi i salti e infine le gare di corsa che mostrano invece punteggi più alti. La specialità del mezzofondo degli 800 metri si attesta in mezzo a

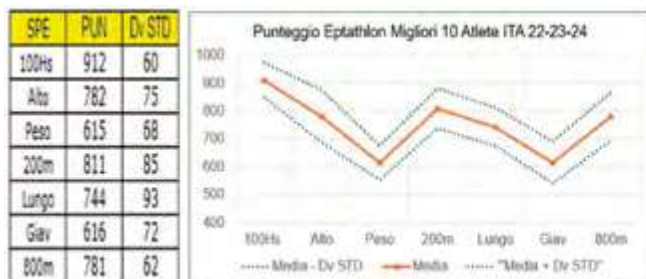


Figura 1 - Punteggi Migliori 10 Eptatlete ITA 22+24 1° e 2° giornata

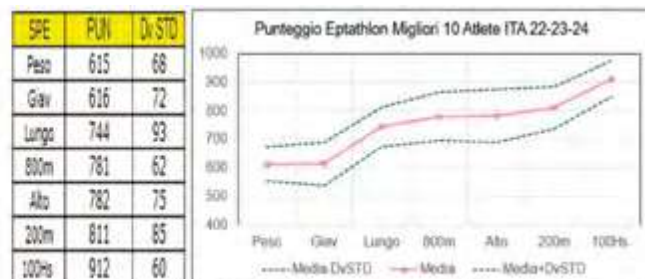


Figura 2 - Punteggi di Figura 1 ordinati per valori crescenti

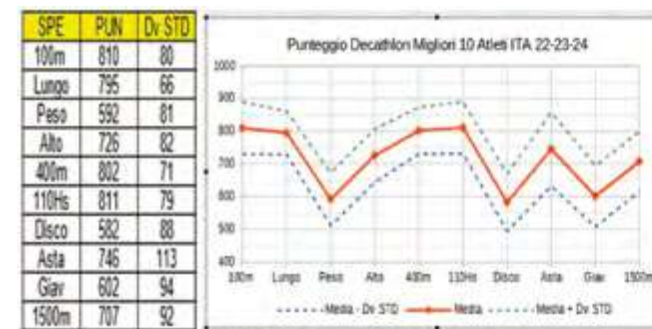


Figura 3 - Punteggi Migliori 10 Decatleti ITA 22+24 1° e 2° giornata

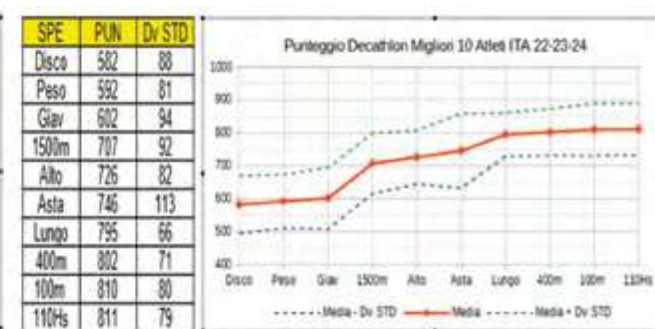


Figura 4 - Punteggi di Figura 1 ordinati per valori crescenti

quelle dei salti. L'andamento dei dati sembra pertanto suggerire un certo raggruppamento di punteggio rispetto ai tre gruppi di specialità quali lanci, salti e corsa. Un andamento simile si osserva anche per i dati della Figura 4, inerenti alle specialità del decathlon. I lanci precedono i salti che a loro volta precedono le corse veloci, e la specialità di mezzofondo dei 1500 metri si colloca tra le specialità dei lanci e dei salti.

L'analogia dell'andamento del punteggio rispetto ai tre gruppi di specialità quali lanci, salti e corsa e per di più per entrambe le tipologie di prove multiple, maschile e femminile, pone dei quesiti. Ci si chiede se l'andamento del punteggio è conseguenza del criterio di attribuzione dei punteggi previsto dalle formule della WA, oppure è generato dalla preparazione atletica nelle prove multiple che intrinsecamente condiziona le prestazioni secondo quel dato andamento. Nel corso dell'articolo si cercherà di dare risposta a questo intrigante quesito attraverso l'analisi statistica e la definizione di opportuni parametri di controllo, con l'intento di studiare in maniera approfondita la struttura delle prove multiple.

## IL PARAMETRO "EFFICIENZA DI PRESTAZIONE"

Definiamo il parametro "Efficienza di Prestazione" come il rapporto tra il valor medio della prestazione della data specialità " $P_{PM}$ " ottenuta da atleti dediti alle prove multiple e il valor medio della prestazione della medesima specialità " $P_{PI}$ " ottenuta da atleti che praticano poche specialità individuali appartenenti allo stesso gruppo di specialità.

$$1) \quad E_p = \frac{\overline{P_{PM}}}{\overline{P_{PI}}}$$

Partendo dal presupposto che gli atleti di alto livello in specialità singole o in poche specialità affini riescano a raggiungere il top prestativo, mentre gli atleti che praticano le prove multiple in più specialità non affini nelle singole date specialità raggiungano un livello prestativo inferiore, appare evidente come l'Efficienza di Prestazione è un indice che, per quella data specialità, misura indirettamente il gap della prestazione tra atleti che praticano le prove multiple e atleti che praticano prove individuali. Per quanto detto, ci si aspetta che il valor medio della prestazione  $P_{PM}$  sia sempre inferiore al valor medio della prestazione  $P_{PI}$ , l'Efficienza di Prestazione  $E_p$  sarà pertanto statisticamente inferiore a 1. La valutazione del gap trasversalmente alle specialità che afferiscono alle prove multiple, è pertanto in grado di restituire utili informazioni in merito alla struttura delle prove multiple, poiché per ogni specialità, il parametro  $E_p$  pesa il contributo di quella data specialità rispetto alle altre prestazioni conseguite dall'atleta.

Si osservi anche che il parametro  $E_p$ , intrinsecamente alla definizione, non dipende dai criteri di assegnazione del punteggio rispetto alla data prestazione; pertanto, qualsiasi variazione riscontrata trasversalmente alle varie specialità sarà da ricercare come contributo alle caratteristiche e alla preparazione dell'atleta piuttosto che ad eventuali artefatti criteri di punteggio estranei all'atleta stesso. Inoltre, a prescindere dalla tipologia della specialità, sia essa valutabile spazialmente come nel caso dei lanci e dei salti, sia temporalmente come nel caso delle gare di corsa, il parametro  $E_p$  permette un confronto immediato della bontà della prestazione relativa a tutte le altre prestazioni che afferiscono alle prove multiple, poiché dipende dal quoziente di due valori omogenei e quindi adimensionale. Se si verificasse per esempio che il gap restasse pressoché costante trasversalmente a tutte le specialità oppure, al contrario, mostrasse un andamento che richiami una qualche caratteristica, questo in ogni caso darebbe delle indicazioni per migliorare la prestazione dell'atleta.



## LA STATISTICA PRESA IN ESAME

Le considerazioni che scaturiranno da questo lavoro si basano su dati statistici inerenti atleti italiani presenti rispettivamente nelle graduatorie del decathlon e dell'eptathlon della World Athletics [3] per un periodo di tempo che comprende gli ultimi 10 anni, dal 2015 al 2024.

Nel caso dell'eptathlon, per ogni anno sono stati estratti i dati delle migliori atlete presenti in graduatoria fino ad un punteggio di 4400 punti, corrispondenti complessivamente a 209 gare di prove multiple per un totale di 209 gare x 7 specialità => 1463 dati distinti elaborati, generati nella fattispecie da 82 atlete diverse.

Nel caso del decathlon, per ogni anno sono stati estratti i dati dei migliori atleti fino ad un punteggio di 6400 punti corrispondenti a 110 gare di prove multiple per un totale di 110 gare x 10 specialità => 1100 dati distinti elaborati, generati da 46 atleti diversi.

Questo significa che delle 209 gare di eptathlon e delle 110 gare di decathlon, 127 gare per l'eptathlon e 64 gare per il decathlon sono state generate da atleti che nel corso dei 10 anni figurano più di una volta nella popolazione statistica individuata, e che quindi probabilmente contribuiscono con un peso nell'andamento della prestazione che è caratteristico di quel dato atleta. Tuttavia, i dati di queste gare sono stati generati in date e contesti diversi; ai fini della valutazione dei parametri scelti possono pertanto considerarsi come dati distinti e quindi significativi ai fini dell'elaborazione statistica.

Per valutare il parametro  $E_p$ , necessita per definizione confrontare i dati delle singole specialità che afferiscono alle prove multiple con i dati delle corrispondenti specialità generati però da atleti che hanno preso parte a gare individuali. A tal proposito, dal sito della World Athletics sono stati estratti i dati generati dagli atleti italiani della top list delle specialità individuali corrispondenti alle singole specialità delle prove multiple.

Allo scopo di rendere quanto più possibile omogeneo il confronto del campione dei dati in 10 anni tra prove multiple e prove individuali, per ogni anno e per ogni specialità individuale sono state estratte lo stesso numero di gare corrispondenti al numero di gare scaturito dal criterio di punteggio utilizzato per le prove multiple e quindi 209 gare totali per l'eptathlon, generate da 424 atlete diverse e 110 gare per il decathlon, generate da 366 atleti diversi. Considerando che ogni eptatleta genera 7 dati corrispondenti a 7 diverse specialità e che, ogni decatleta genera 10 dati corrispondenti a 10 diverse specialità, ai fini di una valutazione statistica omogenea del parametro  $E_p$ , per ogni atleta di prove multiple, sia per l'eptathlon sia per il decathlon, deve statisticamente corrispondere una certa percentuale di

dati individuali provenienti ovviamente da altrettanti atleti individuali diversi. Nella fattispecie, per l'eptathlon si hanno 82 eptatlete diverse x 7 specialità = 574 dati provenienti da atlete diverse, a cui corrispondono 424 atlete individuali diverse, ossia il 74%. Per il decathlon si hanno 46 decatleti diversi x 10 specialità = 460 dati provenienti almeno da atleti diversi, a cui corrispondono 366 atleti individuali diversi, ossia il 79%.

La percentuale residua del 26% per l'eptathlon e del 21% per il decathlon, proviene da dati generati da atleti che nel corso degli anni si sono cimentati più volte nella stessa specialità e che quindi nel computo della statistica si presentano più volte. Anche nel caso degli atleti individuali, tuttavia, i dati delle gare acquisite dal sito della World Athletics sono stati generati in date e contesti diversi, quindi anche le percentuali residue dei dati relativi ad atleti individuali che nel corso dei 10 anni figurano nella popolazione scelta più di una volta nella data gara, ai fini della valutazione dei parametri scelti, sono da considerarsi come valori distinti e quindi statisticamente significativi.

Riepilogando, la popolazione dei dati per l'elaborazione statistica dei parametri oggetto del presente lavoro si basa sull'acquisizione di 209 gare x 7 specialità = 1463 dati, rispettivamente sia nel caso dell'eptathlon sia nel caso delle gare individuali corrispondenti alle gare dell'eptathlon e, di 110 gare x 10 specialità = 1100 dati, rispettivamente sia nel caso del decathlon sia nel caso delle gare individuali corrispondenti alle gare del decathlon.

Infine, allo scopo di mantenere omogeneo il gap del confronto dei dati per tutte le specialità, vale a dire,  $P_{PM} < P_{PI}$ , per le gare di corsa quali 200m, 100Hs, 800m per l'eptathlon e 100m, 110Hs, 400m e 1500m per il decathlon, in fase di elaborazione dei dati il valore numerico della data prestazione è stato convertito in velocità, così da avere la prestazione della data specialità " $P_{PM}$ " per gli atleti che praticano le prove multiple, sempre inferiore alla prestazione della data specialità " $P_{PI}$ " rispetto ad atleti che praticano le specialità individuali.

## EFFICIENZA DI PRESTAZIONE

Nella Figura 5, è riportato l'andamento per valori crescenti dell'Efficienza di Prestazione " $E_p$ " in percentuale (curva in arancio) e relativo errore percentuale, secondo i dati acquisiti dalla statistica di cui al precedente paragrafo [4] per l'eptathlon. Nel grafico della Figura 6 è riportato lo stesso andamento nel caso del decathlon.

Le linee tratteggiate in blu e verde in entrambi i grafici di Figura 5 e 6, rappresentano l'errore rispetto al valore dell'Efficienza di Prestazione, calcolato come propagazione degli errori delle deviazioni standard

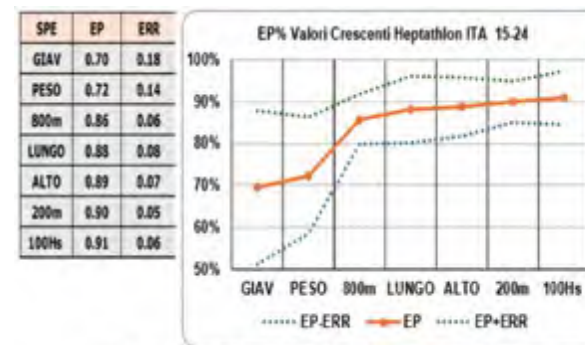


Figura 5 - Ep Eptathlon ITA 4400 punti 2015-2024

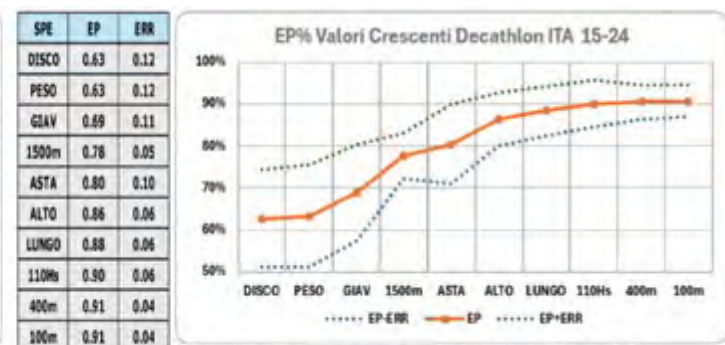


Figura 6 - Ep Decatleti ITA 6400 Punti 2015-2024

rispetto al valore medio della prestazione della data specialità " $P_{PM}$ " e al valor medio della prestazione della medesima specialità " $P_{PI}$ ".

Le tabelle accanto ai grafici riportano i dati espressi nei rispettivi grafici, incluso l'errore calcolato come prima detto.

Come si può osservare da entrambe le figure, l'andamento dell'Efficienza di Prestazione  $E_p$  trasversalmente a tutte le specialità delle prove multiple non è costante, piuttosto le specialità dei lanci mostrano valori più bassi mentre i salti mostrano valori intermedi rispetto alle specialità di corsa e lanci, e le specialità del mezzofondo 800 metri e 1500 metri si attestano entrambe tra quella dei lanci e dei salti. La massima escursione del parametro  $E_p$  è di circa il 20% nel caso dell'eptathlon e di quasi il 30% nel caso del decathlon. Il fatto che la variazione di  $E_p$  sia non inferiore al 20% in entrambi i casi di prove multiple, femminile e maschile, e soprattutto che nel caso dei lanci  $E_p$  si discosti notevolmente rispetto alle specialità di corsa veloce, dimostra che per entrambe le tipologie di prove multiple, eptathlon e decathlon, la sequenza delle specialità per valori crescenti di  $E_p$  segue la stessa sequenza di andamento per gruppi di specialità quali lanci, salti e corsa. Questo induce ragionevolmente a dedurre che l'andamento dell'Efficienza di Prestazione sia dovuto al condizionamento atletico e tecnico degli atleti, nella fattispecie italiani in questo caso, che praticano le prove multiple.

A tal proposito, vale la pena rimarcare in questo contesto di analisi come nel paragrafo [3] sia stato detto che la definizione stessa di Efficienza di Prestazione non dipende dal criterio di punteggio stabilito dalle formule della WA, ma soltanto dalla prestazione e, quindi, dagli atleti.

Per gli atleti dediti alle prove multiple, come conseguenza della preparazione ad ampio raggio su diverse discipline che richiedono un compromesso atletico non indifferente rispetto agli atleti che praticano solo le prove individuali, per definizione stessa della Efficienza di Prestazione, ci saremmo aspettati una  $E_p$  inferiore al 100 %. Tuttavia, valo-

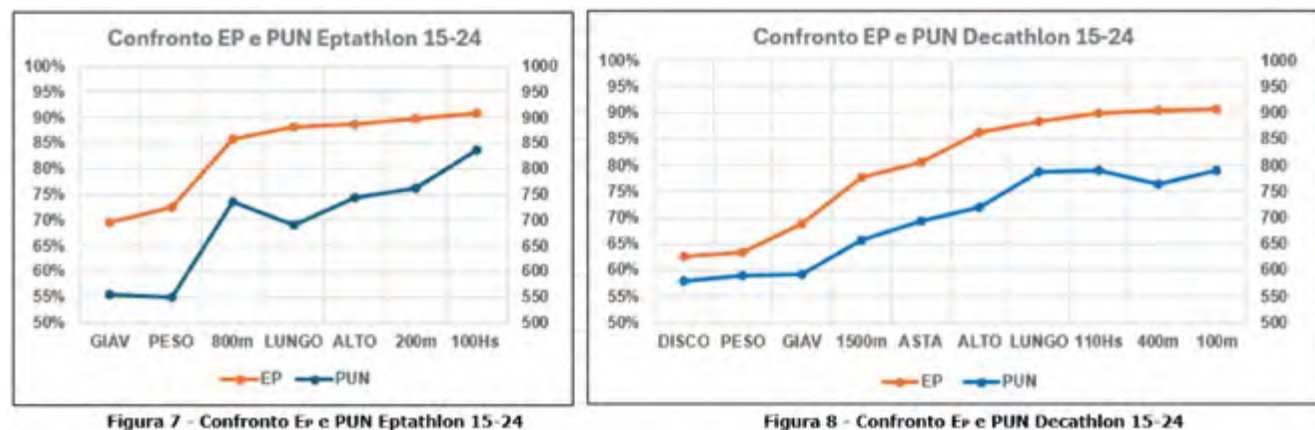
ri addirittura inferiori al 65% nel peso e nel disco, specie nel caso del decathlon, nonché l'andamento monotono crescente rispetto ai tre diversi gruppi di specialità tale da produrre una variazione di quasi il 30% tra corsa veloce e lanci, sono un risultato, non immediato da dedurre, inatteso e pertanto interessante, svelato grazie al parametro  $E_p$ . Si osserva che, anche tenendo conto della curva statistica degli errori delle linee tratteggiate blu (minimo) e verde (massimo), fatta eccezione per l'asta, le specialità dei salti riescono a mantenere un valore di  $E_p$  minima non inferiore all'80%, mentre i lanci assumono valori molto inferiori, fino quasi al 50% nel caso del disco e del giavellotto femminile. Nei 1500 metri si arriva sino al valore minimo di poco oltre il 70%, mentre gli 800 metri, assimilabili più alle gare di corsa veloce, superano l'85%.

## EFFICIENZA DI PRESTAZIONE E PUNTEGGIO

Nelle Figure 7 e 8 è stato riportato il confronto tra il punteggio medio conseguito dagli atleti dediti alle prove multiple e l'Efficienza di Prestazione, sia per l'eptathlon (Figura 7) sia per il decathlon (Figura 8). Come si può osservare, a meno di qualche alternanza di specialità lungo le ascisse, sia per l'eptathlon sia per il decathlon, l'andamento del punteggio rispetto alle varie specialità ripropone quasi la stessa sequenza monotona dell'Efficienza di Prestazione. Questo sembra ulteriormente confermare come l'andamento monotono della  $E_p$  rispetto ai gruppi di specialità quali lanci, salti, mezzofondo e corsa veloce, sia una caratteristica intrinseca causata dal condizionamento atletico e tecnico che caratterizza queste discipline e che quindi poi si riflette anche sull'andamento del punteggio.

Si osservi comunque che il confronto dell'andamento dei dati di questi grafici è di tipo qualitativo e non quantitativo in quanto, nelle scale delle ordinate di entrambe le Figure 7 e 8, i valori della Efficienza di Prestazione sono stati messi in corrispondenza con i valori dei punteggi tramite sovrapposizione arbitraria.





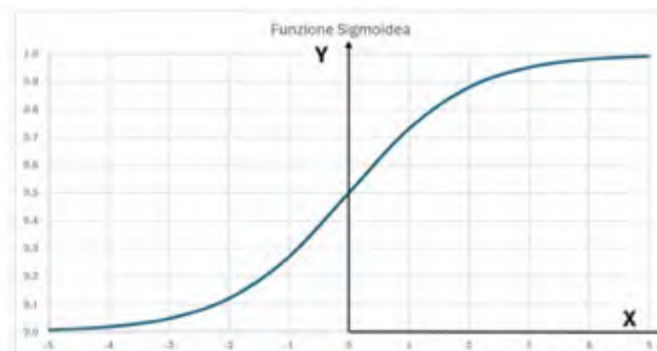
## EFFICIENZA DI PRESTAZIONE E SIGMOIDE

L'andamento della Efficienza di Prestazione  $E_p$ , si presta a delle interessanti considerazioni di carattere matematico che avranno poi utile ricaduta in applicazioni pratiche finalizzate al miglioramento della prestazione dell'atleta. L'andamento della curva dei grafici delle Figure 5 e 6 mostrano infatti un andamento monotono che, passando dai lanci alla specialità di corsa veloce, ricordano una curva ad "S" con flesso molto ampio. Questi andamenti si prestano ad essere rappresentati con funzioni di tipo sigmoideo. Nel piano cartesiano la forma canonica della funzione sigmoidea [3] è rappresentata dall'equazione [1], i cui asintoti sono delimitati

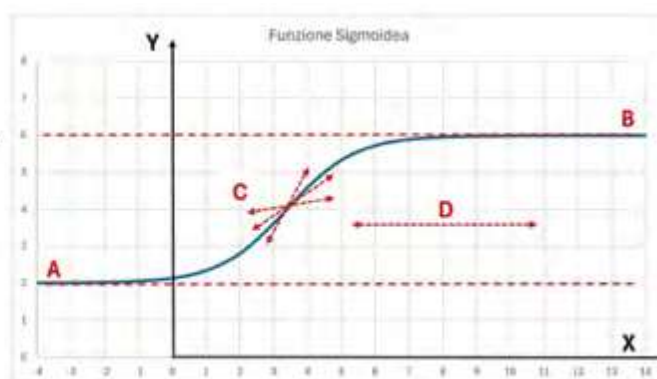
dalle rette  $Y=0$  e  $Y=1$  e coordinate del flesso  $X=0$  e  $Y=1/2$ .

Nel caso più generale riferito ad un punto del flesso qualsiasi rispetto agli assi cartesiani, la funzione sigmoidea si può esprimere in generale con l'equazione 2], dove A, B, C e D sono costanti che definiscono la posizione della funzione rispetto al piano cartesiano. Il grafico della funzione sigmoidea di Figura 10 rende chiaro il ruolo delle costanti. Le costanti A e B sono i valori rette  $Y=A$  e  $Y=B$  che delimitano gli asintoti a cui tende la funzione lungo l'asse delle ascisse. I valori della funzione sigmoidea sono pertanto limitati da questi asintoti. La costante C rende conto della rotazione della funzione attorno al

$$1] \quad S(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



$$2] \quad Y = A + \frac{(B-A) * e^{[C(X-D)]}}{(B-A) + e^{[C(X-D)]}} = A + \frac{1}{\frac{1}{(B-A)} + \frac{1}{e^{[C(X-D)]}}}$$



punto di flesso della funzione, mentre la costante D rende conto della traslazione della funzione lungo l'asse delle ascisse. Nel caso particolare in cui  $A=0$ ,  $B=1$ ,  $C=1$  e  $D=0$ , l'espressione della funzione 2] restituisce la classica funzione canonica dell'equazione 1] di Figura 9.

Si cercherà adesso di verificare se è possibile realizzare un fit dei dati dell'Efficienza di Prestazione con una funzione di tipo sigmoideo, ovvero se i dati pratici si sovrappongono a quelli teorici della funzione matematica. Bisogna innanzitutto mettere in relazione i punti della Efficienza di Prestazione con la curva sigmoidea, vale a dire creare la corrispondenza tra i valori delle ascisse della funzione sigmoidea con le singole specialità delle prove multiple. Nel caso del decathlon, per esempio, riprendendo in esame i valori di  $E_p$  della Figura 6 e attribuendo arbitrariamente 1 alla specialità con  $E_p$  più bassa (disco), 2 alla successiva (peso) e così via fino alla decima con efficienza più alta (100m), si ottiene la corrispondenza tra i valori delle ascisse della funzione sigmoidea e le varie specialità. La Tabella 7 e la Figura 11 chiariscono il concetto.

Creata la corrispondenza ascisse-specialità, si possono ricavare i valori delle costanti dell'equazione 2] tali da accordare l'andamento della funzione sigmoidea con la Efficienza di Prestazione. I valori delle costanti A e B, vale a dire minimo e massimo

asintotico della funzione sigmoidea, possono ricavarsi dalla tabella 7 o dal grafico di Figura 11. Per il valore di massimo, sembra che la funzione sigmoidea raggiunga il valore asintotico per  $B=0.91$  (100m), mentre per il valore di minimo per  $A=0.63$  (disco). Poiché il punto 1 (disco) deve corrispondere al punto 1 della funzione sigmoidea, si pone  $D=5$  per effettuare una traslazione di 5 unità della curva sull'asse delle ascisse, mentre per la costante C che determina la rotazione del punto di flesso si osserva sperimentalmente un buon fit per  $C=1.20$ .

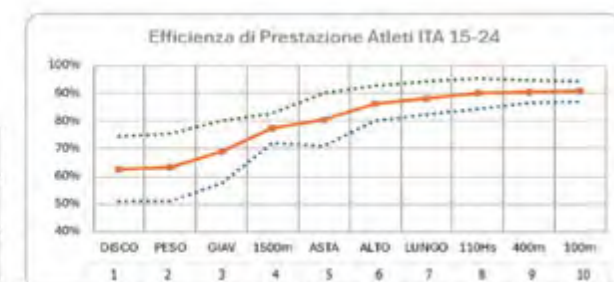
Il grafico e la tabella di Figura 12 riportano il fit della funzione sigmoidea ottenuto per  $A=0.62$ ,  $B=0.91$ ,  $D=5$  e  $C=1.20$ .

Come si può notare, il fit si accorda abbastanza bene con la curva dell'Efficienza di Prestazione. I valori di efficienza del giavellotto, dei 1500 metri e di tutte le corse veloci, mostrano uno scarto inferiore all'1%. Si discostano di qualche percento in più le specialità dei salti, passando mediamente dal 2% nel lungo e nell'alto sino al 4% dell'asta.

Analogamente al caso del decathlon, è stata seguita la stessa procedura per estrarre il sigmoide anche nel caso dell'eptathlon (tabelle e grafico di Figura 13), dove nelle tabelle, oltre ai valori delle costanti A, B, C e D, sono stati riportati anche i dati della prestazione media di ogni specialità degli atleti individuali (colonna PMI) e degli atleti dediti all'eptathlon (colonna PME).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DISCO	PESO	GIAV	1500m	ASTA	ALTO	LUNGO	110Hs	100m	400m
63%	63%	68%	78%	80%	86%	88%	90%	91%	91%

Tabella 7 - Corrispondenza Specialità Decathlon vs  $E_p$



COST	A	C	D	B
VAL	0.62	1.20	5.00	0.91
SPE	X	EP D ITA	EP D FIT	SCARTO
DISCO	1	0.63	0.63	0.16%
PESO	2	0.63	0.64	1.23%
GIAV	3	0.69	0.69	0.09%
1500m	4	0.78	0.77	0.81%
ASTA	5	0.80	0.84	4.05%
ALTO	6	0.86	0.89	2.30%
LUNGO	7	0.88	0.90	1.95%
110Hs	8	0.90	0.91	0.75%
400m	9	0.91	0.91	0.39%
100m	10	0.91	0.91	0.30%





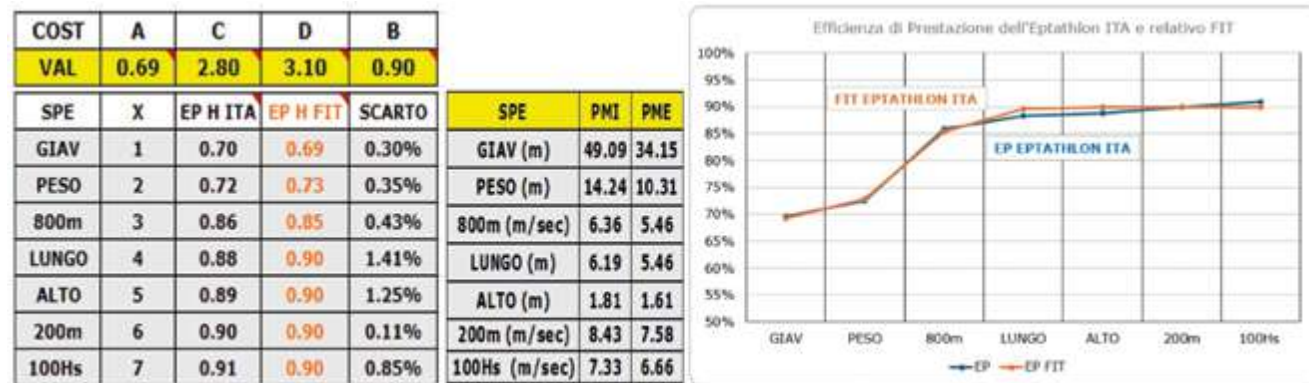


Figura 13 - Confronto Efficienza di Prestazione dell'Eptathlon e FIT della Funzione Sigmoidale

Anche nel caso dell'eptathlon il fit della funzione sigmoidea si accorda abbastanza bene con la curva dell'Efficienza di Prestazione; meglio che nel caso del decathlon, lo scarto infatti è inferiore all'1% per quasi tutte le specialità, di poco superiore solo per il salto in lungo e il salto in alto. In sintesi, dunque, sia per il decathlon sia per l'eptathlon, l'Efficienza di Prestazione si può esprimere attraverso una funzione sigmoidea semplicemente estraendo i valori delle costanti A e B, rispettivamente disco e 100m per il decathlon, giavellotto e 100 hs per l'eptathlon.

### APPLICAZIONE DEL SIGMOIDE

Il sigmoide può essere utilizzato come supporto guida per valutare il livello di preparazione dell'atleta e ottenere indicazioni utili sul miglioramento rispetto alle varie specialità. Nel paragrafo precedente si è osservato che il sigmoide della Efficienza di Prestazione, per le specialità di corsa veloce mostra un plateau verso i valori massimi e un quasi plateau per i lanci verso i valori minimi. Si ricordi che

il sigmoide esprime l'andamento dell'Efficienza di Prestazione  $E_p$ , definito come il rapporto tra il valor medio della prestazione della data specialità " $P_{PM}$ " ottenuta da atleti dediti alle prove multiple e il valor medio della prestazione della medesima specialità " $P_{PI}$ " ottenuta da atleti dediti a specialità individuali appartenenti allo stesso gruppo di specialità. L'Efficienza di Prestazione individuale di ogni singolo atleta rispetto al valore medio della  $E_p$ , si distribuisce nell'intorno delle linee tratteggiate blu e verdi dei precedenti grafici delle Figure 5 e 6 (Figura 14). Queste curve riflettono l'andamento della  $E_p$  individuale degli atleti al completamento della data stagione cui si riferisce la statistica in esame.

Le curve di Efficienza di Prestazione individuale si "intrecciano" per così dire attorno al valore della  $E_p$  del decathlon, rispecchiando ognuna di esse le caratteristiche del dato atleta considerato. Il flusso generale dei dati si distribuisce però mediamente attorno alla  $E_p$  con un andamento che ricorda una S molto aperta. Il flusso dei dati delle specialità dei

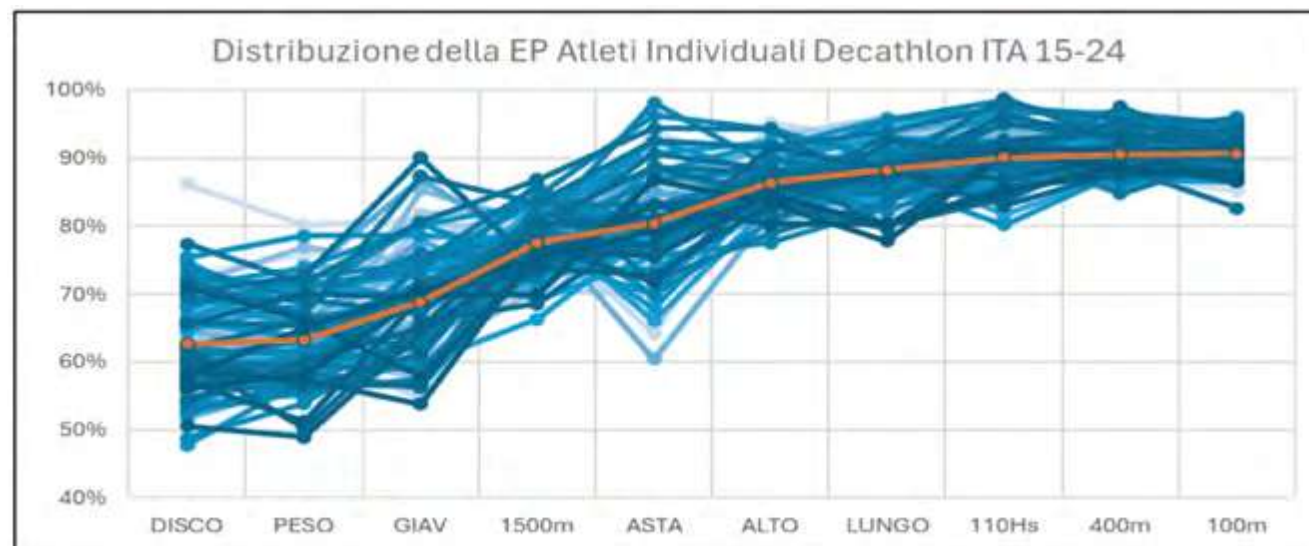


Figura 14 - Distribuzione della EP degli atleti individuali nell'intorno della funzione Sigmoidale del Decathlon

SPE	SPECIALITÀ	X	SPE	TEST	PMI	EP-TEST	S-ATLETA	S-STAT	PP-ATLETA
TEST	TEST GIORNO	1	DISCO (m)	24.00	57.06	0.42	0.43	0.63	24.43
PMI	PRESTAZIONE MEDIA ITALIANA ATLETI SPECIALITÀ INDIVIDUALI	2	PESO (m)	NA	18.53	NA	0.45	0.64	8.26
EP-TEST	EFFICIENZA PRESTATIVA GIORNO DEL TEST	3	GIAV (m)	NA	72.89	NA	0.50	0.69	36.12
S-ATLETA	VALORE DEL SIGMOIDE DELL'ATLETA DOPO IL TEST	4	1500m (m/sec)	NA	6.82	NA	0.60	0.77	4.09
S-STAT	VALORE EFFICIENZA PRESTAZIONE SIGMOIDE STATISTICO	5	ASTA (m)	NA	5.30	NA	0.73	0.84	3.87
PP-ATLETA	PRESTAZIONE TEORICA DELL'ATLETA DERIVATA DAL SIGMOIDE	6	ALTO (m)	1.60	2.21	0.72	0.82	0.89	1.80
		7	LUNGO (m)	NA	7.79	NA	0.85	0.90	6.64
		8	110Hs (m/sec)	7.71	7.88	0.98	0.86	0.91	6.81
		9	400m (m/sec)	NA	8.64	NA	0.87	0.91	7.50
		10	100m (m/sec)	8.47	9.74	0.87	0.87	0.91	8.47

Agenda della Tabella 8

Tabella 8 - Estrazione Dati Sigmoidale Atleta

lanci e l'asta mostrano variazioni attorno al valore della  $E_p$  di poco inferiore al 20%, mentre le gare di corsa, dai 1500 metri fino alla corsa veloce e i salti, mostrano valori inferiori dal 10% sino al 7% dei 100 metri.

Utilizzando la funzione sigmoidea nel corso della preparazione stagionale, è possibile risalire, per ogni specialità, anche alla prestazione presunta dall'atleta in maniera indicativa rispetto al dato periodo di riferimento. Ai fini della ricerca del migliore punteggio possibile per l'atleta, una delle principali difficoltà, infatti, risiede proprio nel confrontare e pesare le prestazioni dell'atleta l'una rispetto alle altre nel tentativo di individuare dove migliorare la prestazione in generale.

La funzione sigmoidea può rivelarsi un valido supporto. Noti i valori di  $E_p$  degli estremi del presunto sigmoide dell'atleta (lanci e corsa veloce), vale a dire i valori di A e B, è possibile generare il sigmoide dell'atleta e quindi risalire, per ogni specialità, alla prestazione presunta dall'atleta in quel dato periodo della preparazione. Prendendo per esempio il caso del decathlon, basta effettuare un qualsiasi test delle specialità afferenti alle estremità della curva del sigmoide, uno nelle specialità di corsa veloce (100m) e uno nelle specialità dei lanci (disco), in modo da ricavare il valore di B e di A da cui poi estrarre il sigmoide proprio dell'atleta, ossia i valori della  $E_p$  per ogni specialità ponendo nella formula [2] le costanti  $C=1.20$  e  $D=5.00$ . La procedura a seguire e la tabella 8 chiarisce come estrarre il sigmoide e quindi la  $E_p$  dell'atleta.

Ipotizziamo, per esempio, che in un dato periodo della preparazione stagionale si abbiano a disposizione dei dati di prestazione dell'atleta nelle varie specialità, estratti da una serie di test o di gare, come per esempio riportato nella 3° colonna della tabella 8 (colonna test).

Test nei 100 metri = 11.80" (8.47 m/sec), Test nel disco = 24.00 metri, Test nel salto in alto = 1.60 metri, test nei 110Hs = 14.26" (7.71 m/sec).

Tra questi test figurano i dati utili per estrarre le costanti A e B alle estremità del sigmoide, vale a dire 100 metri e disco. Qualora nel periodo di riferimento questi dati non fossero disponibili, basterebbe effettuare dei test specifici per acquisire il dato.

Noti i valori statistici della media delle prestazioni degli atleti individuali ITA 15-24 (vedi 4° colonna della tabella, colonna PMI), per ognuno di questi test è possibile ricavare l'Efficienza di Prestazione individuale dell'atleta (5° colonna, colonna EP-test)

3]  $E_p = (\text{Prestazione Test Atleta}) / (\text{Prestazione Media Individuale})$

Nel caso dell'esempio considerato, per i 100 metri si ottiene  $E_p=0.87$ , per il disco si ottiene  $E_p=0.42$ , per l'alto si ottiene  $E_p=0.72$ , per i 110Hs si ottiene  $E_p=0.98$  (valori in rosso nella 5° colonna della tabella, colonna EP-test). Per quanto detto precedentemente, si ha  $E_p=0.87=A$  e  $E_p=0.42=B$ . Noti i valori delle costanti A e B, utilizzando i valori delle costanti C e D estratti in precedenza, la precedente formula 2) del sigmoide

$$Y = A + \frac{1}{\frac{1}{(B-A)} + \frac{1}{e^{[C(X-D)]}}}$$

restituisce in automatico i valori della  $E_p$  presunta dell'atleta, per tutte le specialità del decathlon (valori in verde della 6° colonna della tabella, colonna S-atleta). Basta adesso applicare la formula inversa della 3] per ottenere le prestazioni presunte dell'atleta nel dato periodo di riferimento (valori in rosso della 8° colonna della tabella).

4] Prestazione Presunta Atleta =  $E_p \cdot (\text{Prestazione Media Individuale})$



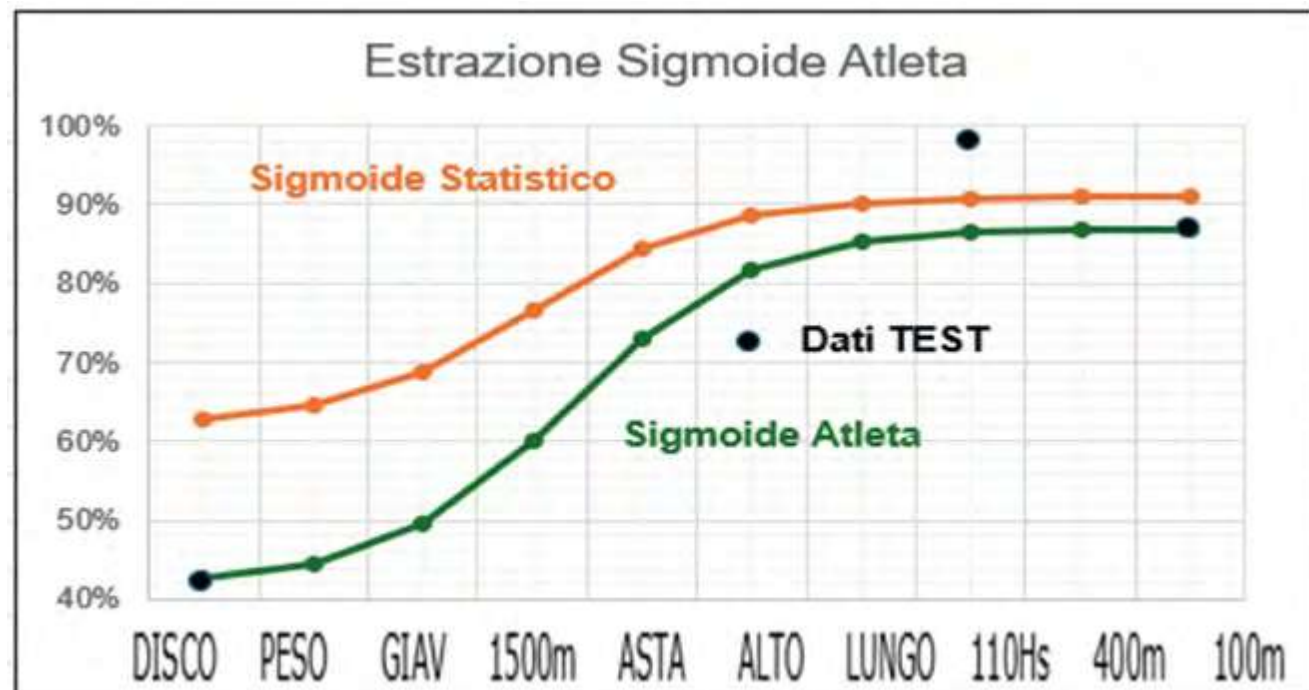


Figura 15 - Esempio di Grafico di Estrazione del Sigmoide dell'Atleta

La Figura 15 chiarisce quanto ricavato. I marker neri rappresentano i dati dei test. La curva verde rappresenta il sigmoide dell'atleta (colonna S-atleta), la curva arancio il sigmoide della  $E_p$  (colonna S-stat) della statistica presa in considerazione in questo lavoro.

Dal grafico estratto si possono ricavare delle considerazioni interessanti. Il semplice confronto dello scarto tra i dati dei test (marker di colore nero) e il sigmoide statistico (curva in arancio), offre spunti di riflessione importanti. Lo scarto tra le efficienze vale -0.21 per il disco, -0.17 per l'alto, -0.04 per i 100m e 0.07 per i 110Hs. Appare pertanto evidente che rispetto ai dati statistici, l'atleta si discosta sensibilmente di più nel disco, poi nel salto in alto e nei 100m, mentre nei 110Hs la Efficienza di Prestazione è sopra la media statistica.

Il confronto invece tra i dati dei test (marker di colore nero) e il sigmoide presunto dell'atleta (curva in verde) fa vedere che rispetto al periodo di riferimento dei test, il salto in alto è quello che richiede più attenzione nell'immediato.

Man mano che la preparazione procede verso gli appuntamenti stagionali, l'atleta potrebbe per esempio effettuare altri test in altre specialità e/o ripetere altri test nelle specialità chiave per estrarre i parametri A e B, in modo da verificare l'evoluzione del proprio sigmoide e quindi verificare se nei lanci piuttosto che nei salti o nella corsa veloce, tende a migliorare la prestazione verso la curva del sigmoide statistico. A tal proposito, per esempio, potrebbe essere utile collocare nel grafico di Figura 15

il target stagionale desiderato dall'atleta, espresso in termini di  $E_p$  delle specialità di riferimento, per esempio una per ogni gruppo di specialità, così da valutare l'evoluzione dello scarto man mano che la preparazione procede, oppure collocare altri target rispetto alle caratteristiche dell'atleta, a discrezione del tecnico.

Quanto mostrato per il decathlon, vale a dire la procedura riassunta nella tabella 8, può ovviamente essere riproposta anche per l'eptathlon, con l'accortezza che l'estrazione della funzione sigmoidea individuale deve essere ottenuta utilizzando i valori delle costanti  $C=2.80$  e  $D=3.10$  (vedi dati delle tabelle di Figura 13).

#### SIGMOIDE E CORRELAZIONE TRA SPECIALITÀ (SVILUPPI FUTURI)

Nel corso di illustrazione di questo lavoro si è visto che le specialità del gruppo dei lanci, dei salti e della corsa veloce, hanno Efficienza di Prestazione i cui valori sono dipendenti dal gruppo di appartenenza. In particolare, i lanci mostrano efficienza più bassa, le corse veloci più alta e i salti intermedia. Potrebbe essere probabile che dietro l'andamento della Efficienza di Prestazione espressa dalla funzione sigmoidea si cela un meccanismo in qualche modo correlato con la tipologia delle specialità degli atleti dediti alle prove multiple che genera il condizionamento prestativo sigmoideo. Le specialità che caratterizzano le prove multiple, infatti, pur essendo diverse tra loro comprendono dei gesti atletici che possono risultare più o meno affini. Ci si aspetta

perciò intuitivamente che l'andamento della funzione sigmoidea dell'Efficienza di Prestazione trasversale alle varie specialità, potrebbe essere correlato con le affinità intrinseche alle specialità stesse.

Altro aspetto interessante da approfondire sull'uso del sigmoide riguarda la precisione della formula rispetto alle fasce di prestazioni finali del decathlon. In questo lavoro sono stati considerati gli atleti assoluti top italiani, ma sarebbe interessante verificare con gli atleti top mondiali oppure con le seconde linee italiane. Probabilmente la funzione sigmoidea non varia ma potrebbe variare di poco la formula (la costante C) per riuscire ad avere un fit migliore e quindi una maggiore previsione delle prestazioni teoriche.

Ritornando al discorso delle correlazioni, si potrebbe, per esempio, iniziare a ricercare le affinità dei gruppi omogenei e correlare le prestazioni per poi estendere il concetto ai gruppi misti attraverso la correlazione delle prestazioni, analizzando per esempio l'indice di correlazione di Pearson "R" tra le varie prestazioni delle specialità delle prove multiple e vedere se questo è a sua volta correlabile con il sigmoide stesso. Questo sarebbe un lavoro di ricerca interessante ma anch'esso laborioso che merita di essere affrontato in un altro lavoro specifico. Un altro aspetto interessante riguarda il punteggio. Utilizzando le formule di punteggio della WA,

è possibile estrarre i punteggi corrispondenti alle prestazioni.

Mettendo in correlazione l'Efficienza di Prestazione con il punteggio delle diverse specialità, potrebbe essere possibile verificare e sperimentare altre relazioni matematiche finalizzate al miglioramento della prestazione dell'atleta rispetto al punteggio da raggiungere prefissato. In altre parole, potrebbe rivelarsi utile ricercare una corrispondenza funzionale tra gli andamenti delle curve quali Efficienza di Prestazione e punteggio mostrata qualitativamente nei grafici delle Figure 7 e 8.

Estendendo questo aspetto si potrebbe per esempio validare se l'andamento del punteggio mostrato nei grafici [2 4 7 e 8], oltre ad essere, come detto, spiegabile attraverso il parametro Efficienza di Prestazione, nasconde delle variazioni di ordine secondario dipendenti, in ultima analisi dai criteri di assegnazione del punteggio espressi attraverso le formule della WA. A tale scopo, definendo il parametro "Rendimento di Punteggio"  $R_p$  in maniera simile alla Efficienza di Punteggio  $E_p$ , si potrebbero estrarre informazioni in grado di tenere conto del diverso peso del punteggio attribuito alle varie specialità come conseguenza della non linearità intrinseca alle formule matematiche.



Marta Giaele Giovannini,  
WA Combined Events Tour, Brescia 2025



$$5] \quad R_p = \frac{\overline{P_{PM}}}{\overline{P_{PI}}}$$

In questo caso, “ $R_p$ ” rappresenta il Rendimento di Punteggio ottenuto dal rapporto tra il valor medio del punteggio “ $P_{PM}$ ” attribuito alla prestazione della data specialità ottenuta da atleti che praticano le prove multiple e il valor medio del punteggio “ $P_{PI}$ ” attribuito alla prestazione di atleti che praticano poche specialità individuali appartenenti allo stesso gruppo di specialità.

### CONCLUSIONI

In questo lavoro, basato sull’analisi statistica di un’ampia popolazione di dati estratti dal sito della World Athletics comprendenti un arco temporale di 10 anni, è stata data risposta al quesito posto nell’introduzione, ossia verificare se l’andamento monotono del punteggio osservato attraverso i gruppi di specialità delle prove multiple ha una qualche relazione intrinseca rispetto, per esempio, ai vari gruppi di specialità.

A tale scopo, il parametro “Efficienza di Prestazione”  $E_p$ , definito come il rapporto tra il valor medio della prestazione della data specialità “ $P_{PM}$ ” ottenuta da atleti dediti alle prove multiple e il valor medio

**Sveva Gerevini,**  
Giochi olimpici, Parigi 2024



della prestazione della medesima specialità “ $P_{PI}$ ” ottenuta da atleti che praticano poche specialità individuali appartenenti allo stesso gruppo delle specialità del decathlon e dell’eptathlon, restituisce delle importanti indicazioni utili ai fini del monitoraggio e l’ottimizzazione della prestazione globale degli atleti dediti alle prove multiple.

Il parametro  $E_p$  mette in evidenza il fatto che i decatleti riescono ad esprimere prestazioni poco oltre il 90% nelle gare di corsa veloce, dal 90% financo all’80% nei salti inclusi i 1500 metri e inferiore al 70% nei lanci. Le eptatlete riescono ad esprimere prestazioni pressoché al 90% nella corsa veloce e nei salti, di poco inferiore al 90% negli 800 metri e inferiore al 75% nei lanci.

In particolare, nel corso del lavoro è stato appurato come il parametro statistico  $E_p$  possa essere assunto come modello attraverso l’espressione matematica di funzioni sigmoidee, sia nel caso del decathlon sia nel caso dell’eptathlon. La funzione sigmoidea, sia per il decathlon sia per l’eptathlon, dimostra la funzionalità dell’andamento dei dati dell’Efficienza di Prestazione ed è estraibile anche individualmente per ogni atleta tramite la valutazione di due test, ovvero, disco e 100m per il decathlon e, giavellotto e 100Hs per l’eptathlon. Il sigmoide, basandosi sulla valutazione presunta delle prestazioni dell’atleta, consente in pratica di monitorare la prestazione nel corso della preparazione stagionale e quindi di ottimizzarne il punteggio. In definitiva, in questo lavoro è stata identificata una nuova metodologia di controllo e ottimizzazione della prestazione del punteggio nelle prove multiple.

Il lavoro sin qui svolto si presta anche a degli interessanti approfondimenti in merito alle affinità dei gesti atletici che si ripetono nelle prove multiple e le relative implicazioni analitiche in grado di correlare l’andamento della funzione sigmoidea trasversalmente alle varie specialità con le affinità dei gesti stessi intrinseci alle specialità.

Ai fini del monitoraggio e della ottimizzazione della prestazione e quindi del punteggio obiettivo dell’atleta dedito alle prove multiple, sarebbe interessante investigare anche sulle implicazioni pratiche che può avere l’utilizzo del parametro Rendimento di Punteggio  $R_p$  e del confronto dello stesso con la  $E_p$ , nell’ottica della statistica più ampia considerata in questo lavoro, allo scopo di trarre delle indicazioni ausiliarie a quelle pratiche sin qui scaturite grazie all’applicazione del sigmoide.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] IAAF Scoring Tables for Combined Events (Edition 2001, Reprint 2016)
- [2] Tesina Allenatori Specialisti 2025 - [www.freelanceathleticszafferana.it](http://www.freelanceathleticszafferana.it)
- [3] <https://worldathletics.org/records/toplists>
- [4] Funzione sigmoidea - Wikipedia

**Andrea Cerrato, Campionati italiani prove multiple, Busto Arsizio 2025**







## SECONDA PARTE

# SISTEMI A SENSORI FOTOELETTRICI PER MISURARE L'ALTEZZA DI SALTO E QUANTITÀ CINEMATICHES TEMPORALI DELLA CAMMINATA, DELLA MARCIA E DELLA CORSA

### Marco Salvagnini

Neolaureato in Management dello sport e delle attività motorie e tecnico per l'automazione e i sistemi meccatronici, ha lavorato come tecnico metrologico alle scansioni laser e alla compatibilità elettromagnetica. Ha pubblicato nel 2022 "Cinematica dei 100 metri": volume tratto dalla tesi di laurea triennale. Ha praticato atletica, specialità 100 metri e 60 metri indoor, fino alla categoria juniores, ottenendo diversi podi regionali. Precedentemente aveva praticato basket, sport in cui ha vinto un titolo nazionale CSI con la squadra di Terme Euganee.

Come anticipato sul precedente numero (1-2025), proponiamo ora la seconda ed ultima parte di questo approfondito studio.

Ora è la volta di trattare l'OptoGait per esaminare la cinematica della camminata e della marcia, per valutarne l'applicabilità ai fini della misurazione delle quantità cinematiche temporali della corsa (su treadmill e su pista), per utilizzarlo come strumento di riferimento e validazione di altri apparati.

Richiamate le tre criticità di OptoJump, che ne limitano l'utilizzo, si descrivono i miglioramenti che sono stati apportati con la nuova versione, OptoGait, consentendo in tal modo non solo di rilevare con maggiore precisione l'altezza del salto, ma di poterlo utilizzare per misurare grandezze cinematiche temporali fondamentali nella camminata e nella marcia, sia sulla pista di atletica che su treadmill, citando inoltre una modalità aggiuntiva consistente nella possibilità di delimitare un rettangolo di misura con barre disposte perpendicolarmente a quelle dei moduli.

Gli studi trattati in questa seconda parte riguardano la validazione di OptoGait o OptoJump Next (variante di OptoGait) per la misurazione dei tempi delle diverse fasi del passo nella camminata e dei tempi di contatto e di volo durante la marcia e la corsa.

Innanzitutto vengono trattate le quantità cinematiche della camminata citando alcuni studi compiuti negli ultimi dieci anni.

Altri studi hanno indagato la possibilità di usare OptoGait per misurare le quantità cinematiche temporali della corsa (tempo di contatto, tempo di volo e frequenza) su treadmill e la possibilità di utilizzare OptoJump Next, 2 sensori inerziali PARTwear MPU-9150 per misurare il tempo di contatto di un passo di corsa su una pista di atletica indoor. L'ultima parte di questo saggio è dedicata alla possibilità di utilizzare OptoGait come strumento di riferimento per la validazione di altra strumentazione per le stesse applicazioni, o in alternativa come strumento di misura per la validazione di un modello. A tal fine sono citati due studi, del 2010 e del 2021, che vengono ampiamente illustrati e commentati.

Concludendo si forniscono diversi suggerimenti e indicazioni pratiche per ottimizzare l'utilizzo dei sistemi a celle fotoelettriche e dei sensori inerziali.

Giuliano Grandi

### Relatore:

#### Armando Sangiorgio

È docente di Metodi e didattica degli sport individuali e di squadra presso l'Università Pegaso e docente di metodologia dell'allenamento presso le Federazioni Italiane di Atletica Leggera, Pallacanestro, Pugilistica, Nuoto e Pallanuoto, Calcio, Canoa e Kajak. Inoltre è tecnico nazionale di atletica specialista del settore velocità: ha allenato atleti nazionali tra i quali un componente della staffetta 4x100 bronzo agli europei e quarta ai mondiali. Precedentemente è stato responsabile metodologico e

### INDICE

#### Introduzione

1. Sensori: generalità, modellizzazione e principi fisici
  - 1.1 Sensori: definizione, classificazioni e modellizzazione equivalente
  - 1.2 Sensori a effetto piezoelettrico
  - 1.3 Sensori a effetto piroelettrico
  - 1.4 Sensori a effetto fotoelettrico
  - 1.5 Sensori a induzione elettromagnetica
  - 1.6 Sensori a effetto termoelettrico
2. Caratteristiche fondamentali dei sensori ideali e reali
  - 2.1 Sensori ideali e sensori reali: funzione di trasferimento
  - 2.2 Caratteristiche statiche dei sensori
  - 2.3 Caratteristiche dinamiche dei sensori
  - 2.4 Caratteristiche ambientali dei sensori
  - 2.5 Caratteristiche di affidabilità dei sensori
3. Dispositivi a sensori fotoelettrici per la misura dell'altezza di salto
  - 3.1 OptoJump: un sistema di rilevazione a celle fotoelettriche
  - 3.2 Validazione di OptoJump per la misura dell'altezza di salto
  - 3.3 Conferma della sottostima del tempo di volo in altri studi
4. OptoGait per la cinematica della camminata e della marcia
  - 4.1 OptoGait: un'evoluzione di OptoJump
  - 4.2 OptoGait per la misura di quantità cinematiche temporali della camminata
  - 4.3 Effetto del filtro sulle misure dei tempi di contatto e di volo
  - 4.4 OptoJump Next per la misura di quantità cinematiche temporali della marcia
  - 4.5 OptoGait può essere impiegato per misurare quantità cinematiche temporali della corsa su treadmill?
  - 4.6 OptoGait può essere impiegato per misurare quantità cinematiche temporali della corsa su pista?
5. OptoGait come strumento di riferimento in studi successivi
  - 5.1 Validazione di un accelerometro per la misura dell'altezza di salto
  - 5.2 Il RedFIR per la stima dei parametri di un modello cinematico dei 100 metri

#### Conclusioni

#### Bibliografia e sitografia

della preparazione fisica della Nazionale Italiana di Pugilato dal 1996 al 2002 e della Nazionale Italiana di pallanuoto dal 2002 al 2006. Ha praticato atletica, specialità 100 metri, correndo in 10.8 s nel 1973.

#### 4. OPTOGAIT PER LA CINEMATICA DELLA CAMMINATA, DELLA MARCIA E DELLA CORSA

##### 4.1 OPTOGAIT: UN'EVOLUZIONE DI OPTOJUMP

Abbiamo visto come OptoJump di Microgate abbia trovato un'applicazione nella misura indiretta dell'altezza di salto, tuttavia il suo utilizzo rimaneva comunque abbastanza limitato a causa dei suoi 3 limiti più evidenti: la scarsa risoluzione spaziale, l'impossibilità di impostare la quantità massima di sensori che possono non rilevare il segnale dei rispettivi LED (in quanto intercettato dal piede) per la quale si possa ancora considerare il perdurare della fase di volo, e l'impossibilità di regolare il tempo minimo in cui deve risultare verificata la condizione che innesca il riconoscimento della fase di volo affinché questa possa essere effettivamente decretata. La risoluzione spaziale è davvero scarsa in quanto i LED dell'unità trasmettente e i sensori dell'unità ricevente distano ciascuno 3.125 cm dal precedente e dal successivo: una distanza abissale che non consente di misurare direttamente le grandezze cinematiche spaziali, come ad esempio la lunghezza dei passi durante la camminata, in quanto non consente di determinare dove "inizia" e dove "finisce" il piede. La seconda criticità di OptoJump è il fatto che sottostima inevitabilmente il tempo di volo in quanto, come illustrato nella prima parte di questo lavoro, c'è un intervallo di tempo in cui nessuno dei piedi è a contatto con il suolo, ma almeno un piede intercetta il segnale di almeno un LED. Questa è la ragione per cui sarebbe stato utile poter impostare via software una quantità di sensori che possano non rilevare il segnale, ma nonostante questo considerare l'istante appartenente alla fase di volo. OptoGait, il successore di OptoJump, porta dei miglioramenti proprio riguardo questi aspetti cruciali: la densità lineare dei LED è stata aumentata da 32 LED al metro a 96 LED al metro, e la distanza tra 2 LED consecutivi si è conseguentemente ridotta da 3.125 cm a 1.041 cm, il che implica che la risoluzione spaziale è migliorata. Inoltre con OptoGait, la Microgate cerca di porre rimedio anche al problema della sottostima del tempo di volo: ora la fase di contatto non viene più necessariamente identificata come l'intervallo di tempo in cui c'è almeno un sensore che non rileva il segnale, ma è invece possibile impostare la quantità minima (diversa da 0) di sensori che devono non rilevare il segnale affinché sia identificata la fase di contatto. Questa idea viene dal fatto che quando al termine di un salto o di un passo di corsa il piede tocca nuovamente terra c'è una porzione del piede che atterra per prima (l'avampiede per chi vuole evitare infortuni), e questa è anche la prima che intercetta il cammino ottico dei segnali quando siamo ancora nella fase di volo. Analogamente all'inizio del salto o del passo di corsa questa è invece l'ultima a togliersi dal cammino ottico quando la fase di volo è già iniziata.



Figura 23: OptoGait, evoluzione di OptoJump con miglior risoluzione spaziale e possibilità di regolazione. Immagine tratta dal sito ufficiale Microgate

In altre parole con OptoGait è possibile impostare un valore minimo di sensori  $n_{\min} \geq 1$  tale che se una quantità di sensori da 0 a  $n_{\min} - 1$  non rileva il segnale allora il sistema identifica quell'istante come appartenente alla fase di volo, mentre se una quantità di sensori maggiore o uguale a  $n_{\min}$  non rileva il segnale allora il sistema considera quell'istante appartenente alla fase di contatto. Inoltre, OptoGait consente anche di impostare la durata minima del tempo di volo affinché questa possa essere effettivamente decretata. Questa funzionalità è utile per gli atleti che competono nella marcia, una disciplina olimpica in cui teoricamente non sarebbe consentito perdere il contatto con il suolo con entrambi i piedi; tuttavia da studi<sup>70</sup> di oltre 30 anni fa è stato stabilito che i giudici di gara non sono in grado di rilevare in modo

ripetibile (e senza il ricorso a strumenti di misurazione) tempi di volo minori di 40 ms. Nonostante questi studi siano datati, continuano a essere citati come riferimento a tale soglia in studi molto più recenti<sup>71</sup> che trattano di grandezze cinematiche nella marcia, così come anche nello studio che tratteremo in cui si cerca di determinare il valore ottimale di  $n_{\min}$  per la tecnica della marcia.



Figura 24: OptoGait serie da 2 moduli, PC connesso alla barra ricevente e 2 videocamere ad alta frequenza. Immagine tratta dal sito ufficiale Microgate

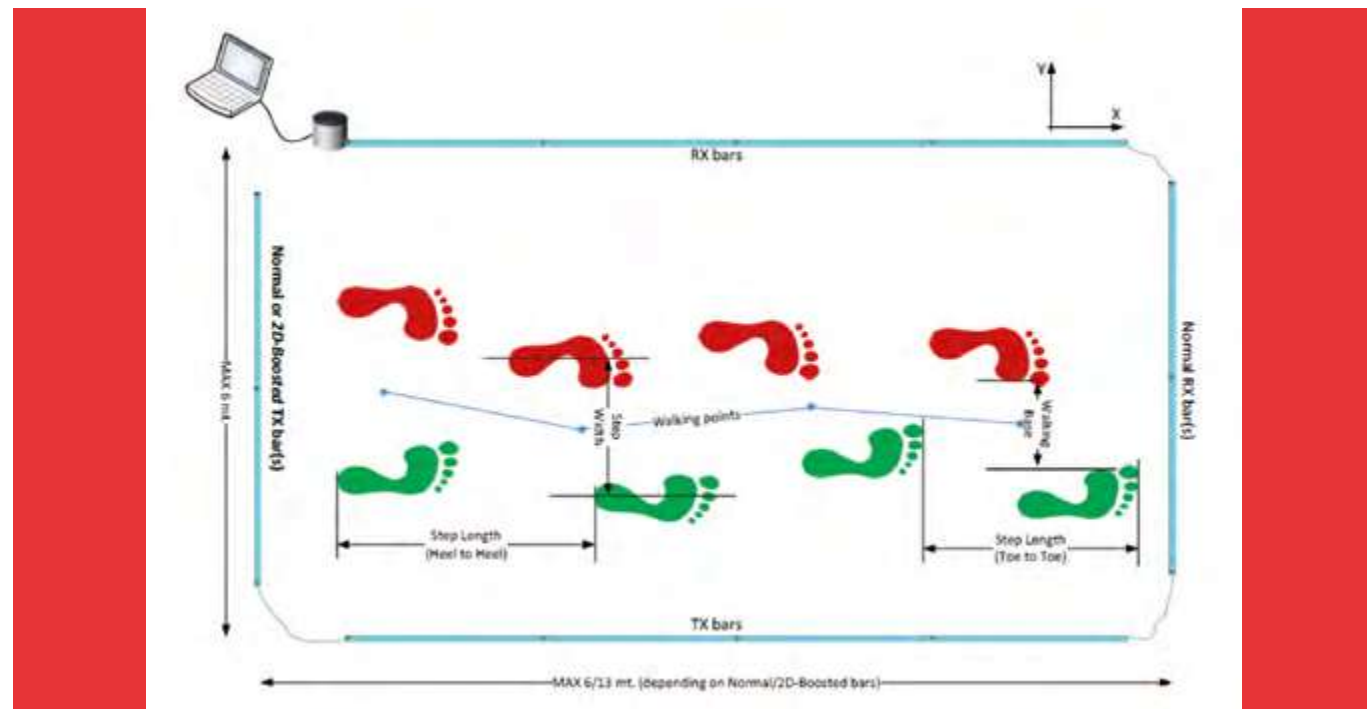
Ancora, OptoGait ha esteso le opzioni di modularità fino a un massimo di 100 moduli, anche se i kit disponibili nel mercato sono generalmente di 1,5 oppure 10 moduli. Vedremo che, grazie ai miglioramenti appena illustrati, OptoGait trova applicazione nella misurazione non solo dell'altezza di salto (ricordiamo che questa è una misura indiretta), ma anche delle grandezze cinematiche temporali fondamentali nella camminata e nella marcia, sia sulla pista di atletica che su treadmill. OptoGait può essere infatti collocato su qualsiasi superficie, purché piana.



Figura 25: OptoGait installato su treadmill per misurare i tempi di contatto di ciascun piede nella camminata. Immagine tratta dal sito ufficiale Microgate



Per concludere c'è un'ultima funzionalità di OptoGait da menzionare: la possibilità di delimitare un rettangolo di misura con barre disposte perpendicolarmente a quelle dei moduli. Questa opzione, che consente configurazioni fino a 13 moduli in lunghezza e fino a 6 moduli in larghezza, servirebbe teoricamente per la misura diretta di grandezze cinematiche spaziali. Tuttavia nessuno studio tra quelli consultati ha mai considerato l'idea di impiegare moduli di OptoGait disposti lungo 2 dimensioni per questo scopo a causa della sua risoluzione spaziale che, sebbene migliorata rispetto a quella di OptoJump, resta comunque troppo bassa per fare misure dirette di grandezze spaziali. Ricordiamo infatti che la distanza tra 2 LED consecutivi è di 1.041 cm.



**Figura 26: OptoGait 2D è costituito da un massimo di 13 moduli paralleli all'asse x e 6 paralleli all'asse y. Immagine tratta dal sito ufficiale Microgate**

OptoGait è disponibile anche nella variante OptoJump Next che utilizza lo stesso hardware ma un diverso software. Pur trattandosi di 2 prodotti intercambiabili, nel seguito della nostra trattazione diremo sempre per ciascun test effettuato quale delle 2 varianti è stata impiegata. Gli studi che andremo a trattare riguardano la validazione di OptoGait o OptoJump Next per la misurazione dei tempi delle diverse fasi del passo nella camminata e dei tempi di contatto e di volo durante la marcia e la corsa.

#### 4.2 OPTOGAIT PER LA MISURA DI QUANTITÀ CINEMATICHE TEMPORALI DELLA CAMMINATA

In uno studio<sup>72</sup> del 2014, OptoGait è stato confrontato con il sistema GAITRite della CIR System, basato su sensori di pressione, per la misurazione delle grandezze cinematiche della camminata. Il GAITRite è costituito da una passerella lunga 460 cm e larga 89 cm, sotto la quale sono presenti 13.824 sensori di pressione disposti secondo una griglia lunga 360 cm e larga 61 cm. Quando un soggetto cammina sulla passerella, i sensori rilevano il contatto del piede, e di conseguenza il sistema può misurare il tempo di contatto di ciascun piede con il suolo, il tempo di volo di ciascun piede, la durata della fase nella quale un unico piede è in appoggio, la durata della fase di doppio appoggio, e il tempo totale in cui viene effettuato un passo completo. A differenza del sistema OptoGait, GAITRite consente di misurare anche la lunghezza dei passi. La velocità del singolo passo viene poi calcolata facendo il rapporto tra la lunghezza del passo e il tempo in cui viene effettuato, mentre la frequenza è l'inverso del tempo in cui viene effettuato. Di queste 2 grandezze (velocità e frequenza) si può calcolare anche il valore medio su tutta la camminata (o la corsa): la velocità media si ottiene dividendo la distanza totale percorsa per il tem-

po totale di percorrenza, mentre la frequenza media si ottiene dividendo il numero totale di passi per il tempo totale di percorrenza.

GAITRite campiona a 80 Hz, una frequenza molto bassa se paragonata a quella di OptoGait (1000 Hz) e a rigore insufficiente per rilevare differenze dell'ordine di grandezza di 0.01 s, e questa è senza dubbio una criticità di questo studio. Un'altra falla di questo studio è il fatto che non dice come sia stata ottenuta la lunghezza dei passi con OptoGait, un sistema che, come già detto in precedenza, non può fare misure dirette di grandezze cinematiche spaziali. Per questa ragione noi confronteremo solo i valori di quelle grandezze che sono state direttamente misurate con entrambi gli strumenti. Per la valutazione della cinematica della camminata è stata disposta una serie da 4 moduli di OptoGait, con il blocco ricevente alla distanza di 61 cm dal blocco trasmettente in modo da includere perfettamente la griglia di sensori di pressione di GAITRite. Hanno partecipato a questo studio 20 persone (età  $27.4 \pm 7.4$  anni, altezza  $170.9 \pm 8.8$  cm, massa  $62.3 \pm 12.4$  kg, BMI<sup>73</sup>  $21.1 \pm 2.7$  kg/m<sup>2</sup>). Ciascuno dei partecipanti ha percorso per 3 volte la passerella di GAITRite camminando lentamente. Tra la durata della fase di contatto di ciascun piede misurata<sup>74</sup> con GAITRite ( $0.72 \pm 0.08$  s per entrambi) e la stessa grandezza misurata però con OptoGait ( $0.75 \pm 0.08$  s per il sinistro,  $0.75 \pm 0.09$  s per il destro) vi è una differenza media di 0.03 s. Il t-test accoppiato ha rilevato una differenza statisticamente significativa ( $p < 0.001$ ) tra le misure effettuate dai 2 strumenti. Inoltre il t-test accoppiato ha rilevato che anche la durata della fase di volo di ciascun piede misurata con OptoGait ( $0.41 \pm 0.04$  s per entrambi i piedi) differisce in modo statisticamente significativo da quanto misurato con GAITRite ( $0.43 \pm 0.04$  s per entrambi i piedi). Notiamo che OptoGait sovrastima la durata della fase di contatto rispetto a GAITRite e sottostima la durata della fase di volo, e questo è in accordo<sup>75</sup> con quanto trovato negli studi precedenti. Notiamo inoltre che la discrepanza tra la durata della fase di supporto doppio misurata con OptoGait ( $0.31 \pm 0.06$  s) e la stessa misurata con GAITRite ( $0.27 \pm 0.05$  s) è doppia rispetto a quella tra la durata della fase di supporto singolo misurata con OptoGait ( $0.41 \pm 0.04$  s) e la stessa misurata con GAITRite ( $0.43 \pm 0.04$  s). La ragione fisica di questo dato è che la micro-fase in cui un piede intercetta il segnale dei LED di OptoGait senza però essere in contatto con il suolo influisce per -1 volta nel cronometrando della durata della fase di appoggio singolo, mentre influisce per 2 volte quando si va a misurare la durata della fase di doppio appoggio. Il tempo totale per compiere un passo è l'unica grandezza temporale che non differisce in modo significativo se misurata con OptoGait ( $0.58 \pm 0.06$  s per il sinistro,  $0.58 \pm 0.05$  s per il destro) o con GAITRite ( $0.58 \pm 0.06$  s per entrambi), e questo è dovuto al fatto che la micro-fase identificata da OptoGait come appartenente al tempo di contatto anche se non lo è influisce per 2 volte nella misura del tempo di contatto e per -2 volte nella misura della durata della fase aerea, eliminando quindi l'errore sistematico. I valori medi del tempo totale per compiere un passo<sup>76</sup> coincidono al centesimo di secondo. Riguardo invece la frequenza media dei passi, calcolata come il rapporto tra il numero totale di passi effettuati sulla passerella e il tempo totale di percorrenza, essa è risultata di  $105.08 \pm 10.10$  passi/minuto se misurata con OptoGait contro  $103.84 \pm 10.17$  passi/minuto se misurata con GAITRite, e anche per questa grandezza misurata dai 2 strumenti il t-test accoppiato ha rilevato una differenza statisticamente significativa.

Per concludere la presentazione dei risultati di questo studio non si può evitare di menzionare l'alto livello di ripetibilità delle misure effettuate con OptoGait, verificata con lo stesso test ripetuto in 3 sessioni distinte. Il coefficiente di variazione medio<sup>77</sup> per le grandezze temporali misurate e per la frequenza media dei passi varia da un minimo di 1.68% per la frequenza a un massimo di 4.06% per la durata della fase di doppio appoggio.

Risultati analoghi a quelli ottenuti in questo studio riguardo la significatività statistica della differenza tra le misure delle grandezze temporali della cinematica della camminata effettuate con OptoGait e le stesse effettuate con un altro strumento di misura sono stati ottenuti pure in un altro studio<sup>78</sup>, anche questo del 2014 e scritto dagli stessi autori, eccetto che per la frequenza media dei passi. Qui OptoGait è stato confrontato con il sistema di analisi della camminata Zebris, incorporato in un treadmill. Anche Zebris utilizza una piattaforma con dei sensori di pressione, ma c'è una differenza tra GAITRite e Zebris: in Zebris c'è un moto relativo, a velocità nota, tra la superficie sulla quale si cammina e la piattaforma<sup>79</sup> con i sensori, mentre in GAITRite no. Zebris campiona alla frequenza di 100 Hz, anche questa molto bassa rispetto alla frequenza di campionamento di OptoGait (1000 Hz). Non sorprende quindi vedere che un altro studio scritto dagli stessi autori presenta le stesse criticità. Concludiamo sottolineando il fatto che è stata confermata la buona ripetibilità delle misure effettuate con OptoGait ma qui, a differenza dell'altro studio trattato, è stato utilizzato il t-test accoppiato come ulteriore verifica per valutare la ripetibilità.

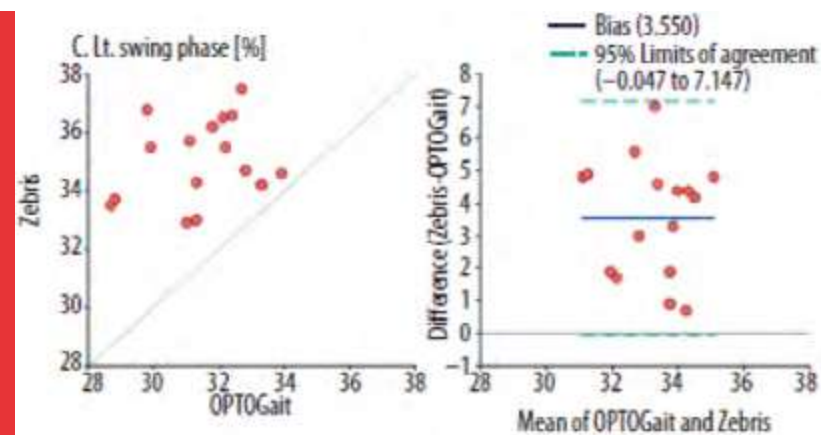


Figura 27: Durata della fase di volo del piede sinistro in percentuale sul tempo totale per compiere un passo: misure effettuate con OptoGait e con Zebis e relativo diagramma di Bland-Altman  
Grafici tratti da Lee M, Song C, Lee K, Shin D, Shin S, Agreement between the spatio-temporal gait parameters from treadmill-based photoelectric cell and the instrumented treadmill system in healthy young adults and stroke patients, *Medical Science Monitor*, 2014, Vol 20: p 1214

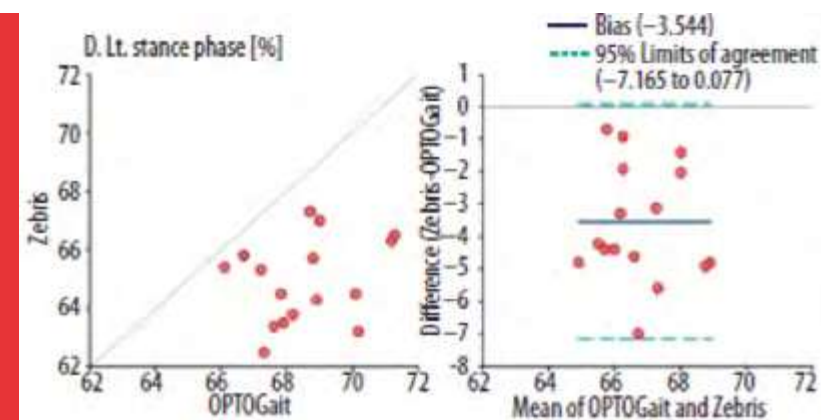


Figura 28: Durata della fase di contatto del piede sinistro in percentuale sul tempo totale per compiere un passo: misure effettuate con OptoGait e con Zebis e relativo diagramma di Bland-Altman  
Grafici tratti da Lee M, Song C, Lee K, Shin D, Shin S, Agreement between the spatio-temporal gait parameters from treadmill-based photoelectric cell and the instrumented treadmill system in healthy young adults and stroke patients, *Medical Science Monitor*, 2014, Vol 20: p 1214

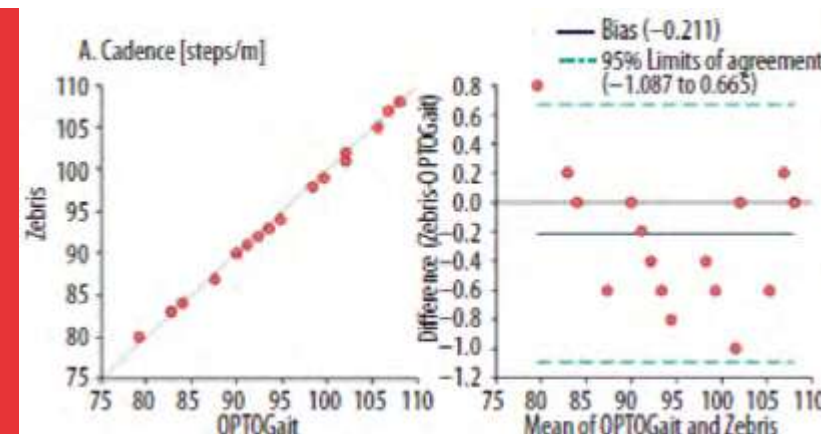


Figura 29: Frequenza media dei passi misurata con OptoGait e con Zebis e diagramma di Bland-Altman  
Grafici tratti da Lee M, Song C, Lee K, Shin D, Shin S, Agreement between the spatio-temporal gait parameters from treadmill-based photoelectric cell and the instrumented treadmill system in healthy young adults and stroke patients, *Medical Science Monitor*, 2014, Vol 20: p 1214

#### 4.3 EFFETTO DEL FILTRO SULLE MISURE DEI TEMPI DI CONTATTO E DI VOLO

Nessuno dei 2 studi trattati al 4.2 ha indagato l'effetto del filtro della quantità minima  $n_{min}$  di sensori che devono non rilevare il segnale affinché sia identificata la fase di contatto (vedi spiegazione al 4.1) sulle misure delle quantità temporali della camminata, cioè  $n_{min}$  era sempre impostato a 1, il valore di default. Il primo studio<sup>80</sup> ad analizzare l'effetto del filtro per valori di  $n_{min}$  maggiori di 1 risale al 2019: qui sono state confrontate le misure dei tempi di contatto e dei tempi di volo ottenute da una serie di 5 moduli di OptoGait con quelle ottenute da un apparato di misurazione costituito da 2 pedane di forza piezoelettriche AMTI OPT464508HF operanti alla frequenza di 1000 Hz (la stessa di OptoGait) e da un sistema di motion capture 3D, Vicon, costituito da 14 videocamere operanti alla frequenza di 100 Hz. Le 2 pedane piezoelettriche sono state disposte per rilevare i primi 2 appoggi, uno per piede. Il sistema di motion capture 3D Vicon, collegato alle 2 pedane di forza mediante un segnale di sincronizzazione, rileva l'altezza dal suolo di un marker riflettente posizionato sul malleolo laterale nei 2 istanti riconosciuti dalle piattaforme come istante iniziale e istante finale della fase di contatto. Si considera come istante iniziale della fase di contatto il primo istante in cui la pedana registra una forza di reazione al suolo maggiore di 20 N, mentre non appena essa registra una forza di reazione minore di tale soglia la fase di contatto si considera terminata.

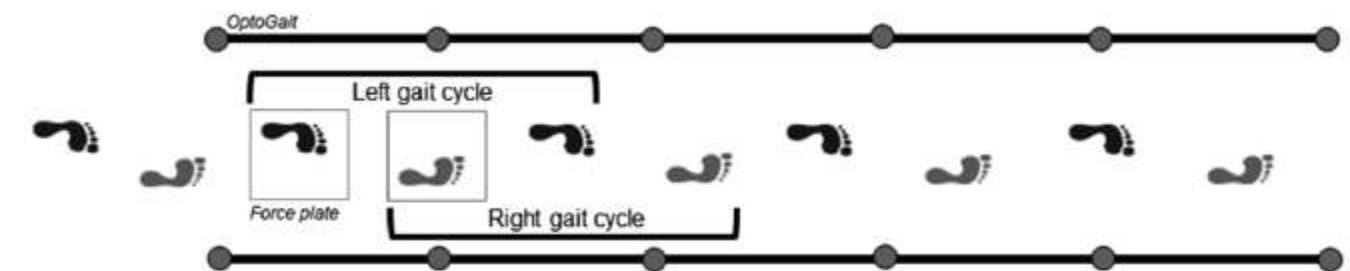


Figura 30: Schema della camminata, serie da 5 moduli di OptoGait e 2 pedane di forza per i primi 2 appoggi  
Schema tratto da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 14

Il Vicon, con l'ausilio del software Vicon Nexus v2.4, riconosce quindi lo stesso pattern per i passi successivi ai primi 2, il che gli consente di misurare la durata delle fasi di contatto e di volo per ciascun piede. Logico che è necessario che i primi 2 appoggi cadano sulle pedane di forza affinché questo apparato di misurazione funzioni, quindi sono stati ritenuti validi solo i trials in cui questo accadeva. Per ognuno dei 18 partecipanti a questo studio (età  $31 \pm 8$  anni, altezza  $170 \pm 8$  cm, massa  $72 \pm 17$  kg) sono stati registrati 5 trials validi, iniziando la camminata 5-6 m prima di raggiungere la serie da 5 moduli di OptoGait. Di questi 5 trials tuttavia solo 3 sono stati selezionati per l'analisi, e il fatto che non si faccia menzione del criterio con cui è stata effettuata la selezione è una criticità di questo studio. Per ogni soggetto sono state poi calcolate le medie aritmetiche di 8 grandezze cinematiche della camminata nei 3 trials: la durata di un ciclo completo<sup>81</sup> della camminata, la durata della fase di contatto di ciascuno dei piedi, la durata della fase di volo di ciascuno dei piedi, l'intervallo di tempo per compiere un passo<sup>82</sup>, la lunghezza del passo, la distanza percorsa in un ciclo completo della camminata, la frequenza dei passi e la velocità. Di queste 8 grandezze cinematiche tuttavia, come del resto anche negli studi precedentemente trattati, solo 5 sono state misurate direttamente anche da OptoGait: le 5 grandezze temporali. Come abbiamo fatto per gli altri studi trattati, anche qui riporteremo i risultati solo delle grandezze misurate direttamente da entrambi gli apparati. Diversamente dagli studi di 5 anni prima, questa volta è stato finalmente valutato l'effetto del filtro software di OptoGait con cui si imposta la quantità minima  $n_{min}$  di sensori che devono non rilevare il segnale per il riconoscimento della fase di contatto. Dato che, come accennato in precedenza, all'inizio e al termine della fase di contatto diverse zone del piede intercettano il cammino ottico dei segnali in istanti diversi, è intuitivo pensare che al crescere di  $n_{min}$  la durata della fase di contatto misurata da OptoGait dovrebbe diminuire e la durata della fase di volo aumentare. Di seguito sono riportate 4 illustrazioni di un piede all'inizio e alla fine della fase di contatto come viene riconosciuta dal software di OptoGait per valori di  $n_{min}$  da 1 a 4. Da precisare che queste illustrazioni sono delle semplici rappresentazioni esemplificative per comprendere il problema che è stato affrontato, ma non sono state ricavate dai dati raccolti.



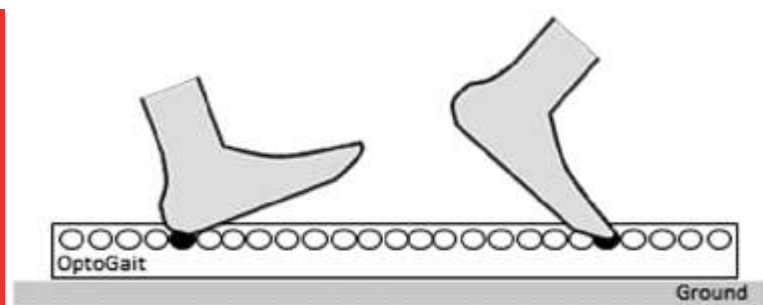


Figura 31: Inizio e fine della fase di contatto secondo il software di OptoGait per  $n_{min}=1$

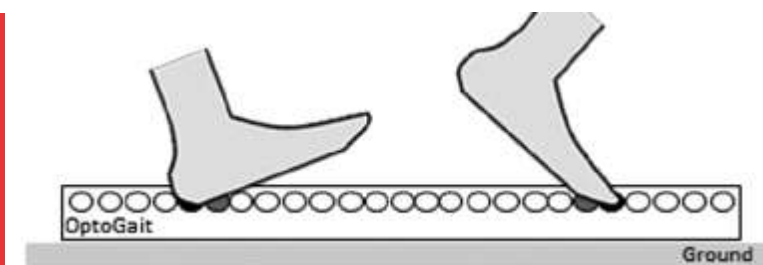


Figura 32: Inizio e fine della fase di contatto secondo il software di OptoGait per  $n_{min}=2$

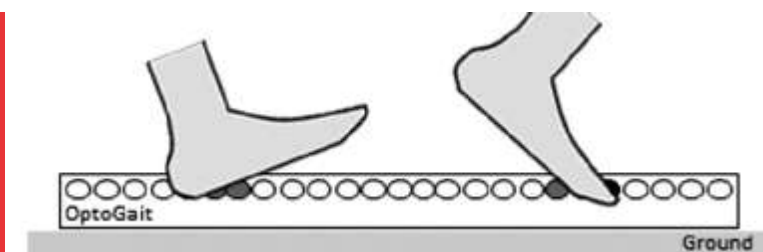


Figura 33: Inizio e fine della fase di contatto secondo il software di OptoGait per  $n_{min}=3$

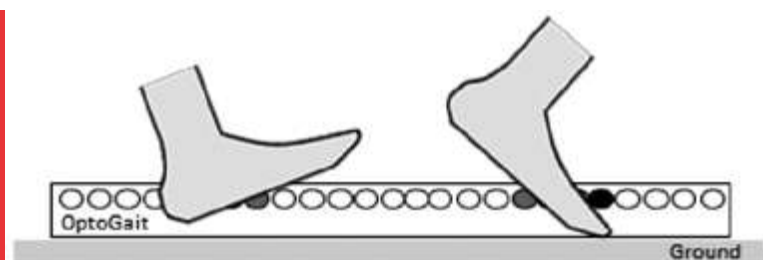


Figura 34: Inizio e fine della fase di contatto secondo il software di OptoGait per  $n_{min}=4$

Rappresentazioni tratte da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 15

L'idea che il software di Optogait misuri un tempo di contatto decrescente al crescere di  $n_{min}$  ha trovato riscontro nei dati raccolti: di seguito è riportata la tabella<sup>83</sup> con il tempo di contatto medio misurato con il software di OptoGait filtrando le informazioni raccolte dai sensori per valori di  $n_{min}$  da 1 a 4. Inoltre è stato riportato anche il tempo di contatto medio misurato dal sistema Vicon con l'ausilio delle piattaforme AMTI per la rilevazione dei primi 2 appoggi.

Tabella 1: Tempo di contatto misurato dal Vicon e da OptoGait con filtro<sup>84</sup> software attivo

Tempo di contatto	Vicon+AMTI	OptoGait $n_{min}=1$	OptoGait $n_{min}=2$	OptoGait $n_{min}=3$	OptoGait $n_{min}=4$
Piede sinistro	$0.63 \pm 0.05$ s	$0.66 \pm 0.05$ s	$0.65 \pm 0.06$ s	$0.63 \pm 0.06$ s	$0.62 \pm 0.07$ s
Piede destro	$0.62 \pm 0.06$ s	$0.66 \pm 0.06$ s	$0.65 \pm 0.06$ s	$0.63 \pm 0.06$ s	$0.62 \pm 0.06$ s

I dati sopra riportati sono delle medie su tutti i 18 partecipanti esaminati, quindi possono dare un indizio di massima sul fatto che il tempo di contatto misurato con il filtro di OptoGait decresce all'aumentare di  $n_{min}$  ma non consentono di trarre conclusioni in quanto stili diversi di camminata all'interno del gruppo esaminato potrebbero aver dato origine a risultati diversi. Infatti l'intervallo di tempo che intercorre tra l'intercettazione del primo segnale da parte del piede e l'intercettazione del secondo varia a seconda dell'angolo di appoggio iniziale, e questo vale anche per i segnali dei LED successivi ai primi 2. Quindi per arrivare a delle conclusioni dobbiamo necessariamente scorporare i dati considerando i singoli soggetti. Di seguito sono riportati i grafici dei tempi di contatto medi misurati con il filtro di OptoGait per ciascuno dei 4 valori di  $n_{min}$  testati (asse x) e misurati con il sistema Vicon + piattaforme AMTI (asse y). Vengono inoltre riportate su ciascun grafico sia la bisettrice  $y=x$  (punteggiata) sia la retta di regressione lineare<sup>85</sup> (continua), in modo da visualizzare subito se nell'intervallo delle misure quest'ultima si trova sopra o sotto la bisettrice. Qualora si trovi al di sopra significa che con quel valore di  $n_{min}$  OptoGait sottostima il tempo di contatto rispetto a quanto misurato con il Vicon, mentre se si trova al di sotto significa che lo sovrastima. Naturalmente bisognerebbe anche calcolare il coefficiente di correlazione di Pearson per ciascuno dei grafici di seguito riportati per verificare o smentire l'ipotesi di linearità.

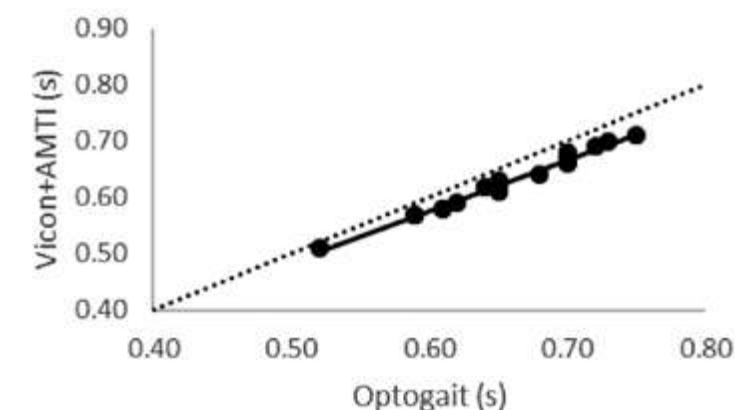


Figura 35: Tempi di contatto del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{min}=1$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

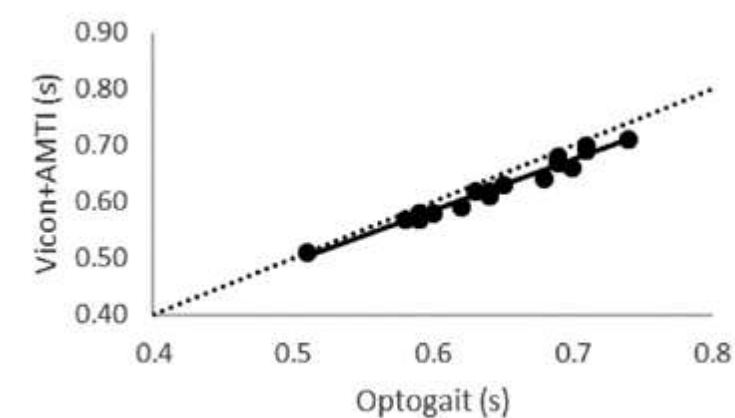


Figura 36: Tempi di contatto del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{min}=2$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

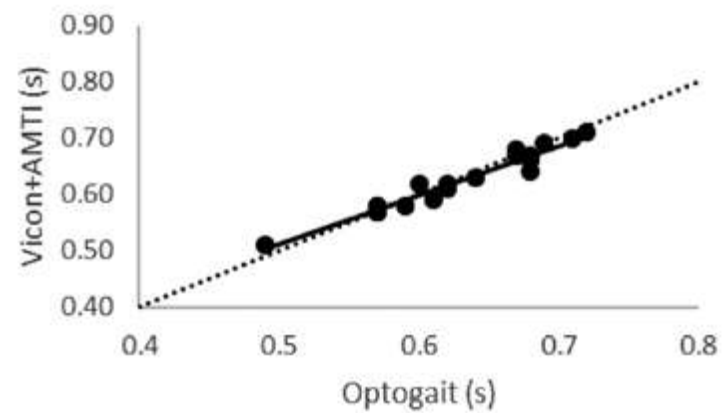


Figura 37: Tempi di contatto del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=3$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

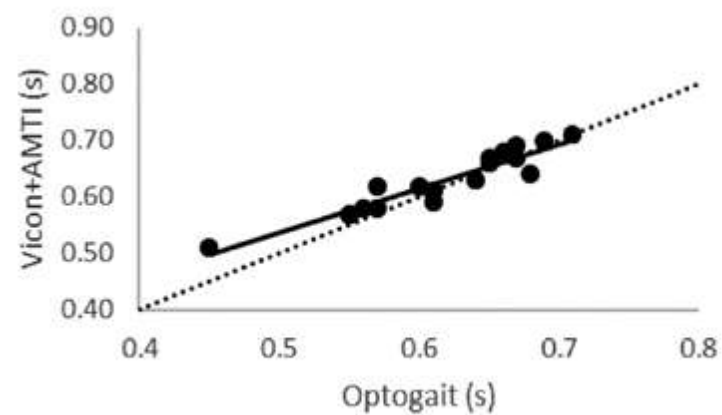


Figura 38: Tempi di contatto del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=4$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

Grafici tratti da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 20

Dai grafici risulta evidente che il filtro software di OptoGait sovrastima il tempo di contatto del piede sinistro se  $n_{\min}$  vale 1 o 2, in quanto nel più ristretto intervallo<sup>86</sup> cui appartengono le misure la retta di regressione lineare si trova al di sotto della bisettrice  $y=x$ . Invece se  $n_{\min}$  vale 4, la retta di regressione lineare interseca la bisettrice  $y=x$ , ma per circa il 75% del range delle misure si trova al di sopra di essa, e inoltre solo 4 dati su 18 si trovano al di sotto della retta  $y=x$ . Possiamo quindi concludere, anche se in maniera non ugualmente inequivocabile, che se  $n_{\min}$  vale 4, OptoGait sottostima il tempo di contatto del piede sinistro. Come intuibile già da questi risultati, la configurazione ottimale del filtro per equiparare le misure effettuate con OptoGait con quelle del Vicon è  $n_{\min}=3$ . Questa conclusione intuitiva trova conferma nel grafico: la retta di regressione lineare quasi si sovrappone alla bisettrice  $y=x$  e la interseca circa a metà del range delle misure. Per completezza vediamo ora dai grafici che seguono se la stessa conclusione sul valore ottimale di  $n_{\min}$  vale per il tempo di contatto del piede destro.

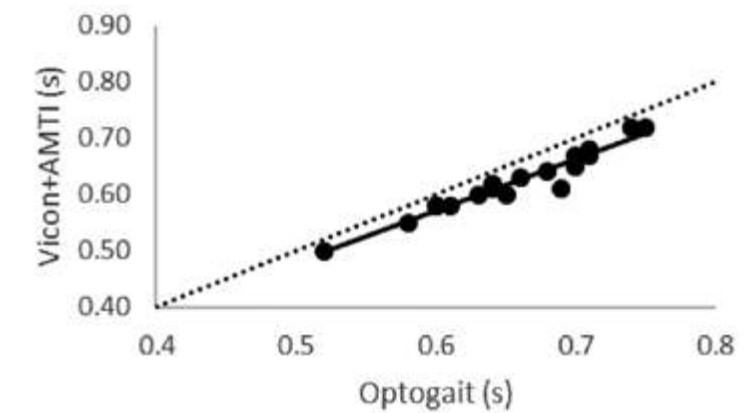


Figura 39: Tempi di contatto del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=1$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

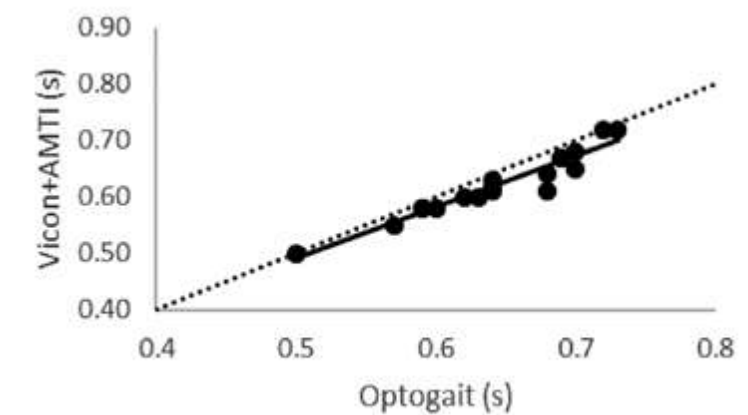


Figura 40: Tempi di contatto del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=2$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

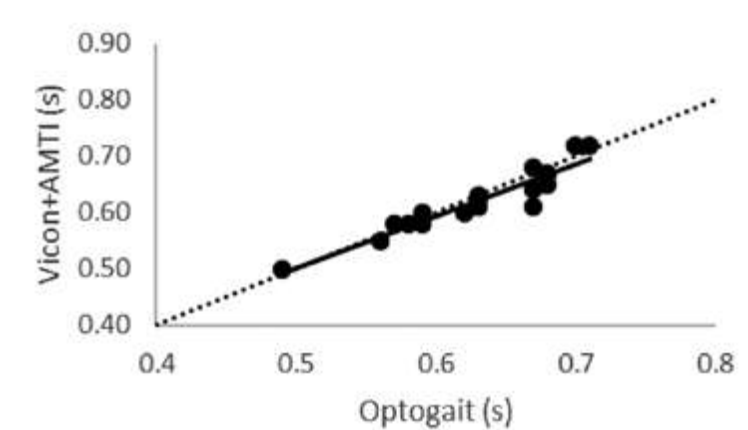


Figura 41: Tempi di contatto del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=3$  (asse x) e dal Vicon (asse y)



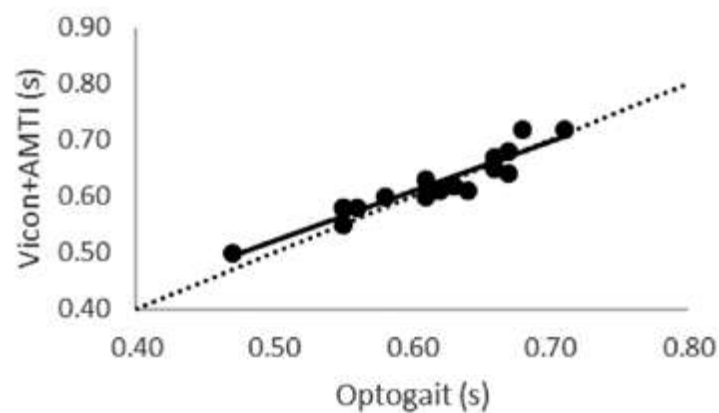


Figura 42: Tempi di contatto del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{min}=4$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

Grafici tratti da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 21

Notiamo che la decrescenza del tempo di contatto misurato dal filtro software di OptoGait al crescere di  $n_{min}$  è confermata anche per il piede destro, così come anche il fatto che per valori di  $n_{min}$  pari a 1 e 2 il filtro fornisce una misura sovrastimata del tempo di contatto rispetto a quanto misurato dal Vicon. Per quanto riguarda invece i valori 3 e 4, la situazione qui è più incerta e non si può stabilire facilmente quale di questi 2 sia il valore ottimale di  $n_{min}$  per fare le misure indifferentemente con OptoGait o con il Vicon: per  $n_{min}=3$  la retta di regressione lineare si trova appena al di sotto della bisettrice  $y=x$ , mentre per  $n_{min}=4$  si trova appena al di sopra, ma in entrambi i casi i dati sono distribuiti pressoché equamente rispetto la bisettrice. Vediamo adesso i dati del tempo di volo misurato dal sistema Vicon + piattaforme AMTI e dal filtro di OptoGait per ciascuno dei 4 valori di  $n_{min}$  testati (da 1 a 4), riportati in tabella nel formato di media aritmetica  $\pm$  deviazione standard calcolata a partire dai dati su tutti i 18 soggetti testati. Teoricamente la misura del tempo di volo effettuata dal filtro di OptoGait dovrebbe aumentare al crescere di  $n_{min}$ , o quantomeno non diminuire, in quanto aumentano i requisiti per il riconoscimento della fase di contatto e, come già spiegato, è proprio per questa ragione che il filtro software è stato introdotto: per risolvere il problema della sottostima del tempo di volo.

Tabella 2: Tempo di volo misurato dal Vicon e da OptoGait con filtro software attivo

Tempo di volo	Vicon+AMTI	OptoGait $n_{min}=1$	OptoGait $n_{min}=2$	OptoGait $n_{min}=3$	OptoGait $n_{min}=4$
Piede sinistro	0.41 $\pm$ 0.02 s	0.39 $\pm$ 0.02 s	0.40 $\pm$ 0.02 s	0.41 $\pm$ 0.02 s	0.43 $\pm$ 0.03 s
Piede destro	0.41 $\pm$ 0.03 s	0.39 $\pm$ 0.02 s	0.40 $\pm$ 0.03 s	0.41 $\pm$ 0.03 s	0.42 $\pm$ 0.03 s

Come potevamo aspettarci, poiché il tempo di volo di ciascun piede è dato dalla differenza tra il tempo totale che impiega il piede per compiere un singolo ciclo completo (periodo) della camminata e il tempo di contatto, i dati suggeriscono che il tempo di volo misurato dal filtro di OptoGait cresce all'aumentare di  $n_{min}$ . Infatti abbiamo appena visto dai grafici del tempo di contatto misurato dal filtro di OptoGait che questo decresce all'aumentare di  $n_{min}$ , mentre sappiamo non esserci alcuna ragione fisica per cui l'impostazione del filtro potrebbe influire sulla misura del periodo della camminata. Quindi se la misura del tempo di contatto decresce all'aumentare di  $n_{min}$ , la misura del tempo di volo deve necessariamente aumentare affinché la somma di queste 2 quantità rimanga invariata. Tuttavia i dati ottenuti come medie su tutti i partecipanti allo studio non consentono di trarre conclusioni in quanto, come già spiegato per le misure dei tempi di contatto, c'è una dipendenza dell'intervallo di tempo che intercorre tra l'intercettazione del primo segnale e l'intercettazione del secondo dall'angolo di appoggio, e questo naturalmente vale anche per l'intervallo di tempo tra il blocco di 2 segnali successivi ai primi 2. Questo implica che l'entità della decrescenza (o meglio della non crescita) della misura del tempo di contatto e della

crescenza (o meglio della non decrescenza) del tempo di volo dipendono dall'angolo di appoggio. Di seguito sono riportati i grafici dei tempi di volo.

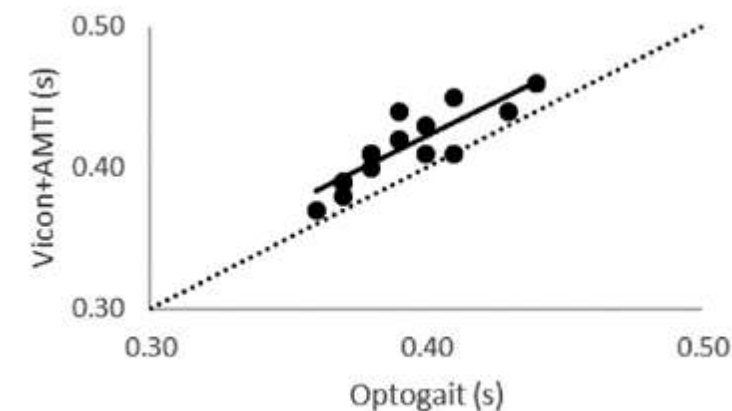


Figura 43: Tempi di volo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{min}=1$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

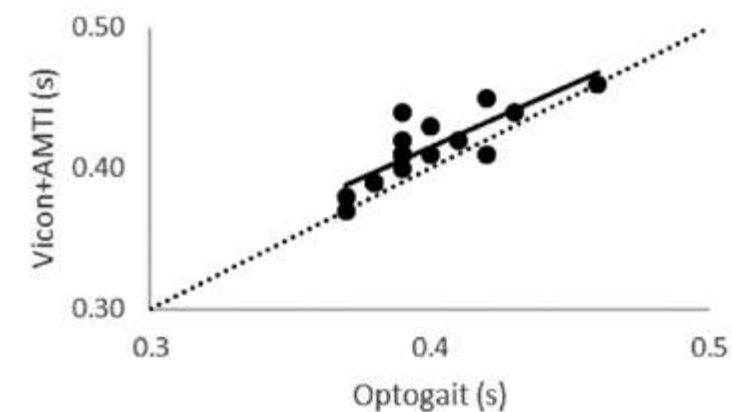


Figura 44: Tempi di volo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{min}=2$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

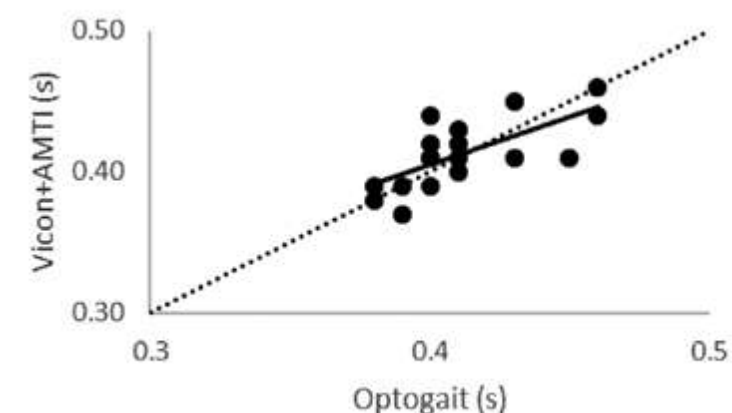


Figura 45: Tempi di volo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{min}=3$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

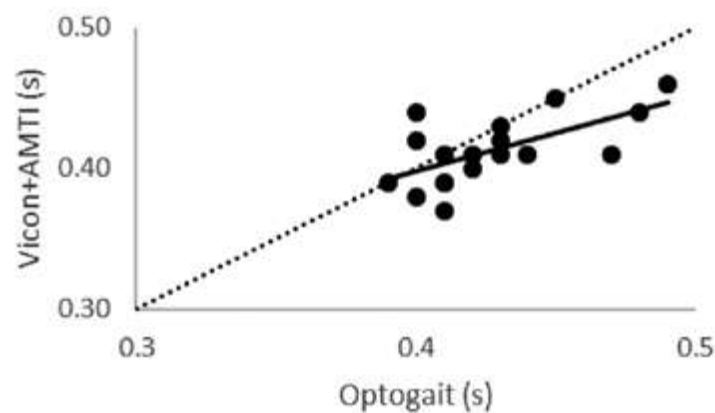


Figura 46: Tempi di volo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{min}=4$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

Grafici tratti da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 22

I grafici dei tempi di volo misurati dal filtro di OptoGait (asse x) e dal sistema Vicon + AMTI (asse y) confermano un andamento opposto rispetto a quanto ottenuto per i tempi di contatto non solo riguardo la crescita delle misure effettuate dal filtro di OptoGait all'aumentare di  $n_{min}$  (tempi di contatto decrescenti e tempi di volo crescenti), ma anche nel confronto con le misure effettuate dal Vicon per un dato valore di  $n_{min}$ . Se  $n_{min}$  vale 1 o 2 il filtro sottostima il tempo di volo in quanto nel più ristretto intervallo cui appartengono le misure abbiamo che la retta di regressione lineare (continua) si trova al di sopra della bisettrice  $y=x$  (punteggiata). Inoltre rileviamo che solo un dato si trova sulla bisettrice e nessuno al di sotto di essa per  $n_{min}=1$ , mentre 2 dati si trovano sulla bisettrice e solo uno al di sotto di essa se  $n_{min}=2$ . Invece se  $n_{min}$  vale 4 la retta di regressione lineare si trova al di sotto della bisettrice  $y=x$  e la interseca in un punto vicino alla misura minima, 4 dati si trovano sulla bisettrice e solo 2 al di sopra di essa, quindi possiamo affermare che per  $n_{min}=4$  il filtro di OptoGait sovrastima il tempo di volo. La configurazione ottimale del filtro di OptoGait per l'equiparazione delle misure effettuate dai 2 apparati è  $n_{min}=3$ , ma la grande variabilità della distanza dei dati dalla bisettrice non ci consente di trarre conclusioni perentorie. Vediamo anche i grafici per il piede destro.

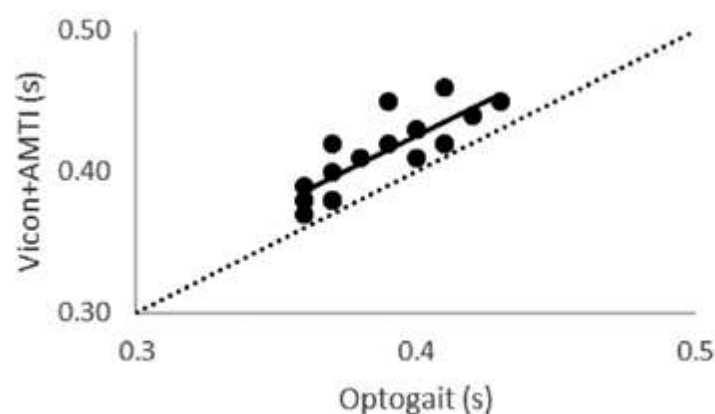


Figura 47: Tempi di volo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{min}=1$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

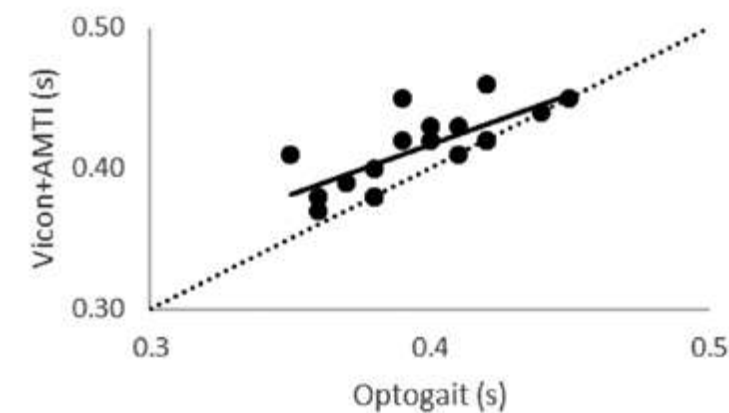


Figura 48: Tempi di volo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{min}=2$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

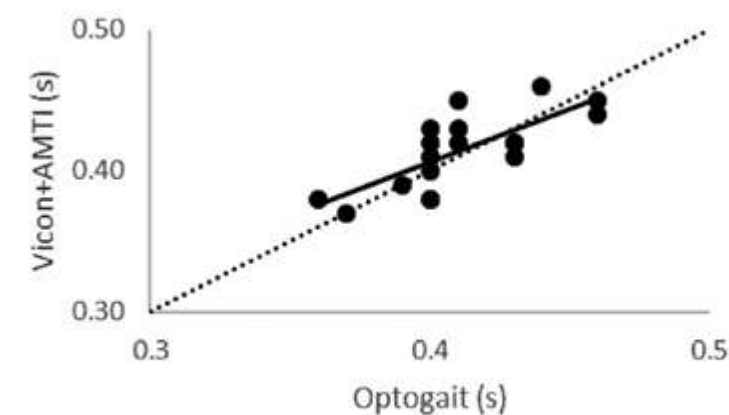


Figura 49: Tempi di volo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{min}=3$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

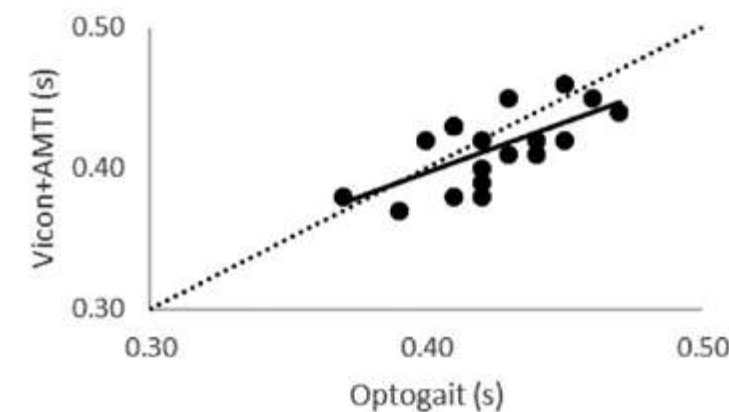


Figura 50: Tempi di volo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{min}=4$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

Grafici tratti da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 23

Anche i grafici dei tempi di volo del piede destro portano alle stesse conclusioni: al crescere del valore di  $n_{min}$  il filtro di OptoGait fornisce misure crescenti del tempo di volo, e se  $n_{min}$  è impostato al valore 1 o 2 lo sottostima rispetto a quanto misurato dal Vicon, lo sovrastima se  $n_{min}$  è impostato al valore 4, e il



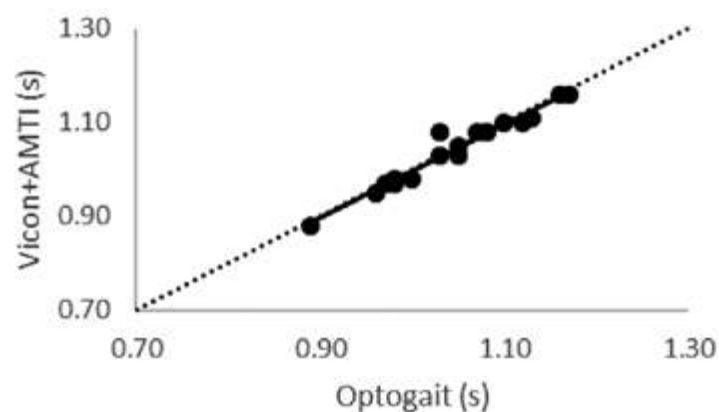
valore ottimale di  $n_{\min}$  per equiparare le misure effettuate dai 2 apparati è 3. Infatti se  $n_{\min}=1$  la retta di regressione lineare si trova interamente (cioè nell'intero range delle misure) al di sopra della bisettrice  $y=x$  e nessun punto è sulla bisettrice o al di sotto di essa. Se  $n_{\min}=2$  la retta di regressione si trova al di sopra della bisettrice  $y=x$  e 5 punti si trovano sulla bisettrice, ma nessuno al di sotto di essa. Invece se  $n_{\min}=3$  la retta di regressione lineare interseca la bisettrice in un punto non molto distante dal punto medio del range delle misure, e i dati sono pressoché equidistribuiti al di sopra e sotto la bisettrice; tuttavia anche stavolta la grande variabilità della distanza dei dati dalla bisettrice non ci consente di trarre conclusioni perentorie. Infine se  $n_{\min}=4$  la retta di regressione interseca la bisettrice  $y=x$  in prossimità della misura minima, e si trova per circa il 75% del range delle misure al di sotto di essa; inoltre solo 5 dati si trovano al di sopra della bisettrice.

Insomma, nei grafici dei tempi di volo del piede destro la posizione della retta di regressione lineare rispetto alla bisettrice  $y=x$  nel range delle misure al variare di  $n_{\min}$  è la stessa che avevamo trovato nei grafici dei tempi di volo del piede sinistro, e quindi siamo arrivati allo stesso risultato anche riguardo il valore ottimale di  $n_{\min}$  per l'equiparazione tra le misure effettuate con OptoGait e quelle effettuate con il sistema Vicon + piattaforme AMTI.

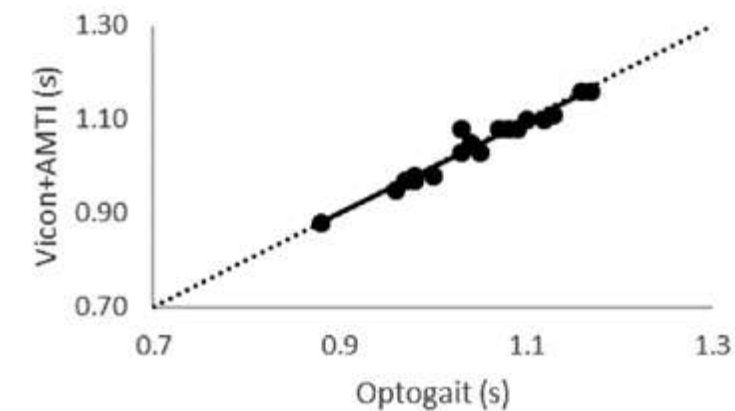
Vediamo ora la durata di un ciclo completo della camminata per concludere la comparazione tra le misure ottenute con OptoGait al variare di  $n_{\min}$  e quelle ottenute con Vicon + AMTI. La durata di un ciclo della camminata è definita come l'intervallo di tempo tra l'inizio della fase di contatto di un dato piede e l'inizio della fase di contatto dello stesso piede nel primo appoggio successivo; può essere alternativamente definita come l'intervallo di tempo tra l'inizio della fase di volo di un dato piede e l'inizio della fase di volo dello stesso piede nel primo appoggio successivo. A differenza di quanto visto per il tempo di contatto e il tempo di volo, per la durata del ciclo della camminata non c'è ragione fisica per cui la misura di tale grandezza dovrebbe variare a seconda delle impostazioni del filtro di OptoGait. Questo per un semplice motivo: una volta impostata la quantità minima  $n_{\min}$  di sensori che devono non rilevare il segnale affinché un dato istante sia riconosciuto come appartenente alla fase di contatto, questa rimane la stessa per tutti gli appoggi, quindi se l'inizio della fase di contatto viene decretato in anticipo o in ritardo per un dato passo, questo avviene conseguentemente anche per l'appoggio successivo. Di seguito sono riportati la tabella e i grafici della durata del ciclo completo della camminata misurata dal Vicon e dal filtro di OptoGait per ciascuno dei 4 valori di  $n_{\min}$  testati (da 1 a 4).

**Tabella 3: Durata di un ciclo completo della camminata misurata dal Vicon e da OptoGait**

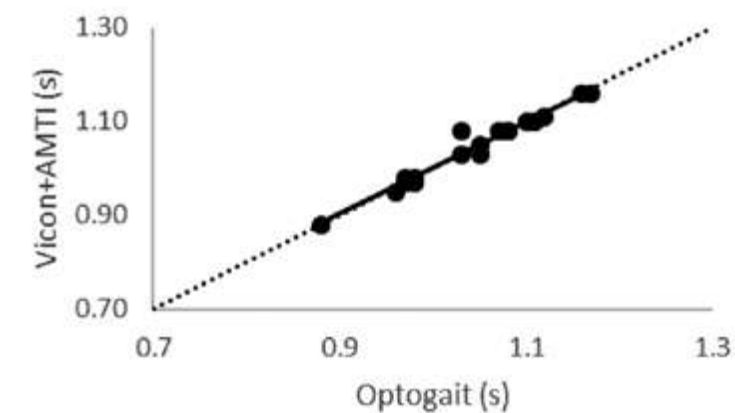
Tempo di un ciclo	Vicon+AMTI	OptoGait $n_{\min}=1$	OptoGait $n_{\min}=2$	OptoGait $n_{\min}=3$	OptoGait $n_{\min}=4$
Piede sinistro	1.04±0.08 s	1.05±0.07 s	1.05±0.08 s	1.04±0.08 s	1.05±0.08 s
Piede destro	1.04±0.08 s	1.04±0.08 s	1.04±0.08 s	1.04±0.08 s	1.04±0.08 s



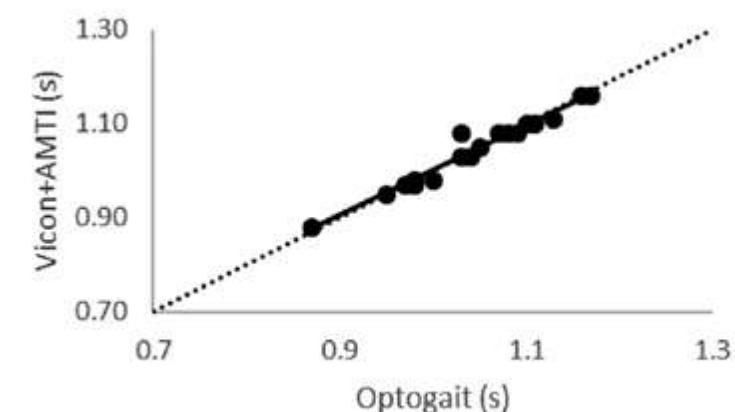
**Figura 51: Tempi di un ciclo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=1$  (asse x) e dal Vicon (asse y)**



**Figura 52: Tempi di un ciclo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=2$  (asse x) e dal Vicon (asse y)**



**Figura 53: Tempi di un ciclo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=3$  (asse x) e dal Vicon (asse y)**



**Figura 54: Tempi di un ciclo del piede sinistro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=4$  (asse x) e dal Vicon (asse y)**

Grafici tratti da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 18

Sia la tabella con i dati calcolati come medie sui 18 soggetti sia i grafici con i dati scorporati confermano quanto dice la teoria: il tempo totale in cui viene compiuto il ciclo completo della camminata misurato da OptoGait non dipende dalle impostazioni del filtro. Inoltre dai grafici risulta eccellente l'equiparazione tra le misure effettuate

con OptoGait e con il Vicon: la retta di regressione lineare si trova quasi perfettamente sovrapposta alla bisettrice  $y=x$  per tutti i 4 valori di  $n_{\min}$  testati, e i dati si trovano tutti sulla retta di regressione o molto vicini ad essa eccetto uno. Tuttavia ricordiamo che questo metodo grafico di stabilire se le misure effettuate da 2 strumenti diversi siano equiparabili oppure no, sebbene intuitivo perché immediatamente visualizzabile, non sarebbe a rigore quello formalmente più corretto. Bisognerebbe utilizzare un test statistico per la verifica di ipotesi come ad esempio il t-test accoppiato, già utilizzato in precedenza. Per concludere questa trattazione delle misure di un periodo della camminata effettuate dai 2 apparati riportiamo anche i grafici della durata di un ciclo per il piede destro.

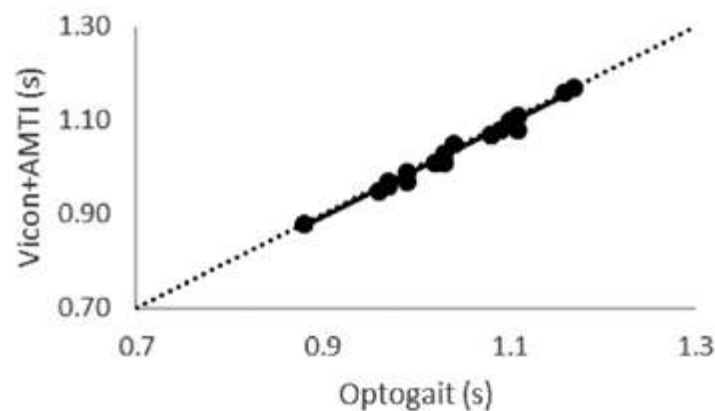


Figura 55: Tempi di un ciclo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=1$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

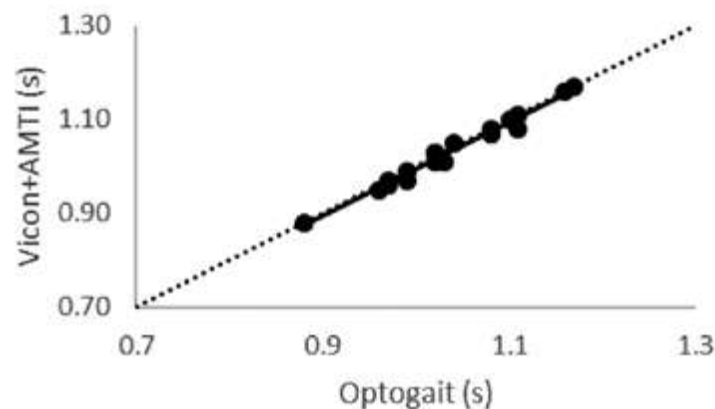


Figura 56: Tempi di un ciclo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=2$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

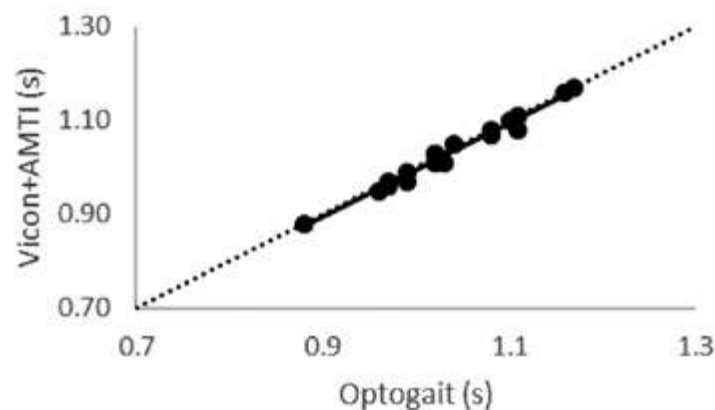


Figura 57: Tempi di un ciclo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=3$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

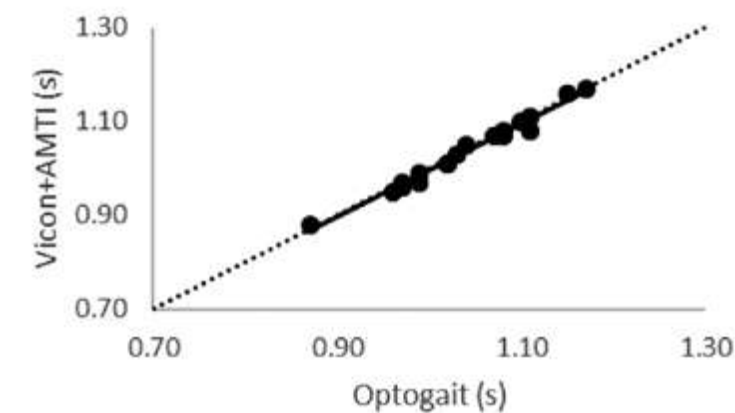


Figura 58: Tempi di un ciclo del piede destro misurati da OptoGait con  $n_{\min}=4$  (asse x) e dal Vicon (asse y)

Grafici tratti da Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1: p 19

I grafici dei tempi di un ciclo del piede destro portano alla medesima conclusione: è possibile equiparare le misure del tempo totale in cui viene compiuto il ciclo completo della camminata effettuate con OptoGait e quelle del Vicon, indipendentemente dalle impostazioni del filtro. Lo stesso si può dire anche per il tempo di mezzo ciclo della camminata, cioè l'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio della fase di volo di un dato piede e l'inizio della fase di volo del piede opposto. La ragione fisica per cui il semiperiodo della camminata non può variare a seconda del valore di  $n_{\min}$  è analoga a quanto detto per il periodo completo della camminata: se l'inizio della fase di volo viene decretato in anticipo o in ritardo per un dato piede, questo accade di conseguenza anche per il primo passo successivo compiuto con il piede opposto. Sia misurando con il Vicon sia misurando con OptoGait è stato ottenuto il valore  $0.52 \pm 0.04$  s per il tempo di mezzo ciclo della camminata, calcolato come media dei dati raccolti su tutti i 18 partecipanti allo studio. I grafici con i dati scorporati, che non riportiamo per brevità, sono molto simili a quelli dei tempi del ciclo completo e consentono di trarre le stesse conclusioni. Per finire la comparazione tra le misure effettuate dal Vicon e quelle effettuate con OptoGait resta un'ultima grandezza da menzionare: la frequenza dei passi, definita come il rapporto tra la quantità di passi<sup>87</sup> e il tempo in cui questi vengono effettuati. Dato che per un passo singolo la frequenza è definita banalmente come il reciproco del semiperiodo della camminata, e dato che il semiperiodo della camminata<sup>88</sup> non varia al variare di  $n_{\min}$  per quanto appena spiegato, anche la frequenza del singolo passo può essere misurata equivalentemente dal Vicon o con OptoGait indipendentemente dalle impostazioni del filtro. La frequenza media di più passi è uguale al reciproco della media aritmetica dei semiperiodi della camminata nei quali vengono compiuti i singoli passi. Quindi, essendo anche questa una funzione di quantità che possono essere misurate equivalentemente dal Vicon o da OptoGait indipendentemente dal settaggio<sup>89</sup> del filtro, pure la frequenza media dei passi può essere misurata equivalentemente dal Vicon o da OptoGait indipendentemente dalle impostazioni del filtro. Questo risultato, che abbiamo ricavato per via puramente logica, è stato confermato sia dai valori medi<sup>90</sup> su tutti i soggetti, che riportiamo in tabella, sia dai grafici con i dati scorporati, che non riportiamo per brevità.

Tabella 4: Frequenza media dei passi (in steps al minuto) misurata dal Vicon e da OptoGait

Frequenza media	Vicon+AMTI	OptoGait $n_{\min}=1$	OptoGait $n_{\min}=2$	OptoGait $n_{\min}=3$	OptoGait $n_{\min}=4$
Piede sinistro	116 $\pm$ 9 st/min	115 $\pm$ 8 st/min	115 $\pm$ 8 st/min	115 $\pm$ 8 st/min	116 $\pm$ 9 st/min
Piede destro	116 $\pm$ 9 st/min	116 $\pm$ 9 st/min	116 $\pm$ 9 st/min	116 $\pm$ 9 st/min	116 $\pm$ 9 st/min

Ricapitoliamo i risultati di questo studio del 2019 in cui le grandezze temporali fondamentali della cinematica della camminata sono state misurate sia con il sistema di motion capture 3D Vicon, sia con Op-



toGait per diverse impostazioni del filtro: per misurare il tempo in cui viene compiuto un ciclo completo della camminata i 2 sistemi sono intercambiabili, così come per misurare il tempo di step (mezzo ciclo) e la frequenza dei passi. Se invece vogliamo misurare il tempo di contatto e il tempo di volo di un piede, il Vicon e OptoGait in generale non sono intercambiabili in quanto impostando il riconoscimento della fase di contatto su una quantità minima di sensori che devono non rilevare il segnale pari a 1, OptoGait, in accordo con i risultati degli studi precedenti, sovrastima il tempo di contatto e sottostima il tempo di volo. Lo stesso accade se impostiamo  $n_{\min}$  al valore 2, ma stavolta l'entità della discrepanza tra le misure effettuate dai 2 apparati si riduce sia per il tempo di contatto sia per il tempo di volo. Se invece impostiamo  $n_{\min}$  al valore 4 il segno della differenza si inverte: OptoGait fornisce misure sottostimate del tempo di contatto e misure sovrastimate del tempo di volo rispetto al sistema Vicon + piattaforme AMTI. Infine il valore ottimale di  $n_{\min}$  per poter equiparare le misure del tempo di contatto e del tempo di volo effettuate dai 2 apparati è 3, tuttavia per la misura del tempo di volo la variabilità della discrepanza tra i dati ottenuti dai 2 apparati è tale da non consentire di trarre conclusioni perentorie a riguardo.

#### 4.4 OPTOJUMP NEXT PER LA MISURA DI QUANTITÀ CINEMATICHE TEMPORALI DELLA MARCIA

Vediamo ora un'applicazione di OptoJump Next, una variante di OptoGait che come detto in precedenza utilizza lo stesso hardware ma un diverso software. Le misure di grandezze cinematiche temporali effettuate da OptoJump Next sono state comparate con quelle ottenute da una videocamera in un altro studio<sup>91</sup> del 2019 nel quale le stesse grandezze che abbiamo visto per la camminata sono state invece misurate per la marcia, sia su pista che su treadmill. La videocamera impiegata è della Fastec Imaging e opera alla frequenza di 500 Hz, ha una risoluzione di 1280x960 px, e per il test sulla pista di atletica è stata posizionata alla distanza di 4.00 m dalla corsia utilizzata e all'altezza di 0.62 m, mentre per il test su treadmill è stata posizionata alla distanza di 1.60 m e all'altezza sempre di 0.62 m<sup>92</sup>. Oltre alla videocamera, in entrambi i test sono state utilizzate anche delle pedane di forza, proprio come nello studio trattato sulla camminata. Tuttavia c'è una differenza fondamentale tra il test su treadmill e il test su pista di atletica: mentre nel test su treadmill i 2 moduli in serie di OptoJump Next possono rilevare tutti i passi compiuti dall'atleta, nel test su pista i 5 moduli utilizzati rilevano solo per i 5 metri coperti. Inoltre, mentre nel test su treadmill anche le 2 pedane di forza incorporate possono rilevare tutti gli appoggi, nel test su pista le 3 pedane<sup>93</sup> non sono in grado di rilevare nemmeno la totalità degli appoggi che avvengono nel solo campo di misura di OptoJump Next. Questo significa che, mentre nel test su treadmill abbiamo un confronto continuo tra le misure effettuate da 3 apparati differenti, nel test su pista questo non accade. A questo studio hanno partecipato 11 uomini (età 25.7±4.1 anni, altezza 1.77±0.06 m, massa 64.4±4.7 kg, record personale sui 20 km 1:23:06±2:26) e 7 donne (età 25.9±4.1 anni, altezza 1.68±0.10 m, massa 56.7±11.0 kg, record personale sui 20 km 1:30:14±1:58), tutti marciatori di livello internazionale, dei quali 15 hanno partecipato ai Campionati del mondo 2017 o ai Giochi olimpici 2016. Ognuno dei partecipanti ha marciato per 3 minuti a ciascuna delle 5 seguenti velocità: da 11 km/h a 15 km/h con incremento di 1 km/h gli uomini e da 10 km/h a 14 km/h con incremento di 1 km/h le donne. Per il test su treadmill si selezionava la velocità direttamente, mentre per il test su pista la velocità veniva misurata a posteriori con l'ausilio di Witty timing gates, anch'essi prodotti dalla Microgate, e solo i trials in cui tutti gli intertempi registrati differivano di non più del 3% dal tempo cui corrisponde la velocità target sono stati ritenuti validi per l'analisi dei risultati. Nonostante l'idea di misurare il tempo di contatto e il tempo di volo a diverse velocità di marcia sia sensata e assolutamente condivisibile, i risultati forniti non solo non sono scorporati per soggetto come invece lo erano nei grafici dello studio sulla cinematica della camminata precedentemente trattato, ma non sono scorporati nemmeno per velocità, e questa è un'assurdità di questo studio. Riportiamo comunque i risultati ottenuti per il tempo di contatto misurato con le pedane di forza della Kistler su pista (0.293±0.034 s) e su treadmill (0.272±0.031 s), e misurato con la videocamera della Fastec Imaging su pista (0.288±0.034 s) e su treadmill (0.275±0.030 s). Nella tabella seguente sono riportati i risultati ottenuti per il tempo di contatto misurato da OptoJump Next con il filtro impostato<sup>94</sup> a valori di  $n_{\min}$  da 1 a 5.

**Tabella 5: Tempo di contatto misurato con OptoJump Next per valori di  $n_{\min}$  da 1 a 5**

Tempo di contatto	OptoGait $n_{\min}=1$	OptoGait $n_{\min}=2$	OptoGait $n_{\min}=3$	OptoGait $n_{\min}=4$	OptoGait $n_{\min}=5$
Pista	0.304±0.034 s	0.300±0.034 s	0.292±0.034 s	0.281±0.033 s	0.268±0.032 s
Treadmill	0.276±0.028 s	0.264±0.028 s	0.251±0.027 s	0.240±0.027 s	0.230±0.027 s

Notiamo innanzitutto che tutti i 3 apparati di misurazione hanno rilevato dei tempi di contatto mediamente minori per la marcia su treadmill. Questo potrebbe essere dovuto a 2 ragioni: la lunghezza troppo breve del dispositivo potrebbe aver costretto gli atleti a effettuare passi più corti, e il moto del supporto accorcia la durata della fase frenante che comincia all'istante in cui inizia il contatto. Notiamo inoltre che la differenza tra il tempo di contatto rilevato nel test su pista e il tempo di contatto rilevato nel test su treadmill è maggiore per OptoJump Next. Questo accade perché, dato che il supporto del treadmill è rialzato, è stato possibile collocare i 2 moduli di OptoJump Next in modo tale che i LED delle unità trasmettenti e i sensori delle unità riceventi siano praticamente al livello del supporto, e non 0.3 cm sopra di esso. Questa spiegazione trova conferma nel fatto che, mentre per la misurazione del tempo di contatto su pista il valore ottimale di  $n_{\min}$  per poter equiparare le misure effettuate con OptoJump Next a quelle effettuate sia con le pedane di forza sia con la videocamera è 3 (proprio come avevamo ottenuto nello studio della cinematica della camminata), per la misurazione invece del tempo di contatto su treadmill il valore ottimale di  $n_{\min}$  per l'equiparazione delle misure effettuate con i 3 apparati è 1, cioè il valore di default. In altre parole per il test su treadmill il problema della sovrastima del tempo di contatto è stato risolto nel modo più semplice possibile, quindi senza modificare l'impostazione del filtro.

Vediamo adesso i risultati per il tempo di volo misurato con le pedane di forza: 0.027±0.016 s per il test su pista e 0.044±0.021 s per il test su treadmill; e i risultati ottenuti per il tempo di volo misurato con la videocamera: 0.030±0.016 s per il test su pista e 0.041±0.017 s per il test su treadmill. Notiamo subito come per il tempo di volo invece sia la videocamera sia le pedane di forza abbiano rilevato tempi di volo maggiori per il test su treadmill. Inoltre la differenza percentuale rispetto al test su pista è di molto maggiore rispetto a quanto avevamo trovato per il tempo di contatto: per le pedane di forza abbiamo tempo di volo +62.96% e tempo di contatto -7.17%; per le misure effettuate dalla videocamera abbiamo tempo di volo +36.67% e tempo di contatto -4.51%. Nella tabella seguente sono riportati i risultati ottenuti per il tempo di volo misurato da OptoJump Next con il filtro impostato a valori di  $n_{\min}$  da 1 a 5.

**Tabella 6: Tempo di volo misurato con OptoJump Next per valori di  $n_{\min}$  da 1 a 5**

Tempo di volo	OptoGait $n_{\min}=1$	OptoGait $n_{\min}=2$	OptoGait $n_{\min}=3$	OptoGait $n_{\min}=4$	OptoGait $n_{\min}=5$
Pista	0.016±0.014 s	0.020±0.015 s	0.027±0.015 s	0.038±0.015 s	0.050±0.015 s
Treadmill	0.040±0.017 s	0.052±0.016 s	0.065±0.015 s	0.075±0.015 s	0.086±0.014 s

Per il tempo di volo i 3 apparati di misurazione hanno tutti rilevato valori maggiori per il test su treadmill, e nessuno dei valori medi è inferiore a 40 ms, valore riconosciuto come soglia<sup>95</sup> al di sopra della quale i giudici possono squalificare l'atleta. Dato che nel test su treadmill sono stati registrati contemporaneamente tempi di contatto minori e tempi di volo maggiori, dobbiamo scartare l'ipotesi che la riduzione del tempo di contatto sia dovuta a un plausibile accorciamento della durata della fase frenante. Inoltre anche l'ipotesi dei passi volutamente più corti deve essere scartata in quanto a tempi di volo maggiori dovrebbero corrispondere dei passi più lunghi. L'unica spiegazione rimanente è che gli atleti "saltellino" sul treadmill per restare dentro l'area del supporto, il che naturalmente li porta a compromettere la tecnica. In ogni caso non si può considerare il test su treadmill attendibile poiché marciatori di livello internazionale quali i partecipanti a questo studio difficilmente fanno registrare dei tempi di volo sistematicamente maggiori del valore di soglia. Inoltre quando parliamo dei risultati ottenuti per il tempo di volo non possiamo evitare di fare una considerazione fondamentale: le deviazioni standard sono dello stesso ordine di grandezza dei valori medi dei risultati, cioè della grandezza misurata. Questo accade specialmente nel test su pista, che sfortunatamente è anche l'unico attendibile. Il fatto che la misura di dispersione per eccellenza sia dello stesso ordine di grandezza della quantità misurata è un problema serio in quanto non possiamo sapere se ciò sia dovuto al fatto di non aver scorporato i dati per soggetto oppure al non averli scorporati per velocità testata, entrambe scelte che abbiamo criticato nella presentazione della metodologia. Per concludere la trattazione dei risultati ottenuti per il tempo di volo, per quel poco che si può dedurre considerata la scelta inadeguata nel classificarli, anche per questa grandezza il valore ottimale di  $n_{\min}$  per l'equiparazione delle misure effettuate da OptoJump Next a quelle effettuate con gli altri 2 apparati è 3 per il test su pista, 1 per il test su treadmill. Infine vediamo i risultati ottenuti per il tempo totale in cui viene effettuato un passo misurato con le pedane di forza: 0.321±0.026 s per il test su pista, 0.316±0.020 s per il test su treadmill. I risultati ottenuti per il tempo totale per com-

riere un passo misurato dalla videocamera sono:  $0.320 \pm 0.024$  s per il test su pista e  $0.316 \pm 0.018$  s per il test su treadmill. Notiamo subito che la discrepanza percentuale tra i risultati ottenuti nelle 2 condizioni (1.56% per le pedane di forza, 1.25% per la videocamera) è molto minore di quella che abbiamo trovato per il tempo di volo (62.96% per le pedane di forza, 36.67% per la videocamera) e anche di quella per il tempo di contatto (7.17% per le pedane di forza, 4.51% per la videocamera). Nella tabella qui di seguito sono riportati i risultati ottenuti per il tempo totale per compiere un passo misurato con OptoJump Next con il filtro impostato a valori di  $n_{\min}$  da 1 a 5.

**Tabella 7: Tempo totale di un passo misurato con OptoJump Next per valori di  $n_{\min}$  da 1 a 5**

Tempo di un passo	OptoGait $n_{\min}=1$	OptoGait $n_{\min}=2$	OptoGait $n_{\min}=3$	OptoGait $n_{\min}=4$	OptoGait $n_{\min}=5$
Pista	$0.321 \pm 0.025$ s	$0.321 \pm 0.025$ s	$0.320 \pm 0.024$ s	$0.320 \pm 0.023$ s	$0.320 \pm 0.023$ s
Treadmill	$0.316 \pm 0.018$ s	$0.316 \pm 0.018$ s	$0.316 \pm 0.018$ s	$0.316 \pm 0.018$ s	$0.316 \pm 0.018$ s

Dai valori riportati nella tabella risulta che il tempo totale per compiere un passo misurato da OptoJump Next non dipende dall'impostazione del filtro, cioè è lo stesso per tutti i valori di  $n_{\min}$ , esattamente come avevamo visto nello studio sulla cinematica della camminata.

Questi 2 studi sulle impostazioni del filtro di OptoGait o OptoJump Next ci hanno mostrato che è possibile, almeno per lo studio della cinematica della camminata e la marcia, trovare un valore di  $n_{\min}$  che consenta di equiparare le misure dei tempi di contatto e dei tempi di volo effettuate con tali dispositivi ottici fotoelettrici a quelle effettuate con altra strumentazione, in particolare pedane di forza e sistemi di motion capture; tuttavia il valore ottimale di  $n_{\min}$  per l'equiparazione dipende dalle condizioni in cui viene effettuato il test.



**Figura 59: OptoGait installato ai lati del treadmill per la rilevazione di eventuali asimmetrie nella camminata**  
Immagine tratta dal sito ufficiale Microgate

#### 4.5 OPTOGAIT PUÒ ESSERE IMPIEGATO PER MISURARE QUANTITÀ CINEMATICHE TEMPORALI DELLA CORSA SU TREADMILL?

Finora abbiamo trattato le applicazioni di OptoGait e OptoJump Next per la misurazione dei parametri cinematici temporali nella camminata e nella marcia, ma nessuno studio prima del 2020 aveva mai confrontato per la corsa su treadmill le misure ottenute con questi dispositivi e quelle ottenute con uno strumento di riferimento. Il primo<sup>96</sup> studio è proprio di quell'anno e confronta le misure del tempo di contatto, del tempo di volo e della frequenza effettuate con OptoGait con quelle ottenute da videocamera Imaging Source DFK 33UX174 operante a frequenza di 1000 Hz. Per ottenere la stessa frequenza cui opera OptoGait è stato necessario abbassare la risoluzione a 784x144 px. La videocamera è stata installata 2 metri dietro al treadmill sul quale si è svolto il test, all'altezza di 0.80 m. Dopo un riscaldamento a velocità iniziale di 8 km/h, aumentata di 1 km/h ogni minuto, ciascuno dei 49 partecipanti ha corso per altri 8 minuti a una velocità selezionata ( $11.7 \pm 1.3$  km/h), mentre 30 secondi di corsa sono stati registrati dalla videocamera e contemporaneamente analizzati anche da OptoGait, posizionato in modo tale da avere i LED e i sensori all'altezza del supporto e risolvere così il problema della sovrastima del tempo di contatto pur mantenendo il filtro impostato di default a  $n_{\min}=1$ . Questo è esattamente ciò che era stato fatto anche nello studio sulla cinematica della marcia su treadmill trattato nel precedente paragrafo. Tutti i partecipanti a questo studio sono stati selezionati secondo questi 3 criteri: avere almeno 18 anni, essere in grado di correre 10 km in meno di 50 minuti, e non aver riportato infortuni nei 6 mesi precedenti questo test. Nonostante la combinazione altezza dei sensori - impostazione del filtro fosse la stessa della configurazione ottimale per l'equiparazione delle misure effettuate con OptoJump Next e la videocamera nello studio della marcia su treadmill, il t-test accoppiato ha rilevato differenze statisticamente significative: il p-value<sup>97</sup> è minore di 0.001 per il tempo di volo, ed è uguale a 0.003 per la frequenza dei passi; l'unica grandezza per cui il p-value è un valore accettabile è il tempo di contatto ( $p=0.070$ ). Pure il coefficiente di correlazione di Pearson è stato calcolato (0.969 per il tempo di contatto, 0.965 per il tempo di volo e 0.835 per la frequenza), ma non è stata riportata alcuna equazione di regressione lineare, e questa è una criticità di questo studio. L'unico indicatore che secondo gli autori dell'articolo potrebbe sancire la concordanza tra le misure effettuate dai 2 strumenti è il coefficiente di correlazione intra-classe<sup>98</sup> ICC (2,k), che è risultato essere maggiore di 0.89 per tutte le grandezze misurate (valori ottenuti: 0.981 per il tempo di contatto, 0.967 per il tempo di volo e 0.893 per la frequenza). Tuttavia, come scritto nell'articolo appena citato che pure gli autori dello studio indicano come testo di riferimento, ICC nelle sue diverse forme è pur sempre un indice di ripetibilità. Non dice nulla in merito alla possibilità di equiparare le misure effettuate con i 2 strumenti. Concludiamo dal t-test accoppiato che per la corsa su treadmill le misure effettuate con OptoGait non possono essere equiparate a quelle ottenute con un sistema più accurato come le video analisi a 1000 Hz, o quantomeno non mantenendo il filtro di OptoGait impostato al valore di default  $n_{\min}=1$ .

Oltre allo studio appena trattato, un altro<sup>99</sup> dello stesso anno (2020) ha indagato la possibilità di usare OptoGait per misurare le grandezze cinematiche temporali della corsa su treadmill. Qui lo strumento utilizzato come riferimento è una pedana di forza incorporata nel treadmill, operante alla frequenza di 1000 Hz. Il riconoscimento della fase di contatto è stato impostato via software alla soglia di 50 N, un valore di gran lunga maggiore di quelli utilizzati in tutti gli studi finora trattati, nei quali al massimo veniva impostata al valore di 20 N. Questa scelta è incomprensibile, in quanto un valore di soglia troppo elevato può banalmente implicare una sottostima del tempo di contatto, e questo è un problema serio se si verifica per lo strumento di riferimento utilizzato in uno studio di validazione di un sistema quale OptoGait che, come visto in tutta la letteratura analizzata finora, tende invece a sovrastimare il tempo di contatto. Dal grafico qui riportato dei tempi medi di contatto scorporati per i 30 soggetti partecipanti è evidente che OptoGait misura tempi di contatto sistematicamente maggiori di quelli misurati dalla pedana di forza incorporata nel treadmill, e purtroppo non siamo in grado di stabilire se è OptoGait che li sovrastima o se è il treadmill che li sottostima. Verosimilmente si verificano contemporaneamente entrambi i fenomeni, dato che il filtro di OptoGait è stato impostato al valore di default  $n_{\min}=1$  ma le barre non sono state posizionate in modo da avere i LED e i sensori ad altezza 0 rispetto al supporto, mentre la soglia della forza di reazione per decretare l'inizio e la fine della fase di contatto con il treadmill (50 N) è maggiore di quelle utilizzate in tutti gli studi finora trattati. A destra del grafico dei tempi di contatto misurati con OptoGait (asse x) e con la pedana di forza incorporata nel treadmill (asse y) è riportato anche il relativo diagramma di Bland-Altman.



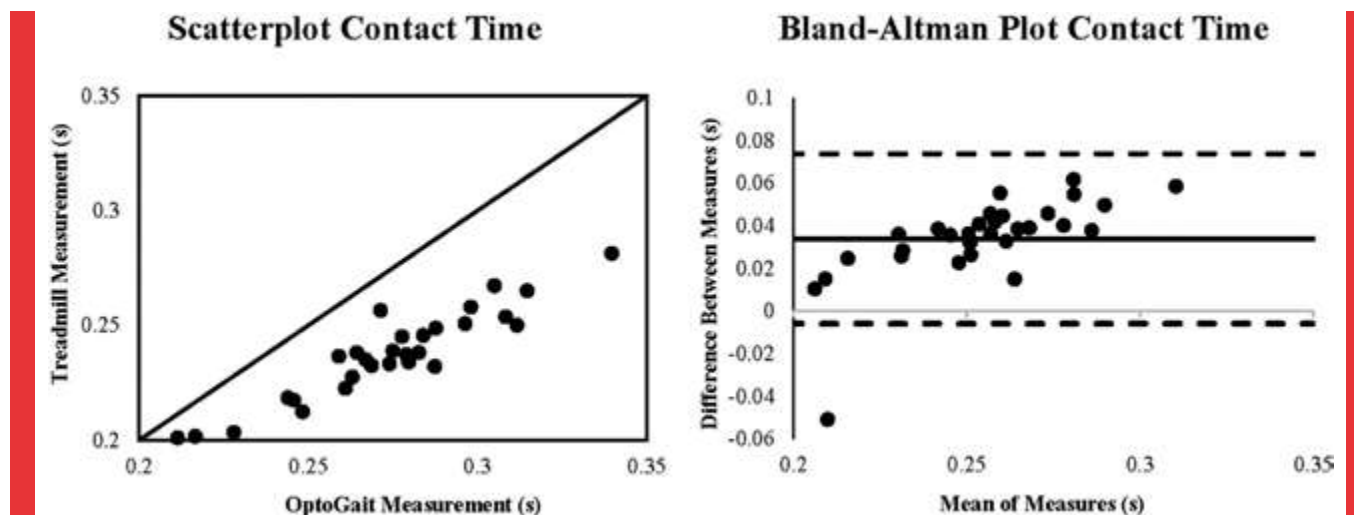


Figura 60: Tempi di contatto misurati da OptoGait con  $n_{\min}=1$  e dal treadmill e diagramma di Bland-Altman. Grafici tratti da Agreement Between the OptoGait and Instrumented Treadmill System for the Quantification of Spatiotemporal Treadmill Running Parameters, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2020, Vol 2: p 4

Il t-test accoppiato, che avrebbe sicuramente rilevato una differenza significativa, non è stato effettuato. Gli autori si sono invece limitati a calcolare il coefficiente di correlazione intra-classe ICC (2,k) con  $k=3$  che, come detto in precedenza, è solamente un indice di ripetibilità. Il valore ottenuto è  $ICC(2,3)=0.83$ , considerato buono, e questo la dice lunga sull'affidabilità di questo indice per stabilire la concordanza tra le misure effettuate da 2 strumenti diversi. Alla luce di tale controesempio, nella trattazione di altri studi non menzioneremo più il valore di ICC come indice di concordanza. Non lo è. Riguardo invece la frequenza media dei passi, calcolata su 10 passi (5 contatti con il piede destro e 5 con il sinistro), il grafico qui di seguito suggerisce come non ci sia una differenza significativa tra le misure effettuate dai 2 strumenti, anche se pure per questa grandezza non è stato effettuato il t-test accoppiato. Naturalmente la ragione fisica della concordanza tra le misure di frequenza media dei passi effettuate con OptoGait e quelle effettuate con la pedana di forza incorporata nel treadmill è il fatto che nel tempo totale in cui viene compiuto un passo di corsa l'eventuale sovrastima del tempo di contatto e la sottostima del tempo di volo da parte di OptoGait si elidono. Lo stesso vale per la pedana del treadmill a logica invertita: sottostima del tempo di contatto e sovrastima del tempo di volo si elidono.

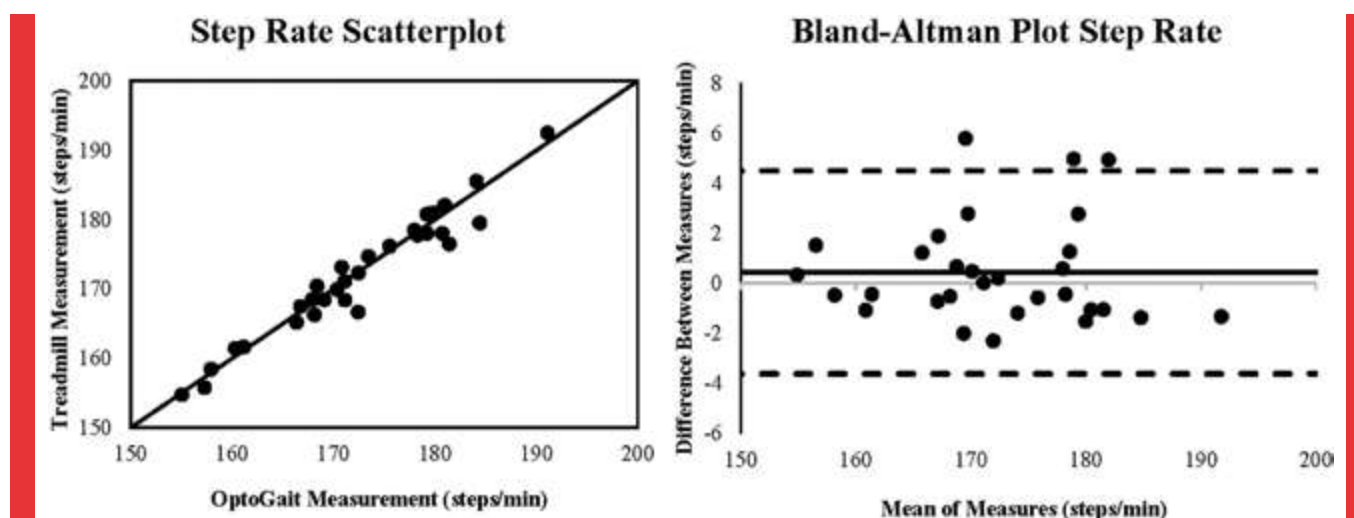


Figura 61: Frequenze medie misurate da OptoGait con  $n_{\min}=1$  e dal treadmill e diagramma di Bland-Altman. Grafici tratti da Agreement Between the OptoGait and Instrumented Treadmill System for the Quantification of Spatiotemporal Treadmill Running Parameters, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2020, Vol 2: p 3

In conclusione, da questi 2 studi è risultato che OptoGait non può essere considerato un buon dispositivo per misurare il tempo di contatto e il tempo di volo nella corsa su treadmill; non escludiamo tuttavia che con una diversa impostazione del filtro si possano ottenere risultati comparabili a quelli ottenuti con sistemi di video analisi ad alta frequenza o pedane di forza.

#### 4.6 OPTOGAIT PUÒ ESSERE IMPIEGATO PER MISURARE QUANTITÀ CINEMATICHE TEMPORALI DELLA CORSA SU PISTA?

Concludiamo questo capitolo trattando uno studio<sup>100</sup> di 4 anni prima (2016) rispetto a quelli esaminati al 4.5 in cui OptoJump Next e 2 sensori inerziali PARTwear MPU-9150 sono stati impiegati per misurare il tempo di contatto di un passo di corsa su una pista di atletica indoor. Un sensore inerziale PARTwear MPU-9150 è un dispositivo di Motion Tracking MEMS<sup>101</sup> a 9 assi che combina 2 chip: MPU-6050 composto da un accelerometro triassiale con range di misura che si estende da  $-16\text{ g}$  a  $+16\text{ g}$  su ciascuno dei 3 assi, da un giroscopio triassiale con range di misura che va da  $-2000^\circ/\text{s}$  a  $+2000^\circ/\text{s}$  su ciascun asse<sup>102</sup>, e da un micro-processore, e AK8975, composto da un magnetometro triassiale con range di misura che va da  $-1200\text{ }\mu\text{T}$  a  $+1200\text{ }\mu\text{T}$  su ciascun asse. Sia l'accelerometro che il giroscopio campionano alla frequenza di 1000 Hz, la stessa di OptoJump Next, mentre il magnetometro opera a frequenza di soli 8 Hz. Ciascuno dei 2 sensori PARTwear MPU-9150 è stato fissato ai lacci di una scarpa dell'atleta. Gli atleti partecipanti a questo studio sono 12, quasi tutti mezzofondisti (età  $25.3\pm 3.2$  anni, altezza  $174.4\pm 7.9\text{ cm}$ , massa  $64.8\pm 10.2\text{ kg}$ ), di cui 5 donne e 7 uomini. Ogni atleta ha corso per 12 volte la distanza di 40 metri su una pista di atletica indoor: i primi 20 metri servivano per accelerare e i restanti 20 venivano percorsi a velocità pressoché costante. Alla distanza di 30 metri dalla linea di partenza sono stati posizionati un singolo modulo di OptoJump Next con le 2 barre disposte parallelamente al senso di corsa a 1 metro di distanza l'una dall'altra, e la videocamera ad alta frequenza Marathon Ultra CL600 considerata come lo strumento di riferimento. La videocamera, impostata alla risoluzione di  $800\times 600\text{ px}$  e operante anch'essa alla frequenza di 1000 Hz, è stata posizionata a livello della superficie della pista a 2 metri di distanza dal tracciato e orientata perpendicolarmente ad esso. Per ogni corsa è stato registrato un solo appoggio con OptoJump Next e la videocamera: un evidente limite di questo studio. Dopo un warm up adeguato ad affrontare un allenamento di sprint massimali, gli atleti hanno corso le prime 4 prove sui 40 metri cercando di raggiungere entro i primi 20 metri la propria velocità massima ( $8.0\pm 0.5\text{ m/s}$ ) e di mantenerla poi per tutta la seconda metà della distanza. Le prove dalla quinta all'ottava sono invece state corse raggiungendo una velocità adeguata a un allenamento intenso su distanze più lunghe ( $6.2\pm 0.7\text{ m/s}$ ), mentre nelle prove dalla nona alla dodicesima la velocità da raggiungere entro i primi 20 metri e da mantenere nei 20 metri successivi era quella di un allenamento standard su distanze ancora più lunghe ( $4.3\pm 0.7\text{ m/s}$ ). Tra una prova e la successiva gli atleti avevano un tempo di recupero di 3 minuti. Dato che l'area di misura di OptoJump Next era di appena  $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ , capitava che l'atleta non sempre riusciva a far cadere l'appoggio su di essa o forzava il passo per centrarla. In tal caso la prova veniva ripetuta dopo i 3 minuti di recupero. Alle velocità di corsa di  $8.0\pm 0.5\text{ m/s}$ ,  $6.2\pm 0.7\text{ m/s}$  e  $4.3\pm 0.7\text{ m/s}$  OptoJump Next ha rilevato tempi di contatto rispettivamente di  $100.6\pm 11.5\text{ ms}$ ,  $122.6\pm 19.3\text{ ms}$  e  $159.5\pm 30.4\text{ ms}$ , contro rispettivamente  $117.5\pm 9.0\text{ ms}$ ,  $147.4\pm 20.3\text{ ms}$  e  $194.6\pm 34.3\text{ ms}$  ottenuti dalle analisi dei filmati della videocamera. Rispetto alle misurazioni effettuate analizzando i filmati della videocamera è risultato che OptoJump Next, pur con il filtro impostato al valore di default<sup>103</sup>  $n_{\min}=1$ , ha sottostimato il tempo di contatto a tutte le velocità esaminate, e non possiamo non notare che questo risultato è in evidente contrasto con tutta la letteratura scientifica finora illustrata. Una possibile spiegazione sta nel fatto che la risoluzione spaziale dei sensori fotoelettrici di OptoJump Next (un sensore ogni  $1.04\text{ cm}$ ) non consente di rilevare i chiodi attaccati alle scarpe da running su pista, che hanno un diametro minimo minore di  $1\text{ mm}$ . Questo significa che il segnale dei LED viene intercettato e quindi l'inizio della fase di contatto decretato solo quando la suola della scarpa si interpone tra le 2 barre, cosa che avviene successivamente all'istante in cui i chiodi toccano la superficie della pista perché questi hanno un'altezza di  $6\text{ mm}$ , mentre i sensori di OptoJump Next sono posti all'altezza di  $3\text{ mm}$  dalla pista; per poter rilevare la suola della scarpa è quindi necessario che i chiodi entrino nella pista per uno spessore di almeno  $3\text{ mm}$ . Analogamente la fine della fase di contatto viene decretata non appena i chiodi si trovano ancora immersi nella pista, ma per uno spessore minore di  $3\text{ mm}$ . Il ritardo nel rilevare l'inizio della fase di contatto e l'anticipo nel decretarne la fine portano alla sottostima del tempo di contatto. Un altro aspetto rilevante è il fatto che l'entità della sottostima decresce al crescere della velocità, sia in termini assoluti sia in termini relativi. La spiegazione più verosimile di questo fenomeno è che al crescere della velocità orizzontale dell'atleta cresce anche il valore assoluto della velocità verticale di impatto del piede contro la pista, e questo implica che il tempo in cui i chiodi sono a contatto con la pista ma immersi per uno spessore minore di  $3\text{ mm}$  si riduce. Questo

spiegherebbe la riduzione della sottostima del tempo di contatto in termini assoluti, ma non in termini relativi. Sarebbe interessante capire se la riduzione relativa al crescere della velocità possa dipendere dalla tecnica di corsa degli atleti impostata più sulle prove di mezzofondo che non su quelle di velocità. Un'idea potrebbe essere quella di ripetere la stessa procedura di questo studio ma arruolando dei velocisti che effettuino le 12 prove a velocità crescente anziché decrescente. Riguardo invece ai sensori inerziali PAR-Twear MPU-9150, questi sono stati orientati in modo tale da avere l'asse x dell'accelerometro orientato sagittalmente, l'asse y longitudinalmente e l'asse z trasversalmente. I dati raccolti dagli accelerometri sono stati interpretati considerando come istante iniziale della fase di contatto il punto di minimo assoluto per la componente  $a_x$  dell'accelerazione lungo l'asse x nel singolo periodo<sup>104</sup> di corsa, che coincide con l'istante di massimo assoluto per il modulo dell'accelerazione nello stesso periodo. Come istante finale della fase di contatto è stato preso quel punto che è contemporaneamente istante di minimo locale per  $a_x$  e istante di massimo locale per  $a_z$ . Nello studio di Purcell 2006 è risultato che l'inizio della fase di contatto secondo l'algoritmo di decodifica descritto è ritardato di circa 20 ms rispetto all'istante iniziale della fase di contatto come riconosciuto da un modulo di acquisizione Peak Motus collegato a una pedana piezoelettrica operante a 1 kHz e con soglia impostata a 5 N. Anche la fine della fase di contatto, è ritardata di circa 20 ms. Di seguito sono riportati i grafici della componente verticale della forza di reazione VGRF<sup>105</sup> e del modulo dell'accelerazione 3D (a), e ancora di VGRF e delle componenti dell'accelerazione lungo i 3 assi cartesiani (b) per un passo di una prova di corsa sprint. La fase di contatto dura 116 ms secondo Peak Motus<sup>106</sup> e 117 ms secondo l'algoritmo di decodifica dei dati raccolti dall'accelerometro.

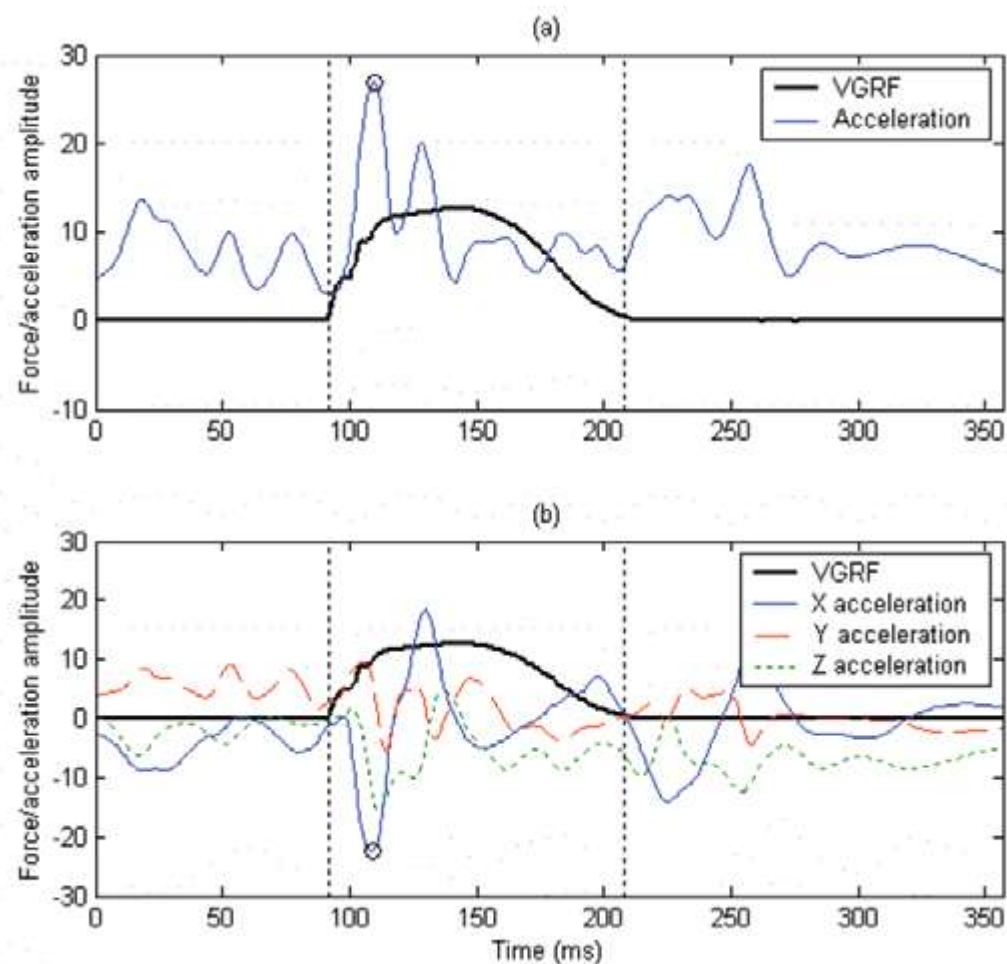


Figura 62: Grafici della forza di reazione verticale (nero) e del modulo dell'accelerazione (blu) in una prova di corsa sprint (a); grafici della forza di reazione verticale (nero) e delle 3 componenti dell'accelerazione (b). Le 2 linee verticali tratteggiate segnano l'inizio e la fine della fase di contatto secondo la pedana piezoelettrica. Grafici tratti da Purcell B, Channells J, James D, Barrett R, Use of accelerometers for detecting foot-ground contact time during running, *BioMEMS and Nanotechnology II*, 2006

Nello studio di Purcell 2006 il tempo di contatto è stato stimato con lo stesso algoritmo anche per altre velocità denominate "Jog", "Run" e "Sprint" nei grafici seguenti. I valori ottenuti differiscono rispettivamente di  $0 \pm 12$  ms,  $2 \pm 3$  ms e  $1 \pm 1$  ms da quanto misurato con la pedana di forza. Di rilievo il fatto che la deviazione standard della differenza decresce all'aumentare della velocità, forse perché ad alte velocità corrispondono alte accelerazioni dei piedi durante i passi di corsa. Ad alte velocità corrisponde una minore variabilità di Y-X perché quando si ha a che fare con maggiori accelerazioni (in modulo per l'accelerazione 3D e in valore assoluto per le singole componenti) sono più nitidamente identificabili sia l'istante che è il punto di minimo assoluto per  $a_x$  e di massimo assoluto per  $\|a\|$  decodificato come istante iniziale della fase di contatto, sia quell'istante che è un punto di minimo locale per  $a_x$  e di massimo locale per  $a_z$  decodificato invece come istante finale della fase di contatto.

Dato che all'aumentare della velocità diminuisce la dispersione rispetto alla retta  $Y=X$ , cresce invece il coefficiente di correlazione di Pearson: la correlazione è risultata quasi perfetta in condizioni di running ( $r=0.991$ ) e sprinting ( $r=0.997$ ).

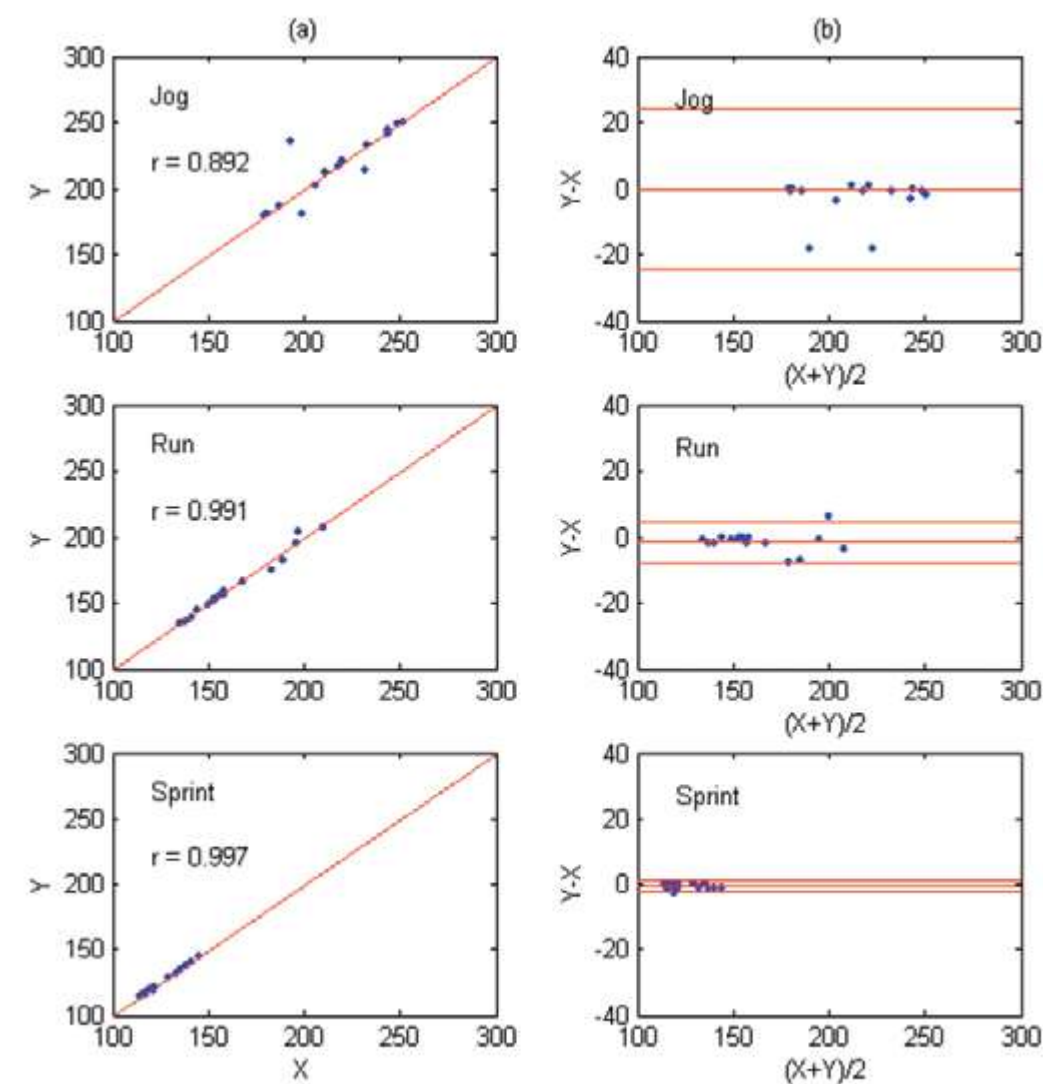


Figura 63: Tempi di contatto stimati con l'algoritmo di decodifica dei dati dell'accelerometro ADXL321 (X) e misurati con la piattaforma piezoelettrica (Y) [grafici (a)], e relativi diagrammi di Bland-Altman [grafici (b)]. Grafici tratti da Purcell B, Channells J, James D, Barrett R, Use of accelerometers for detecting foot-ground contact time during running, *BioMEMS and Nanotechnology II*, 2006



La minor variabilità della differenza tra la stima del tempo di contatto mediante l'algoritmo di decodifica degli accelerometri e il valore ottenuto dallo strumento di riferimento al crescere della velocità non trova riscontro nello studio di Ammann 2016, in cui la deviazione standard della differenza al contrario aumenta al crescere della velocità di corsa: questa infatti risulta essere del 5.0% del valore di riferimento alla velocità di  $4.3 \pm 0.7$  m/s, del 6.2% a  $6.2 \pm 0.7$  m/s e del 6.7% a  $8.0 \pm 0.5$  m/s. Dobbiamo però ricordare che nello studio di Ammann 2016 è stata utilizzata come strumento di riferimento una videocamera ad alta frequenza, mentre in quello di Purcell 2006 è stata impiegata una pedana piezoelettrica analogica. Il valore assoluto della media aritmetica delle differenze tra i valori del tempo di contatto calcolati con l'algoritmo di decodifica degli accelerometri e quelli ottenuti dall'analisi dei filmati della videocamera ad alta frequenza, invece, decresce all'aumentare della velocità di corsa, e vale il 3.3% del valore di riferimento alla velocità di  $4.3 \pm 0.7$  m/s, lo 0.8% del valore di riferimento a  $6.2 \pm 0.7$  m/s e 0.1% a  $8.0 \pm 0.5$  m/s. Il segno della media aritmetica di queste differenze è negativo a tutte le velocità, cioè il sensore inerziale PARTwear MPU-9150 mediamente sottostima il tempo di contatto. Nella discussione dei risultati Ammann sostiene che la sottostima può essere dovuta alla maggiore difficoltà dell'algoritmo nel rilevare la fine della fase di contatto, identificabile in generale meno nitidamente rispetto all'inizio del contatto. Secondo Purcell 2006 la ragione di questo è che mentre l'istante iniziale della fase di contatto è sempre ben definito secondo l'algoritmo, cioè l'istante di minimo assoluto per  $a_x$  nel singolo periodo della corsa è sempre anche il punto di massimo assoluto per  $|\dot{a}|$ , non si può in generale dire lo stesso per l'istante finale del contatto perché spesso non esiste un istante che sia contemporaneamente un punto di minimo locale per  $a_x$  e un punto di massimo locale per  $a_z$ . Quando questo accade si ha che l'algoritmo anticipa la fine della fase di contatto, da cui la sottostima del tempo di contatto. Fin qui è tutto logico, poi però non possiamo non notare una contraddizione evidente nella successiva argomentazione di Ammann, che sostiene che questo effetto dovrebbe essere più evidente e quindi la sottostima più marcata ad alte velocità, mentre i dati dicono esattamente il contrario: all'aumentare della velocità di corsa aumenta anche il livello di concordanza con le misure effettuate mediante l'analisi dei filmati della videocamera. Questo è perfettamente in accordo con quanto trovato da Purcell dieci anni prima usando come strumento di riferimento una pedana piezoelettrica. La cosa più strana però nelle argomentazioni di Ammann è che a sostegno della sua tesi cita un articolo, peraltro rientrando nei criteri di esclusione a causa di evidenti conflitti di interesse relativi allo strumento da validare, che esamina solo giroscopi.

Per riassumere quanto visto in questo paragrafo, OptoJump Next non può essere considerato un dispositivo accurato per la misurazione del tempo di contatto nella corsa su pista quando vengono indossate le scarpe chiodate in quanto lo sottostima enormemente, e inoltre l'entità della sottostima cresce al diminuire della velocità fino ad arrivare a 34.7 ms alla velocità di  $4.3 \pm 0.7$  m/s. Dato che i risultati sono stati ottenuti con il filtro impostato al valore di default 1 e che aumentando il valore del filtro la misura del tempo di contatto non può aumentare ma solo diminuire, non ha nemmeno senso ripetere la procedura di questo studio impostando il filtro a un valore maggiore. I sensori inerziali PARTwear MPU-9150 si sono invece rivelati dei dispositivi accurati per la stessa applicazione, specialmente ad alte velocità ( $8.0 \pm 0.5$  m/s) dove si registra un bias sistematico di soli 0.4 ms rispetto alle video analisi ad alta frequenza.

## 5. OPTOGAIT COME STRUMENTO DI RIFERIMENTO IN STUDI SUCCESSIVI

### 5.1 VALIDAZIONE DI UN ACCELEROMETRO PER LA MISURA DELL'ALTEZZA DI SALTO

Nei due precedenti capitoli abbiamo trattato diversi articoli in cui OptoJump e il suo upgrade OptoGait sono stati validati rispettivamente per la misura indiretta dell'altezza di salto e per misurare quantità cinematiche temporali della camminata e della marcia facendo il confronto con le misure ottenute da altri sistemi quali le pedane piezoelettriche e le video analisi ad alta frequenza, considerati come gold standard. Ora invece tratteremo degli studi successivi in cui lo stesso OptoJump oppure OptoGait è stato utilizzato come strumento di riferimento per la validazione di altra strumentazione per le stesse applicazioni, o in alternativa come strumento di misura per la validazione di un modello. Il primo di questi studi risale al 2010 e riguarda la validazione dell'accelerometro Myotest per la misura indiretta dell'altezza di salto<sup>107</sup>, prima applicazione di OptoJump che abbiamo visto al 3.2. Sebbene l'articolo sia stato pubblicato 3 mesi prima dello studio in cui OptoJump è stato validato per tale applicazione in riferimento a una piattaforma piezoelettrica<sup>108</sup>, gli autori ne conoscevano già i risultati, che puntualmente vengono citati nella discussione. Per l'occasione sono stati arruolati 44 giocatori di basket di età  $15.3 \pm 3.8$  anni (range: 9 - 25 anni), di altezza  $178 \pm 18$  cm (range: 141 - 210 cm) e massa  $68 \pm 18$  kg (range: 30 - 101 kg). Questi atle-

ti competono nei campionati regionali o nazionali della Svizzera nelle rispettive categorie di età. Ognuno di essi ha eseguito 5 salti massimali in ciascuna di queste 3 modalità: Squat Jump e Countermovement Jump, entrambe con le mani ai fianchi, e Repeated Jumps. I Repeated Jumps consistono il primo in un Countermovement Jump e i seguenti in altri 4 salti consecutivi cercando di minimizzare il tempo di contatto con il suolo. Tra ogni salto nelle prime 2 modalità e il successivo gli atleti avevano un tempo di recupero di 30 secondi, mentre tra il blocco di 5 salti in una modalità e quello della modalità successiva avevano un tempo di recupero di 3 minuti. Il Myotest ha un range di misura che si estende da -8 g a +8 g su ciascuno dei 3 assi e opera alla frequenza di 500 Hz. Il Myotest è stato fissato con una cintura elastica Velcro a livello dell'anca sinistra dell'atleta, mentre le 2 barre parallele di OptoJump sono state appoggiate al suolo a distanza di 1 m l'una dall'altra. Integrando l'accelerazione verticale nel tempo per via numerica, il software Myotest Pro v1.0 ha calcolato istante per istante la velocità verticale<sup>109</sup> dell'atleta, che è stata poi utilizzata per calcolare l'altezza di salto con 2 metodi diversi: il primo metodo (Myotest-T) consiste nello stimare il tempo di volo come l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante di stacco dal suolo, identificato come il punto di massimo assoluto per la velocità verticale, e l'istante di atterraggio, identificato come il punto di minimo assoluto per la velocità verticale, e calcolare quindi l'altezza di salto con la (10); il secondo metodo (Myotest-V) utilizza invece la (6) per calcolare l'altezza di salto conoscendo solamente il valore della velocità verticale allo stacco, identificato come il massimo assoluto della velocità verticale. Purtroppo questi 2 metodi sono entrambi fisicamente errati in quanto l'istante di massimo assoluto per la velocità verticale è il primo istante in cui l'accelerazione verticale è negativa o nulla, mentre l'istante di stacco dal suolo è invece teoricamente il primo istante in cui l'accelerazione verticale è uguale a -g. Dato che è poco plausibile che la forza di reazione verticale possa passare istantaneamente da un valore (finito) a un valore diverso (anch'esso finito), anche l'accelerazione verticale non può avere discontinuità di prima specie, e questo implica che il punto di massimo assoluto per la velocità verticale e l'istante di stacco dal suolo non possono coincidere. Inoltre si ha che nell'intervallo di tempo compreso tra questi due istanti l'accelerazione verticale è negativa, ma maggiore di -g. Analogamente anche l'istante di atterraggio non può coincidere con il punto di minimo assoluto per la velocità verticale: l'istante di atterraggio è il primo istante in cui l'accelerazione verticale torna ad essere maggiore di -g, mentre il punto di minimo assoluto per la velocità verticale è il primo istante in cui l'accelerazione verticale è positiva o nulla. Ricordando anche questa volta che l'accelerazione verticale non può avere discontinuità di prima specie, nell'intervallo di tempo compreso tra questi due istanti l'accelerazione verticale è negativa, ma maggiore di -g. Da questo consegue che l'erronea identificazione dell'istante di stacco dal suolo con il punto di massimo assoluto per la velocità verticale e l'erronea identificazione dell'istante di atterraggio con il punto di minimo assoluto per la velocità verticale implicano una sovrastima del tempo di volo da parte del Myotest-T, e quindi per la (10) una sovrastima anche dell'altezza di salto. Questa considerazione di analisi matematica trova riscontro nei dati raccolti: il Myotest-T ha infatti registrato altezze di salto in media di 6.99 cm più alte di quelle misurate da OptoJump per i salti effettuati in modalità Squat Jump (SJ), di 7.24 cm più alte per i salti effettuati in modalità Countermovement Jump (CMJ) e di 7.41 cm più alte per i Repeated Jumps (RJ). Dato che nell'intervallo di tempo compreso tra l'istante di massimo assoluto per la velocità verticale e l'istante di stacco dal suolo l'accelerazione verticale è negativa, si ha che anche il Myotest-V sovrastima l'altezza di salto inserendo nella (6) il massimo valore della velocità verticale anziché il valore della velocità verticale allo stacco. Anche stavolta la deduzione analitica trova riscontro nei dati raccolti: il Myotest-V ha infatti registrato altezze di salto in media di 5.66 cm più alte di quelle misurate da OptoJump per i salti effettuati in modalità Squat Jump (SJ), di 9.89 cm più alte per i salti in modalità Countermovement Jump (CMJ) e di 12.31 cm più alte per i Repeated Jumps (RJ). Riguardo l'entità della sovrastima dobbiamo però ricordare che OptoJump invece sottostima in media di 0.9 cm le altezze di salto per SJ e di 1.0 cm per CMJ<sup>110</sup> rispetto a una piattaforma piezoelettrica, strumento considerato come gold standard; quindi confrontando i dati raccolti da Casartelli con quelli di Glatthorn otteniamo che il Myotest-T sovrastima le altezze di salto in media di 6.09 cm per SJ e di 6.24 cm per CMJ rispetto a una pedana piezoelettrica, mentre il Myotest-V le sovrastima in media di 4.76 cm per SJ e di 8.89 cm per CMJ. Per verificare o smentire l'entità della sovrastima, in uno studio<sup>111</sup> del 2014 in cui l'algoritmo di decodifica Myotest-T è stato definito nello stesso modo, sono state confrontate direttamente le altezze di salto registrate dal Myotest-T con quelle ottenute dalla pedana piezoelettrica AMTI OR 6-5 operante alla frequenza di 1000 Hz, ed è risultato che il Myotest-T le sovrastima in media di 5.6 cm per SJ e di appena 3.6 cm per CMJ. Notiamo che mentre per SJ siamo abbastanza in linea con quanto ottenuto dal confronto tra i dati di Casartelli e quelli di Glatthorn, per CMJ l'entità della sovrastima è invece sensibilmente più bassa. Sfortunatamente non riusciamo a fare delle considerazioni a questo proposito in quanto, a differenza dello studio di Casartelli



in cui l'errore casuale è del 36% rispetto al bias sistematico per SJ e del 39% per CMJ, qui l'errore casuale è del 209% rispetto al bias sistematico per SJ e del 364% per CMJ: valori che purtroppo non ci consentono di indagare sulle cause della diversa entità della sovrastima per CMJ. Il metodo di calcolo dell'altezza di salto usando invece il valore della velocità verticale allo stacco identificato erroneamente come valore massimo assoluto della velocità verticale<sup>112</sup> (Myotest-V) non è stato analizzato, probabilmente perché nel confronto con la piattaforma di forza gli autori preferiscono che i risultati forniti da entrambi gli strumenti di misura si basino sullo stesso metodo, cioè quello che usa il tempo di volo nella (10). L'erronea identificazione dell'istante di stacco dal suolo come il punto di massimo assoluto per la velocità verticale e l'erronea identificazione dell'istante di atterraggio come il punto di minimo assoluto per la velocità verticale non sono le uniche criticità dello studio di Casartelli: la concordanza tra le misure delle altezze di salto fornite dai 2 strumenti (Myotest e OptoJump) non è stata valutata effettuando un test statistico per la verifica di ipotesi, bensì con il coefficiente di correlazione intra-classe ICC (2,1) che, come detto in precedenza, è invece un indice di ripetibilità che non dice nulla a questo proposito. Infatti, nonostante il Myotest-T sovrastimi nettamente le altezze di salto rispetto a quanto misurato da OptoJump (SJ+6.99 cm, CMJ+7.24 cm, RJ+7.41 cm), tutti i 3 coefficienti di correlazione intra-classe ICC (2,1) sono risultati uguali a 0.98, valore considerato eccellente. Ancora una volta ci troviamo in una situazione in cui il valore di ICC fornisce un'informazione totalmente fuorviante riguardo la concordanza tra i risultati forniti da 2 strumenti di misura diversi. Pure la ripetibilità delle misure effettuate con il Myotest-T, con il Myotest-V e con OptoJump è stata valutata tramite il coefficiente di correlazione intra-classe ICC (2,1), includendo anche i dati raccolti con la stessa procedura di test ripetuta però a distanza di 2-15 giorni sugli stessi atleti. I valori di ICC (2,1) ottenuti per il Myotest-T sono 0.92 per SJ, 0.96 per CMJ e 0.92 per RJ, mentre per il Myotest-V sono 0.83 per SJ, 0.89 per CMJ e 0.56 per RJ. Dei due metodi di calcolo dell'altezza di salto analizzati il Myotest-T si è rivelato il più ripetibile, con valori di ICC (2,1) mai inferiori a 0.92, mentre per il Myotest-V i valori di ICC (2,1) sono tutti inferiori a 0.90. Per completezza riportiamo anche i valori di ICC (2,1) ottenuti per la ripetibilità di OptoJump: 0.93 per SJ, 0.97 per CMJ e 0.94 per RJ. Ironicamente il t-test accoppiato, che non è stato utilizzato per stabilire se la differenza tra la stima dell'altezza di salto effettuata con l'algoritmo Myotest-T o Myotest-V e la misura della stessa ottenuta con OptoJump sia statisticamente significativa, è stato invece utilizzato per stabilire se ci sono differenze statisticamente significative tra i valori ottenuti con uno dei 3 metodi (Myotest-T, Myotest-V e OptoJump) nella prima sessione di test e quelli ottenuti nella seconda sessione con lo stesso metodo per lo stesso atleta. In altre parole il t-test accoppiato è stato anch'esso utilizzato per valutare la ripetibilità delle misure effettuate con i 3 metodi. Il t-test accoppiato ha rilevato differenze significative ( $p < 0.017$ ) tra le misure effettuate nelle 2 sessioni per SJ valutato con tutti i 3 metodi in questione e per CMJ solo con il Myotest-T. Questo risultato è in contrasto con quanto ottenuto per i valori del coefficiente di correlazione intra-classe ICC (2,1), che come abbiamo visto hanno invece decretato il Myotest-T come il più ripetibile dei 2 metodi di calcolo dell'altezza di salto utilizzando i dati dell'accelerometro.

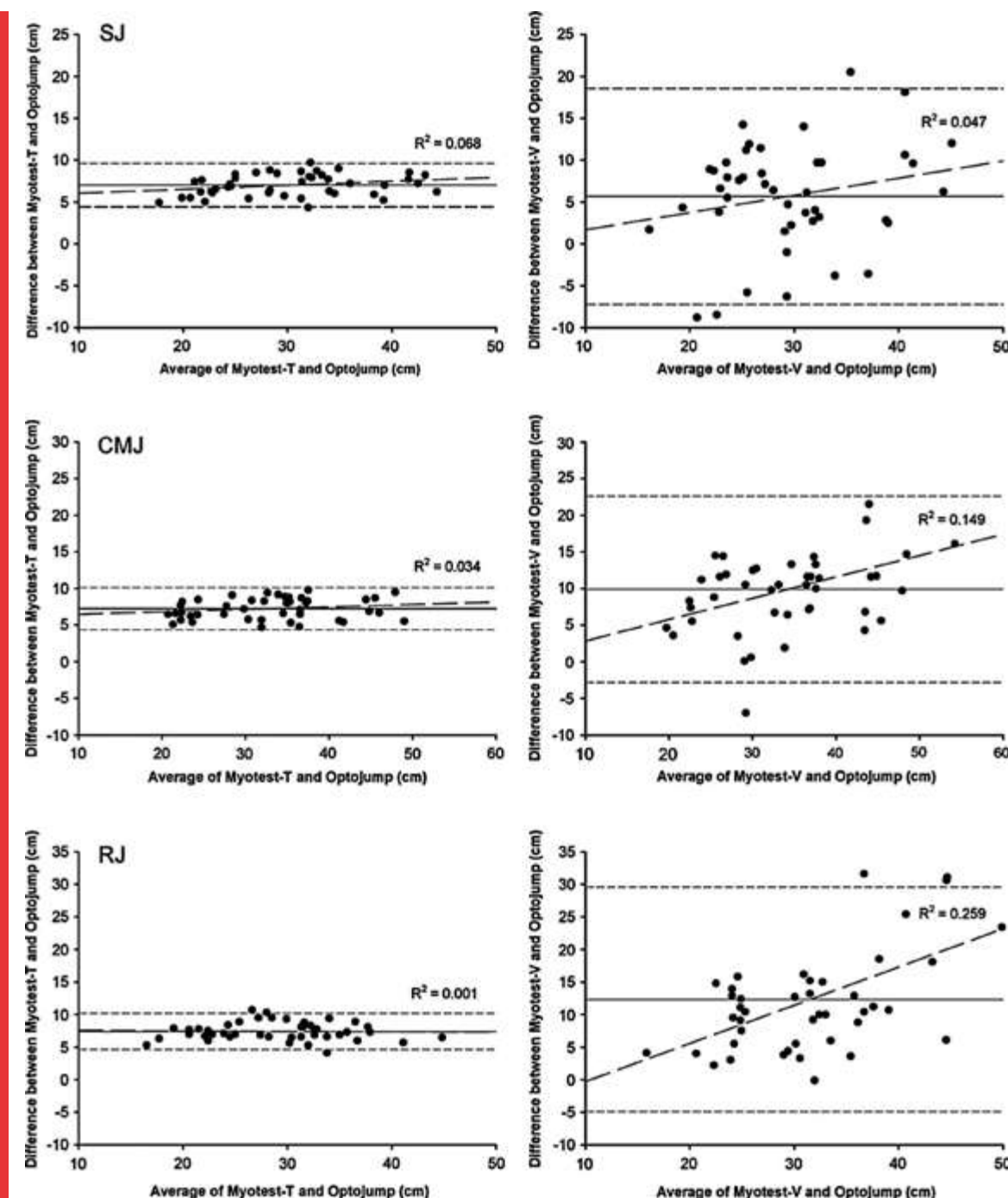


Figura 64: Diagrammi di Bland-Altman delle altezze di salto stimate dal Myotest e misurate con OptoJump. Grafici tratti da Casartelli N, Müller R, Maffiuletti N.A, Validity and Reliability of the Myotest Accelerometric System for the Assessment of Vertical Jump Height, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, Vol 24, Issue 11: p 3189

Come ulteriore indice di ripetibilità è stato calcolato il coefficiente di variazione per ciascuna delle 3 modalità di salto; tuttavia, dato che per ogni atleta è stata considerata solo la media aritmetica delle 5 prove, il coefficiente di variazione relativo a una modalità di salto non può essere stato calcolato come media aritmetica dei coefficienti di variazione relativi ai singoli atleti, ma deve essere stato invece ottenuto considerando le misure effettuate su tutti gli atleti indistintamente come provenienti da un'unica distribuzione: una procedura che non ha alcun senso al fine di valutare la ripetibilità delle misure, e per questo non ne riportiamo i risultati.



In conclusione i 2 studi qui trattati sull'utilizzo del Myotest per determinare l'altezza di salto presentano gravi criticità e non possono quindi essere considerati degli studi di validazione adeguati a stabilire l'accuratezza e la ripetibilità delle misure effettuate usando i dati raccolti dall'accelerometro. Sarebbe interessante vedere uno studio in cui i dati dell'accelerazione nel tempo raccolti con il Myotest vengano usati per determinare l'altezza di salto sfruttando il tempo di volo con la (10), considerando però come istante iniziale della fase di volo il primo istante in cui l'accelerazione verticale è uguale a  $-g$ , e non il primo istante in cui è negativa o nulla, e come istante finale della fase di volo il primo istante in cui l'accelerazione verticale torna ad essere maggiore di  $-g$ , e non il primo istante in cui torna ad essere positiva o nulla. Alternativamente si potrebbe determinare l'altezza di salto sfruttando la velocità verticale allo stacco dal suolo con la (6), considerando però come valore della velocità verticale all'istante iniziale della fase di volo quello che essa assume nel primo istante in cui l'accelerazione verticale è uguale a  $-g$ . Purtroppo lo studio di Castagna 2013 trattato al 3.3 presenta la stessa criticità di Casartelli 2010 a questo proposito: identifica erroneamente l'istante di stacco dal suolo come il punto di massimo assoluto per la velocità verticale e l'istante di atterraggio come il punto di minimo assoluto per la stessa.

## 5.2 IL REDFIR PER LA STIMA DEI PARAMETRI DI UN MODELLO CINEMATICO DEI 100 METRI

Trattiamo ora un secondo studio<sup>113</sup>, questa volta del 2021, dove OptoGait è stato impiegato come strumento di riferimento per la validazione di un altro apparato di misurazione: qui il sistema di tracciamento radio RedFIR è stato usato per la stima dei parametri di un modello matematico per descrivere la velocità orizzontale istantanea in uno sprint di 100 metri durante la fase della velocità massima. Il RedFIR è un sistema RTLS<sup>114</sup> basato sulle misurazioni dei tempi di volo di segnali radio tipo burst emessi da trasmettitori su circuiti integrati<sup>115</sup> e captati da 12 antenne. Un'unità centralizzata processa dunque questi segnali e ne estrae i valori del tempo di arrivo a ciascuna delle 12 antenne a partire dai quali, calcolandone le differenze, è possibile risalire alle coordinate del trasmettitore che li ha emessi. I trasmettitori sono stati ubicati nella tasca di una t-shirt aderente a livello delle prime vertebre toraciche dell'atleta. Nello studio di Seidl 2021 è stata riutilizzata la modellizzazione matematica della velocità media nel singolo passo valida per l'intera corsa<sup>116</sup> proposta da Prendergast<sup>117</sup> 20 anni prima, che riportiamo qui di seguito:

$$v_{xm}(t) = v_1(1 - e^{-\lambda t}) + v_2(1 - e^{\mu t}) \quad (13)$$

dove  $v_1$  (m/s),  $v_2$  (m/s),  $\lambda$  ( $s^{-1}$ ),  $\mu$  ( $s^{-1}$ ) sono i 4 parametri positivi che caratterizzano una data performance. Allo studio hanno partecipato 16 atleti under 20 di livello regionale o nazionale (età  $18.9 \pm 2.8$  anni, punti IAAF<sup>118</sup>  $796 \pm 146$ ) di cui 7 ragazzi (PB<sup>119</sup>:  $11.64 \pm 0.68$  s) e 9 ragazze (PB:  $12.72 \pm 0.43$  s), che hanno corso ognuno 2 prove nei 100 metri in assetto da competizione con un tempo di recupero di almeno 15 minuti tra le 2. I ragazzi hanno fatto registrare tempi di  $11.93 \pm 0.56$  s (range: 11.21 - 12.67 s), mentre le ragazze hanno corso in  $13.08 \pm 0.44$  s (range: 12.34 - 14.11 s). I tempi sono stati registrati dal sistema di tracciamento, quindi non includono il tempo di reazione. Per ciascuna delle 32 prove sono stati stimati i 4 parametri del modello di Prendergast  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$  a partire dal profilo della velocità orizzontale istantanea ottenuto calcolando istante per istante il rapporto incrementale della coordinata  $x$  (scegliamo come asse  $x$  una retta parallela alla direzione di corsa e diretta nel verso che va dalla partenza dei 100 m alla linea di arrivo) della posizione misurata dal RedFIR<sup>120</sup> usando un'estensione del metodo dei minimi quadrati a problemi non lineari<sup>121</sup>. Una volta stabiliti i parametri della modellizzazione della velocità media nel singolo passo è stato calcolato l'istante di massimo assoluto sapendo che in tale istante la derivata della velocità, cioè l'accelerazione, si annulla. L'espressione dell'accelerazione, che si ottiene derivando la velocità, è la seguente:

$$a_{xm}(t) = v'_{xm}(t) = v_1 \lambda e^{-\lambda t} - v_2 \mu e^{\mu t} \quad (14)$$

L'istante di massima velocità  $t_{max}$  è quindi tale che

$$a_{xm}(t_{max}) = 0 \quad (15)$$

da cui si ottiene

$$t_{max} = \frac{\log\left(\frac{v_1 \lambda}{v_2 \mu}\right)}{\lambda + \mu} \quad (16)$$

Dato che la seconda derivata della velocità, cioè la prima derivata dell'accelerazione

$$v''_{xm}(t) = a'_{xm}(t) = -v_1 \lambda^2 e^{-\lambda t} - v_2 \mu^2 e^{\mu t} \quad (17)$$

è sempre negativa e la soluzione della (15) è unica, abbiamo la certezza che  $t_{max}$  è veramente l'istante di massimo assoluto<sup>122</sup> per la velocità media nel singolo passo. I valori ottenuti per il massimo assoluto di  $v_{xm}(t)$ , calcolato come  $v_{max} = v_{xm}(t_{max})$ , sono  $9.44 \pm 0.50$  m/s (range: 8.86 - 10.18 m/s) per i ragazzi e  $8.47 \pm 0.35$  m/s (range: 7.88 - 9.03 m/s) per le ragazze. L'accelerazione alla partenza  $a_x(0)$  è stata stimata come

$$a_x(0) = \lim_{t \rightarrow 0^+} a_{xm}(t) = v_1 \lambda - v_2 \mu \quad (18)$$

ottenendo  $6.29 \pm 0.55$  m/s<sup>2</sup> (range: 5.39 - 7.32 m/s<sup>2</sup>) per i ragazzi e  $5.84 \pm 0.44$  m/s<sup>2</sup> (range: 4.92 - 6.57 m/s<sup>2</sup>) per le ragazze. È stato inoltre calcolato il rapporto tra la velocità media nel singolo passo all'arrivo  $v_{xm}(t_{100})$  e  $v_{max}$ , cioè la percentuale di velocità massima mantenuta all'arrivo, che è del  $93.11 \pm 3.23\%$  (range: 88.07% - 98.54%) per i ragazzi e del  $91.06 \pm 3.69\%$  (range: 84.01% - 97.99%) per le ragazze. Oltre a riproporre la vecchia modellizzazione di Prendergast per descrivere l'andamento della velocità media in un passo nell'intero sprint di 100 m, Seidl 2021 propone anche una modellizzazione della velocità orizzontale istantanea che tenga conto quindi anche delle oscillazioni della velocità intra-passo. Ricordiamo infatti che durante un singolo passo di corsa la velocità istantanea può variare considerevolmente, in quanto a una breve fase di accelerazione quando l'atleta è a contatto con la pista nella fase di spinta segue una fase di decelerazione quando l'atleta è in aria e poi, all'inizio dell'appoggio successivo, a contatto con la pista in fase frenante. Come già accennato, la modellizzazione della velocità istantanea qui proposta riguarda solo la fase della velocità massima, fase in cui la velocità media in un passo presenta un andamento relativamente piatto. In questa fase dello sprint la struttura ciclica della velocità istantanea può essere descritta semplicemente con una cosinusoide, che va a sommarsi alla funzione (13) che descrive invece la velocità media nel passo  $v_{xm}(t)$  come segue:

$$v_x(t) = v_a \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right) + v_{xm}(t) \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (19)$$

dove  $v_a$  (m/s) è la semi-ampiezza dell'oscillazione della velocità istantanea,  $T$  (s) è il periodo dell'oscillazione, che equivale al tempo impiegato per compiere un singolo passo di corsa<sup>123</sup>, e  $\varphi$  è lo sfasamento;  $t_1$  e  $t_2$  sono rispettivamente il primo e l'ultimo istante dell'intervallo di tempo in cui  $v_{xm}(t)$  appartiene al quintile superiore dei valori dell'immagine di tale funzione valutata sull'intera prestazione. I valori di  $t_1$  ottenuti sono  $6.52 \pm 0.60$  s (range: 5.76 - 7.93 s) per i ragazzi e  $6.47 \pm 0.59$  s (range: 5.54 - 8.11 s) per le ragazze, corrispondenti a posizioni rispetto alla linea di partenza di  $47.94 \pm 4.82$  m (range: 43.01 - 59.06 m) per i ragazzi e di  $43.08 \pm 4.51$  m (range: 36.17 - 57.08 m) per le ragazze. I valori di  $t_2$  ottenuti sono  $8.72 \pm 0.65$  s (range: 7.83 - 10.18 s) per i ragazzi e  $8.93 \pm 0.61$  s (range: 8.12 - 10.55 s) per le ragazze, che corrispondono alle posizioni rispetto alla linea di partenza di  $68.64 \pm 4.80$  m (range: 63.53 - 79.39 m) per i ragazzi e di  $63.92 \pm 4.70$  m (range: 57.69 - 78.63 m) per le ragazze.

Per stimare i 3 nuovi parametri introdotti  $v_a$ ,  $T$  e  $\varphi$  è stato usato anche questa volta il metodo dei minimi quadrati esteso a problemi non lineari, ottenendo per l'ampiezza completa  $2v_a$  dell'oscillazione intra-passo della velocità  $1.31 \pm 0.31$  m/s (range: 0.82 - 1.77 m/s) per i ragazzi e  $0.71 \pm 0.11$  m/s (range: 0.51 - 0.91 m/s) per le ragazze, mentre per il periodo  $T$  sono stati ottenuti i valori di  $0.23 \pm 0.01$  s (range: 0.22 - 0.24 s) per i ragazzi e  $0.24 \pm 0.01$  s (range: 0.22 - 0.26 s) per le ragazze. Non sono stati invece riportati i valori ottenuti per lo sfasamento  $\varphi$ . Ricordando poi la relazione fondamentale della cinematica della corsa:

$$v_{xm} = \frac{L}{T} \quad (20)$$

dove L è la lunghezza del passo, è stata inoltre stimata la lunghezza media  $L_m$  del passo nella fase della velocità massima come

$$L_m = T \langle v_{xm} \rangle \quad (21)$$

dove  $\langle v_{xm} \rangle$  è il valore medio di  $v_{xm}(t)$  nell'intervallo  $[t_1, t_2]$  calcolato come media integrale della funzione in tale intervallo:

$$\langle v_{xm} \rangle = \frac{\int_{t_1}^{t_2} v_{xm}(u) du}{t_2 - t_1} \quad (22)$$

e ricordando che l'espressione di  $v_{xm}(u)$  è la (13) si ottiene

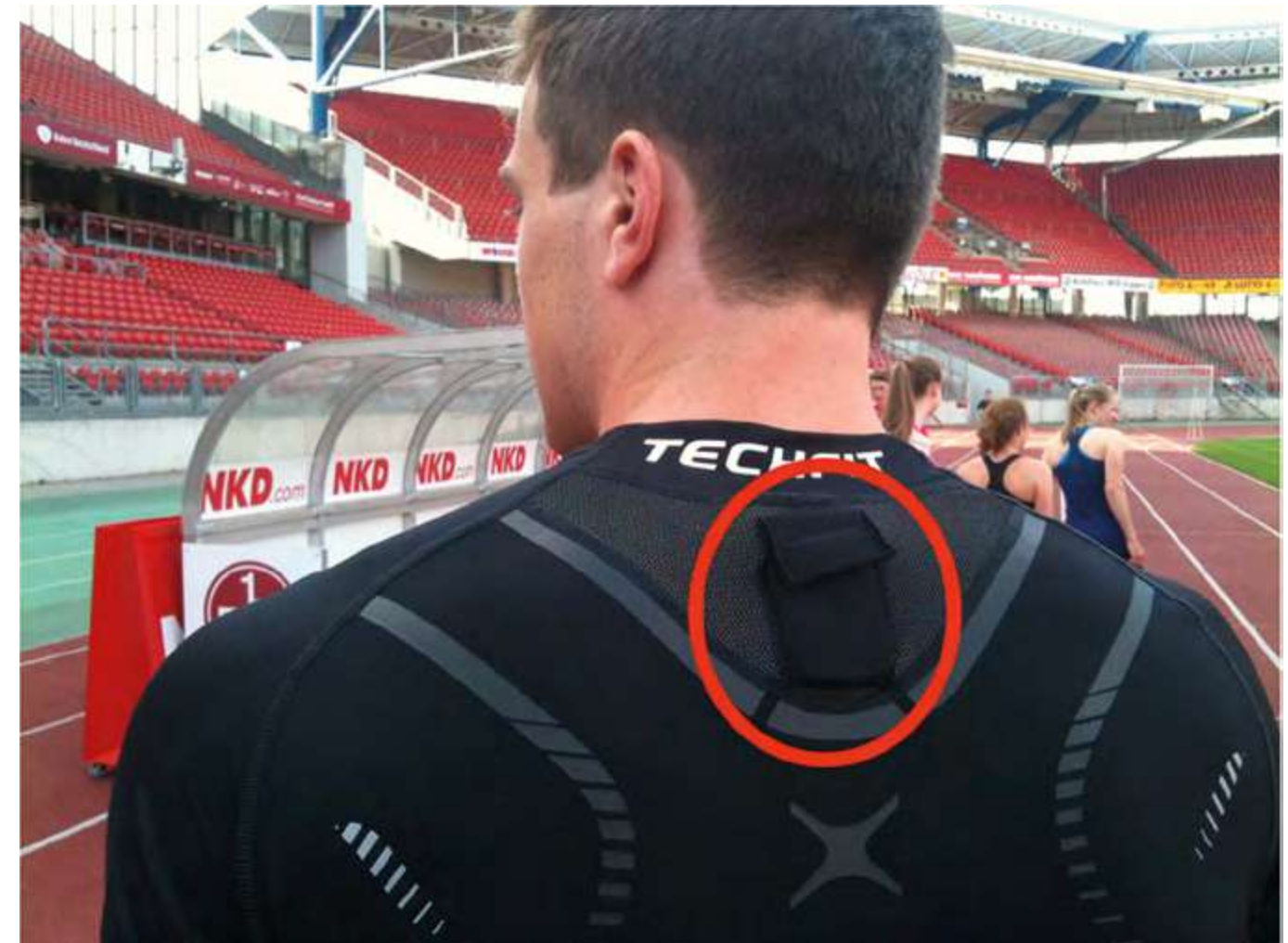
$$\langle v_{xm} \rangle = v_1 + v_2 + \frac{\frac{v_1}{\lambda} e^{-\lambda t_1} (e^{-\lambda(t_2-t_1)} - 1) + \frac{v_2}{\mu} e^{\mu t_1} (1 - e^{\mu(t_2-t_1)})}{t_2 - t_1} \quad (23)$$

I valori di  $L_m$  ottenuti sono  $2.10 \pm 0.09$  m (range: 1.99 - 2.21 m) per i ragazzi e  $2.00 \pm 0.09$  m (range: 1.80 - 2.14 m) per le ragazze.

Gli strumenti di riferimento impiegati sono un Laveg laser della Jenoptik per rilevare la distanza dell'atleta dalla linea di partenza (coordinata x) e OptoGait per misurare il tempo impiegato per compiere un singolo passo di corsa nella fase della velocità massima.

Il Laveg laser era stato precedentemente validato per rilevare distanze in riferimento alla videocamera digitale Panasonic DVGRL9000 operante a 100 Hz in uno studio<sup>124</sup> del 2005 sia per oggetti statici che per atleti in corsa. Il Laveg laser, operante anch'esso a 100 Hz, ha dimostrato un'elevata ripetibilità per le misure di distanza da oggetti statici, ma si è anche rivelato relativamente poco attendibile sulle singole misure, il che significa che è preferibile ottenere le misure di distanza come medie su molti punti. Riguardo le misure della velocità di atleti in corsa, per ottenere il profilo della velocità media nel passo, cioè della velocità privata delle oscillazioni intra-passo, ai dati della posizione raccolti dal Laveg è stato prima applicato un filtro passa basso con frequenza di taglio di 3 Hz ed è stato poi calcolato istante per istante il rapporto incrementale della funzione così ottenuta. Lo scarto quadratico medio dei valori di velocità così ottenuti rispetto a quelli ottenuti dalle video analisi è risultato crescente con la velocità in termini assoluti, ma decrescente in termini relativi. Harrison 2005 concluse che il Laveg non è adatto a misurare le rapide variazioni di velocità che avvengono durante un ciclo del passo di corsa in quanto suscettibile a livelli di rumore simili a quelli che inficiano anche le videocamere. Tuttavia, a partire dalle misure di posizione effettuate con il laser è possibile costruire il profilo modellizzato della velocità media nel passo, purché ai dati della posizione venga applicata, oltre al filtro passa basso ottimale, anche un'opportuna tecnica di smoothing. A questo proposito, Seidl 2021 utilizza come modellizzazione di riferimento per la velocità media nel passo la derivata rispetto al tempo di una polinomiale monotona crescente positiva di quinto grado costruita dai dati della posizione raccolti con il Laveg. Questa tecnica era già stata utilizzata in uno studio<sup>125</sup> del 2012 per un altro strumento di misura laser prodotto dalla Jenoptik, LDM-300C, anch'esso operante a 100 Hz. Rispetto alle misure di velocità ottenute da video analisi a 200 Hz (MotionPro HS-1, Redlake) era stato rilevato un bias sistematico di +0.41 m/s a 1 m dalla linea di partenza, di +0.13 m/s a 5 m dalla partenza, +0.16 m/s a 10 m, +0.06 m/s a 30 m e +0.08 m/s a 50 m. Bezodis 2012 concluse dunque che i dispositivi laser sono accurati per calcolare la velocità istantanea nell'ultima parte della fase di accelerazione e nella fase della velocità massima, sebbene solo differenze di velocità maggiori di 0.22 m/s (0.30 m/s secondo una stima più conservativa) possano essere rilevate in modo ripetibile. Contrariamente alla quasi totalità degli studi finora trattati, in cui il confronto tra i valori forniti dal

dispositivo da validare (misurati direttamente o dopo l'applicazione di algoritmi) e quelli ottenuti dallo strumento di riferimento veniva effettuato misura per misura, Seidl 2021 riporta dati del confronto solo su grandezze medie: la velocità media nella fase della velocità massima, e il tempo medio per compiere un singolo passo e la lunghezza media del passo in questa fase. Il Laveg è stato posizionato 13 m dietro la linea di partenza, con un operatore che punta il laser alla schiena dell'atleta dove è stato collocato un trasmettitore del RedFIR.



**Figura 65: Trasmettitore del RedFIR collocato in una tasca apposita a livello delle prime vertebre toraciche**  
Immagine tratta da Seidl T, Russomanno T.G, Stöckl M, Lames M, Assessment of Sprint Parameters in Top Speed Interval in 100 m Sprint – A Pilot Study Under Field Conditions, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2021, Vol 3: p 3

La velocità media di riferimento nell'intervallo  $[t_1, t_2]$  è stata calcolata usando la definizione oppure equivalentemente applicando la (22). Il RedFIR ha sottostimato la velocità media in tale intervallo di soli 0.03 m/s rispetto a quella di riferimento, e questo è un ottimo risultato considerato che questa discrepanza è di un ordine di grandezza più bassa rispetto alla minima differenza di velocità rilevabile in modo ripetibile con i laser. La radice quadrata dello scarto quadratico medio rispetto alla velocità di riferimento è risultata di 0.08 m/s.

OptoGait è stato impiegato come strumento di riferimento per misurare il tempo totale per compiere un passo di corsa in quanto il problema della sottostima del tempo di contatto nella corsa su pista di atletica con le scarpe chiodate che abbiamo visto al 4.6 non riguarda anche questa grandezza. Nella seconda metà del rettilineo dei 100 metri sono stati collocati 50 moduli di OptoGait ai lati della corsia utilizzata dagli atleti, mentre la prima metà è rimasta sguarnita; quindi i valori del tempo per compiere un passo che sono stati mediati sono solo quelli registrati a partire da una distanza dalla linea di partenza pari al massimo tra  $x(t_1)$  e 50 m, fino ad arrivare a  $x(t_2)$ . Dal confronto è risultato che la discrepanza tra il tempo medio per compiere un passo ricavato dai dati raccolti dal RedFIR e quello ricavato dai dati raccolti con



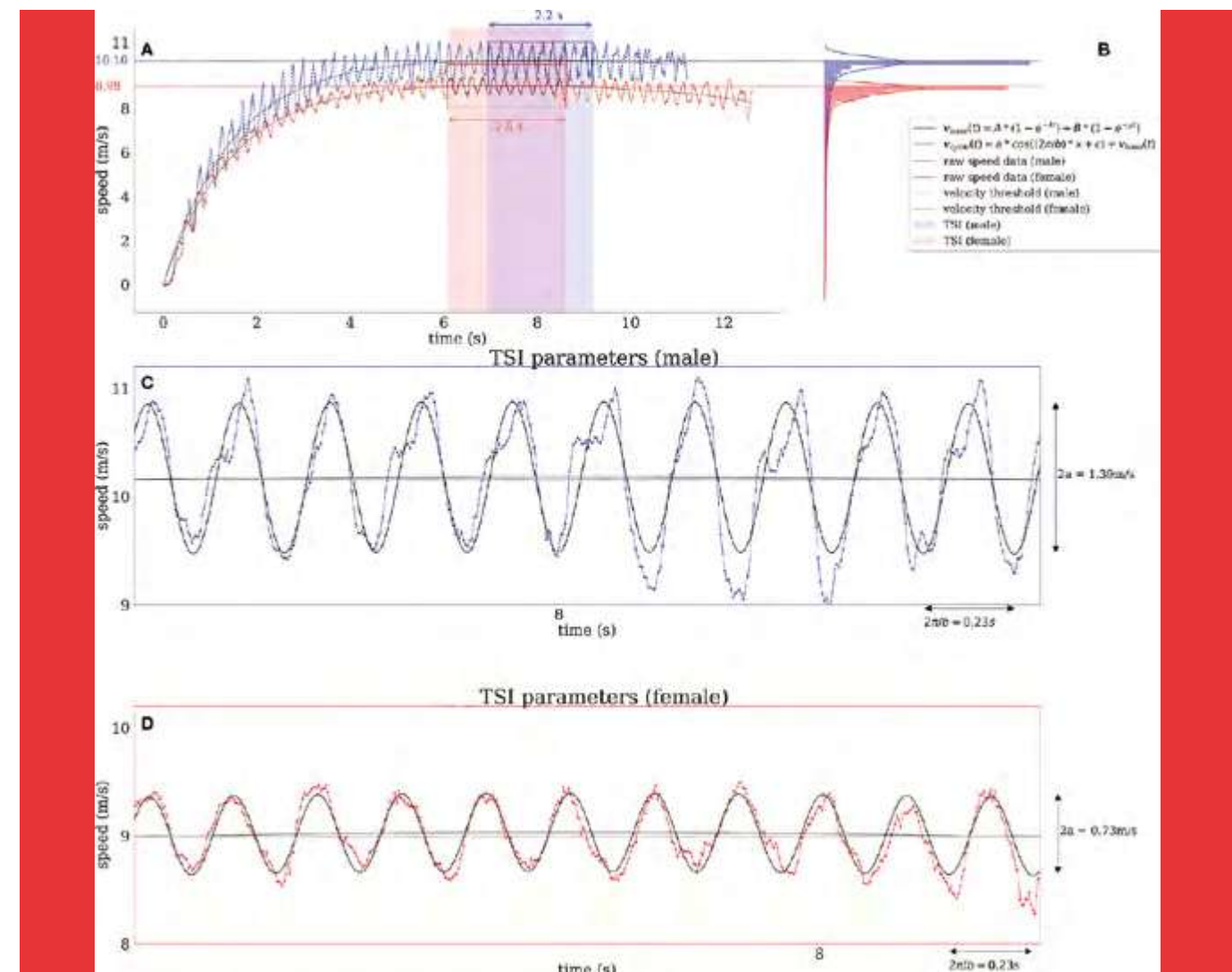


OptoGait (1 ms) è entro la risoluzione temporale del RedFIR, e pure la radice quadrata dello scarto quadratico medio (4 ms) rispetto al tempo di riferimento lo è.

Usando la (21) è stata poi calcolata anche per la strumentazione di riferimento la lunghezza media del passo, e dal confronto è risultato che il RedFIR l'ha sottostimata di soli 0.001 m. La radice quadrata dello scarto quadratico medio rispetto alla lunghezza media di riferimento è di 0.03 m: un valore a prima vista irrisorio, ma comunque di 30 volte maggiore<sup>126</sup> del bias sistematico. Questo può essere tuttavia spiegato dalla propagazione delle incertezze nelle grandezze non misurate direttamente.

Una criticità di questo studio è il fatto che non vengono confrontati direttamente i valori dei 4 parametri della modellizzazione di Prendergast  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$  ottenuti a partire dai dati della coordinata  $x$  della posizione misurata dal RedFIR con gli stessi 4 parametri ottenuti dai dati raccolti con la strumentazione usata come riferimento (Laveg laser e OptoGait), ma vengono confrontati soltanto i valori della velocità media in un tratto calcolati utilizzando 2 modelli matematici diversi i cui parametri sono stati determinati a partire dai dati raccolti da uno dei 2 apparati: la modellizzazione di Prendergast i cui parametri sono stati ricavati utilizzando i dati della posizione raccolti dal RedFIR, e la derivata rispetto al tempo di una polinomiale monotona crescente positiva di quinto grado i cui coefficienti sono stati determinati usando i dati della posizione raccolti dal Laveg. Questo significa che lo studio di Seidl 2021 non può essere considerato uno studio di validazione di un dispositivo di misura, il RedFIR, rispetto a un altro, il Laveg laser, considerato come strumento di riferimento, in quanto per soddisfare un tale requisito il confronto tra i parametri ottenuti a partire dai dati raccolti dai 2 apparati o tra le quantità calcolate a posteriori si sarebbe dovuto effettuare usando lo stesso modello matematico. Analogamente non può essere nemmeno considerato uno studio che confronta 2 modelli matematici diversi per descrivere la stessa grandezza in quanto per soddisfare questo requisito i parametri di entrambi i modelli si sarebbero dovuti determinare a partire dai dati raccolti con lo stesso apparato di misura, o comunque con apparati di misura con identiche caratteristiche metrologiche.

Anche nella parte riguardante la modellizzazione della velocità istantanea rileviamo una criticità: dei 3 parametri  $v_0$ ,  $T$ ,  $\varphi$  che la caratterizzano il confronto tra i valori determinati a partire dai dati raccolti dal RedFIR e quelli ricavati dai dati raccolti con la strumentazione di riferimento è stato effettuato solo per il tempo totale  $T$  per compiere un passo di corsa, e questo è un problema serio perché ci impedisce di verificare direttamente qualsiasi previsione della velocità istantanea dato che nei fenomeni oscillatori periodici questi 3 parametri sono indipendenti.



**Figura 66: Grafici della velocità orizzontale per la miglior performance dei ragazzi (blu) e delle ragazze (rosso): in A sono state riportate anche le rispettive modellizzazioni della velocità media nel passo con la (13), mentre in C e in D oltre agli zoom dei grafici sulla fase della velocità massima sono state riportate sia le modellizzazioni della velocità media nel passo con la (13) sia le modellizzazioni della velocità istantanea con la (19)**

Grafici tratti da Seidl T, Russomanno T.G, Stöckl M, Lames M, Assessment of Sprint Parameters in Top Speed Interval in 100 m Sprint - A Pilot Study Under Field Conditions, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2021, Vol 3: p 7

## CONCLUSIONI

I sistemi a celle fotoelettriche e i sensori inerziali indossabili possono essere impiegati per monitorare le prestazioni fisiche degli atleti al fine di individuare gli aspetti in cui vi sono dei margini di miglioramento, ma la scelta del dispositivo va fatta a seconda dell'applicazione. OptoJump si è rivelato un dispositivo adeguato per misurare l'altezza di salto usando il tempo di volo, purché si tenga conto dell'opportuna equazione di regressione lineare che consente di equiparare i valori registrati a quelli ottenuti con le più accurate piattaforme piezoelettriche. OptoGait, evoluzione di OptoJump con una risoluzione spaziale migliorata e la possibilità di impostare un filtro, può essere impiegato anche per misurare la durata delle fasi di contatto e di volo di un piede nella camminata, ma il filtro deve essere impostato al valore 3, ottimale per evitare problemi di sottostima o di sovrastima. OptoGait è accurato nel misurare la durata di un ciclo della camminata e la frequenza dei passi indipendentemente dal valore del filtro. Risultati analoghi sono stati ottenuti per le stesse grandezze cinematiche nella marcia su pista. OptoGait si è invece rivelato inadeguato per misurare i tempi di contatto e di volo nella corsa su treadmill in quanto sovrastima i primi e sottostima i secondi; tuttavia ricordiamo che solo l'impostazione del filtro al valore 1 di default è stata valutata.

Riguardo invece la corsa su pista di atletica con le scarpe chiodate, OptoJump Next sottostima il tempo di contatto in quanto la ridotta risoluzione spaziale non consente di rilevare i chiodi. Per tale applicazio-

ne sono accurati i sensori inerziali indossabili con algoritmo di decodifica basato su massimi e minimi locali delle componenti dell'accelerazione, specialmente ad alte velocità. Questi sensori possono essere un ausilio per valutare i progressi nei 100 metri.

Sarebbe interessante capire se gli accelerometri indossabili possano essere utilizzati anche per la misura indiretta dell'altezza di salto considerando come tempo di volo solo l'intervallo di tempo in cui l'accelerazione verticale è uguale a  $-g$ .

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Altman D.G, Bland J.M, Measurement in Medicine: the Analysis of Method Comparison Studies, *Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician*, 1983, Vol 32, Issue 3: p 307-317  
<https://academic.oup.com/jrsssd/article-abstract/32/3/307/7121311>

Ammann R, Taube W, Wyss T, Accuracy of PARTwear inertial sensor and Optojump optical measurement system for measuring ground contact time during running, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016, Vol 30, Issue 7: p 2057-2063  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2016/07000/accuracy\\_of\\_partwear\\_inertial\\_sensor\\_and\\_optojump.31.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2016/07000/accuracy_of_partwear_inertial_sensor_and_optojump.31.aspx)

Baumgartner T, Held S, Klatt S, Donath L, Limitations of Foot-Worn Sensors for Assessing Running Power, *Sensors*, 2021, Vol 21, Issue 15  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/15/4952>

Bezodis N.E, Salo A.I.T, Trewartha G, Measurement Error in Estimates of Sprint Velocity from a Laser Displacement Measurement Device, *International Journal of Sports Medicine*, 2012, Vol 33: p 439-444  
<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0031-1301313>

Bland J.M, Altman D.G, A note on the use of the intraclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement, *Computers in Biology and Medicine*, 1990, Vol 20, Issue 5: p 337-340  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001048259090013F>

Bland J.M, Altman D.G, Statistical Methods for assessing Agreement between two Methods of Clinical Measurement, *The Lancet*, 1986, Vol 327, Issue 8476: p 283-338  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673686908378>

Bosquet L, Berryman N, Dupuy O, A Comparison of 2 Optical Timing Systems Designed to Measure Flight Time and Contact Time During Jumping and Hopping, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, Vol 23, Issue 9: p 2660-2665  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2009/12000/a\\_comparison\\_of\\_2\\_optical\\_timing\\_systems\\_designed.33.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2009/12000/a_comparison_of_2_optical_timing_systems_designed.33.aspx)

Casartelli N, Müller R, Maffiuletti N.A, Validity and Reliability of the Myotest Accelerometric System for the Assessment of Vertical Jump Height, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, Vol 24, Issue 11: p 3186-3193  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2010/11000/validity\\_and\\_reliability\\_of\\_the\\_myotest.40.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2010/11000/validity_and_reliability_of_the_myotest.40.aspx)

Castagna C, Ganzetti M, Ditroilo M, Giovannelli M, Rocchetti A, Manzi V, Concurrent Validity of Vertical Jump Performance Assessment Systems, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, Vol 27, Issue 3: p 761-768  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/03000/Concurrent\\_VValidity\\_of\\_Vertical\\_Jump\\_Performance.28.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/03000/Concurrent_VValidity_of_Vertical_Jump_Performance.28.aspx)

Choukou M.A, Laffaye G, Taiar R, Reliability and validity of an accelerometric system for assessing vertical jumping performance, *Biology of Sport*, 2014, Vol 31: p 55-62  
<https://www.termedia.pl/RELIABILITY-AND-VALIDITY-OF-AN-ACCELEROMETRIC-SYSTEM-FOR-ASSESSING-VERTICAL-JUMPING-PERFORMANCE,78,23205,0,1.html>

De Angelis M, Menchinelli C, Times of flight, frequency and length of stride in race walking, *Proceedings of the X International Symposium of Biomechanics in Sports*, 1992, p 85-88

García-López J, Morante J.C, Ogueta-Alday A, Rodríguez-Marroyo J.A, The Type Of Mat (Contact vs. Photocell) Affects Vertical Jump Height Estimated From Flight Time, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, Vol 27, Issue 4: p 1162-1167  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/FullText/2013/04000/The\\_Type\\_Of\\_Mat\\_\\_Contact\\_vs\\_\\_Photocell\\_\\_Affects.38.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/FullText/2013/04000/The_Type_Of_Mat__Contact_vs__Photocell__Affects.38.aspx)

García-Pinillos F, Latorre-Román P.A, Chicano-Gutiérrez J.M, Ruiz-Malagón E.J, Párraga-Montilla J.A, Roche-Seruendo L.E, Absolute reliability and validity of the OptoGait™ system to measure spatiotemporal gait parameters during running, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 2020, Vol 236, Issue 2  
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1754337120977409>

García-Pinillos F, Roche-Seruendo L.E, Marcen-Cinca N, Marco-Contreras L.A, Latorre-Román P.A, Absolute Reliability and Concurrent Validity of the Stryd System for the Assessment of Running Stride Kinematics at Different Velocities, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2021, Vol 35, Issue 1: p 78-84  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2021/01000/absolute\\_reliability\\_and\\_concurrent\\_validity\\_of.11.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2021/01000/absolute_reliability_and_concurrent_validity_of.11.aspx)

Gindre C, Lussiana T, Hebert-Losier K, Morin J.B, Reliability and validity of the Myotest for measuring running stride kinematics, *Journal of Sports Sciences*, 2016, Vol 34, Issue 7: p 664-670  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2015.1068436>

Glatthorn J.F, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri F, Maffiuletti N.A, Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2011, Vol 25, Issue 2: p 556-560  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/02000/validity\\_and\\_reliability\\_of\\_optojump\\_photoelectric.37.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/02000/validity_and_reliability_of_optojump_photoelectric.37.aspx)

Hanley B, Gait Alterations During Constant Pace Treadmill Racewalking, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2015, Vol 29, Issue 8: p 2142-2147  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2015/08000/gait\\_alterations\\_during\\_constant\\_pace\\_treadmill.10.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2015/08000/gait_alterations_during_constant_pace_treadmill.10.aspx)

Hanley B, Tucker C.B, Reliability of the OptoJump Next System for Measuring Temporal Values in Elite Racewalking, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2019, Vol 33, Issue 12: p 3438-3443  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2019/12000/Reliability\\_of\\_the\\_OptoJump\\_Next\\_System\\_for.30.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2019/12000/Reliability_of_the_OptoJump_Next_System_for.30.aspx)

Harrison A.J, Jensen R.L, Donoghue O, A Comparison of Laser and Video Techniques for Determining Displacement and Velocity During Running, *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 2005, Vol 9, Issue 4: p 219-231  
[https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327841mpee0904\\_2](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327841mpee0904_2)

Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1  
<https://asmedigitalcollection.asme.org/biomechanical/article-abstract/141/1/014501/423791/Agreement-Between-the-Spatiotemporal-Gait>

Hodgkinson J, Smith R, Ho W.O, Saffell J.R, Tatam R.P, Non-dispersive infra-red (NDIR) measurement of carbon dioxide at 4.2  $\mu\text{m}$  in a compact and optically efficient sensor, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2013, Vol 186: p 580-588  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925400513006862>

Hoffmann K, Applying the Wheatstone Bridge Circuit, 1974  
<http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/Wheatstone%20bridge.pdf>

Houel N, Dinu D, Faury A, Seyfried D, Accuracy and reliability of the Myotest Pro system to evaluate a squat jump, *Procedia Engineering*, 2011, Vol 13: p 434-438  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811010241>

Knicker A, Loch M, Race walking technique and judging - The final report to the International Athletic Foundation research project, *New Studies in Athletics*, 1990, Vol 5: p 25-38

Koo T.K, Li M.Y, A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research, *Journal of Chiropractic Medicine*, 2016, Vol 15, Issue 2: p 155-163  
[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913118/?\\_escaped\\_fragment\\_=po=21.4286](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913118/?_escaped_fragment_=po=21.4286)  
Erratum to "A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research", *Journal of Chiropractic Medicine*, 2017, Vol 16, Issue 4: p 346  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5731844/>



Lee M, Song C, Lee K, Shin D, Shin S, Agreement between the spatio-temporal gait parameters from treadmill-based photo-electric cell and the instrumented treadmill system in healthy young adults and stroke patients, *Medical Science Monitor*, 2014, Vol 20: p 1210-1219  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106927/>

Lee M, Song C, Lee K, Jung S, Shin D, Shin S, Concurrent Validity and Test-retest Reliability of the OptoGait Photoelectric Cell System for the Assessment of Spatio-temporal Parameters of the Gait of Young Adults, *Journal of Physical Therapy Science*, 2014, Vol 26, Issue 1: p 81-85  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/26/1/26\\_jpts-2013-238/\\_article/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/26/1/26_jpts-2013-238/_article/-char/en)

Levenberg K, A method for the solution of certain non-linear problems in least squares, *Quarterly of applied mathematics*, 1944  
<https://www.ams.org/journals/qam/1944-02-02/S0033-569X-1944-10666-0/S0033-569X-1944-10666-0.pdf>

McGrath D, Greene B.R, O'Donovan K.J, Caulfield B, Gyroscope-based assessment of temporal gait parameters during treadmill walking and running, *Sports Engineering*, 2012, Vol 15: p 207-213  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12283-012-0093-8>

Mutschler C, Ziekow H, Jerzak Z, The DEBS 2013 Grand Challenge, *Proceedings of the 7<sup>th</sup> ACM international conference on Distributed event-based systems*, 2013, p 289-294  
<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2488222.2488283>

Prendergast K, A mathematical model of the 100 m and what it means, *New Studies in Athletics*, 2001, Vol 16, Issue 3: p 31-36  
<http://centrostudilombardia.com/wp-content/uploads/IAAF-Corsa-Velocita/2001-A-mathematieal-model-of-the-100-m.pdf>

Purcell B, Channells J, James D, Barrett R, Use of accelerometers for detecting foot-ground contact time during running, *BioMEMS and Nanotechnology II*, 2006  
[https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/6036/603615/Use-of-accelerometers-for-detecting-foot-ground-contact-time-during/10.1117/12.638389.short#=\\_](https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/6036/603615/Use-of-accelerometers-for-detecting-foot-ground-contact-time-during/10.1117/12.638389.short#=_)

Santos-Lozano A, Gascón R, López I, Garatachea-Vallejo N, Comparison Of Two Systems Designed To Measure Vertical Jump Height, *International Journal of Sport Science*, 2014, Vol 10, Issue 36: p 123-130  
<https://recyt.fecyt.es/index.php/RICYDE/article/view/28415>

Sato K, Smith S.L, Sands W.A, Validation of an Accelerometer for Measuring Sport Performance, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, Vol 23, Issue 1: p 341-347  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/FullText/2009/01000/Validation\\_of\\_an\\_Accelerometer\\_for\\_Measuring\\_Sport.50.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/FullText/2009/01000/Validation_of_an_Accelerometer_for_Measuring_Sport.50.aspx)

Schmidt M, Rheinländer C, Nolte K.F, Wille S, Wehn N, Jaitner T, IMU-based determination of stance duration during sprinting, *Procedia Engineering*, 2016, Vol 147: p 747-752  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816307779>

Seidl T, Russomanno T.G, Stöckl M, Lames M, Assessment of Sprint Parameters in Top Speed Interval in 100 m Sprint - A Pilot Study Under Field Conditions, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2021, Vol 3: p 1-12  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2021.689341/full>

Simoni L, Scarton A, Macchi C, Gori F, Pasquini G, Pogliaghi S, Quantitative and Qualitative Running Gait Analysis through an Innovative Video-Based Approach, *Sensors*, 2021, Vol 21, Issue 9  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/9/2977>

Slomka K.J, Sobota G, Skowronek T, Rzepko M, Czarny W, Juras G, Evaluation of reliability and concurrent validity of two opto-electric systems used for recording maximum vertical jumping performance versus the gold standard, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2017, Vol 19, Issue 2: p 141-147  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28869632/>

Taboga P, Giovanelli N, Spinazzè E, Cuzzolin F, Fedele G, Zanuso S, Lazzer S, Running power: lab based vs. portable devices measurements and its relationship with aerobic power, *European Journal of Sport Science*, 2022, Vol 22, Issue 10  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17461391.2021.1966104>

Weart A.N, Miller E.M, Freisinger G.M, Johnson M.R, Goss D.L, Agreement Between the OptoGait and Instrumented Treadmill System for the Quantification of Spatiotemporal Treadmill Running Parameters, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2020, Vol 2: p 1-6  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2020.571385/full>

Yang C.C, Hsu Y.L, A Review of Accelerometry-Based Wearable Motion Detectors for Physical Activity Monitoring, *Sensors*, 2010, Vol 10: p 7772-7788  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/10/8/7772>

Zignoli A, Godin A, Mourot L, Indoor running temporal variability for different running speeds, treadmill inclinations, and three different estimation strategies, *Plos One*, 2023  
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0287978>

Ziv G, Lidor R, Vertical jump in female and male basketball players - A review of observational and experimental studies, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2010, Vol 13, Issue 3: p 332-339  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1440244009000887>

Ziv G, Lidor R, Vertical jump in female and male volleyball players: a review of observational and experimental studies, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2010, Vol 20, Issue 4: p 556-567  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1600-0838.2009.01083.x>

Bui F, Cecchin D, Effetto Fotoelettrico, dispensa universitaria di Medicina Nucleare  
<https://www.unipd.it/nucmed/TF/TF.physics2.ita.html>

Meloni D, L'effetto fotoelettrico e l'effetto Compton, *Scienza Per Tutti*, INFN  
<https://scienzapertutti.infn.it/2-l-effetto-fotoelettrico-e-l-effetto-compton>

IR Filters-Gas Detection Band Pass, Iridian Spectral Technologies  
<https://www.iridian.ca/specialty-filters/ir-filters/attachment/ir-filters-gas-detection-band-pass/>

Legge di Faraday, *PhET Interactive simulations*, University of Colorado Boulder  
<https://phet.colorado.edu/it/simulations/faradays-law>

Cos'è una termocoppia e come funziona?, MasterBlob  
<https://masterblob.com/termocoppia#cose-una-termocoppia-e-come-funziona>

Sito ufficiale Microgate: <https://training.microgate.it/it>

Sito ufficiale TDK InvenSense  
MPU-9150: <https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9150-2/>

Piezolettricità, Treccani: <https://www.treccani.it/enciclopedia/piezolettricit%C3%A0/>

Sensore, Treccani: <https://www.treccani.it/enciclopedia/sensore/>

chimica-online.it: <https://www.chimica-online.it/fisica/piroelettricit%C3%A0.htm>

World Athletics Scoring Tables: <https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/technical-information>

## NOTE DI CHIUSURA

- 70 Knicker A, Loch M, Race walking technique and judging – The final report to the International Athletic Foundation research project, *New Studies in Athletics*, 1990, Vol 5: p 25–38  
De Angelis M, Menchinelli C, Times of flight, frequency and length of stride in race walking, *Proceedings of the X International Symposium of Biomechanics in Sports*, 1992, p 85–88
- 71 Hanley B, Gait Alterations During Constant Pace Treadmill Racewalking, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2015, Vol 29, Issue 8: p 2142–2147  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2015/08000/gait\\_alterations\\_during\\_constant\\_pace\\_treadmill.10.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2015/08000/gait_alterations_during_constant_pace_treadmill.10.aspx)
- 72 Lee M, Song C, Lee K, Jung S, Shin D, Shin S, Concurrent Validity and Test-retest Reliability of the OptoGait Photoelectric Cell System for the Assessment of Spatio-temporal Parameters of the Gait of Young Adults, *Journal of Physical Therapy Science*, 2014, Vol 26, Issue 1: p 81–85  
Link: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/26/1/26\\_jpts-2013-238/\\_article/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/26/1/26_jpts-2013-238/_article/-char/en)
- 73 Il Body Mass Index (BMI) di un individuo è definito come il rapporto tra la massa e il quadrato dell'altezza.
- 74 Risultati presentati nel formato Media aritmetica  $\pm$  Deviazione standard
- 75 La ragione fisica della sottostima del tempo di volo è stata spiegata nel capitolo 3.
- 76 Ricordiamo però che dato che dei 2 strumenti di misura quello che opera a frequenza minore (GAITRite) campiona alla misera frequenza di 80 Hz, la risoluzione al centesimo di secondo sarebbe già fuori portata.
- 77 Per ognuno dei 20 partecipanti a questo studio è stato calcolato il coefficiente di variazione su ciascuna delle grandezze misurate, poi è stata calcolata la media aritmetica dei 20 valori così ottenuti per ogni grandezza
- 78 Lee M, Song C, Lee K, Shin D, Shin S, Agreement between the spatio-temporal gait parameters from treadmill-based photoelectric cell and the instrumented treadmill system in healthy young adults and stroke patients, *Medical Science Monitor*, 2014, Vol 20: p 1210–1219  
Link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106927/>
- 79 La piattaforma del sistema Zebis incorpora 3432 sensori di pressione, disposti su una superficie 112x49 cm.
- 80 Healy A, Linyard-Tough K, Chockalingam N, Agreement between the spatiotemporal gait parameters of healthy adults from the OptoGait system and a traditional three-dimensional motion capture system, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2019, Vol 141, Issue 1  
<https://asmedigitalcollection.asme.org/biomechanical/article-abstract/141/1/014501/423791/Agreement-Between-the-Spatiotemporal-Gait>
- 81 Per durata del ciclo completo della camminata si intende l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante in cui inizia la fase di contatto di un dato piede e l'istante in cui inizia la fase di contatto dello stesso piede nel primo appoggio successivo
- 82 Per passo si intende dall'appoggio di un piede al primo successivo appoggio dell'altro piede.
- 83 I dati riportati sono stati calcolati come Media aritmetica  $\pm$  Deviazione standard su tutti i 18 partecipanti allo studio, quindi possono dare un'indicazione generale ma a rigore non sarebbero direttamente confrontabili tra loro per trarre conclusioni in quanto pattern di movimento diversi nella camminata possono produrre risultati molto diversi nella misura del tempo di contatto effettuata con OptoGait al variare di  $n_{\min}$
- 84 Ricordiamo che per  $n_{\min}$  intendiamo la più piccola quantità di sensori che devono non rilevare il segnale per il riconoscimento della fase di contatto, mentre lo studio riporta come parametro del filtro la massima quantità di sensori  $s_{\max}$  che possono non rilevare il segnale per il riconoscimento della fase di volo. Logicamente esiste una semplice relazione che lega  $n_{\min}$  a  $s_{\max}$  ed è  $n_{\min} = s_{\max} + 1$
- 85 Per verificare o smentire l'ipotesi di linearità bisognerebbe calcolare il coefficiente di correlazione di Pearson per ciascuno dei grafici riportati
- 86 Si intende l'intervallo di valori compreso tra il valore minimo e il valore massimo delle misure effettuate
- 87 Ricordiamo che per passo si intende un emiciclo della camminata, non un ciclo completo
- 88 Ribadiamo che abbiamo inteso il periodo come l'intervallo di tempo in cui viene compiuto un ciclo completo della camminata, che equivale a 2 passi consecutivi, uno per ciascun piede; quindi nell'ipotesi di camminata perfettamente simmetrica il tempo per compiere un unico passo è il semiperiodo della camminata.
- 89 Per settaggio del filtro di OptoGait si intende il valore di  $n_{\min}$
- 90 Il valor medio della frequenza dei passi è stato calcolato come media aritmetica delle frequenze ottenute per ciascuno dei 18 soggetti esaminati, le quali sono uguali rispettivamente alle medie armoniche delle frequenze dei singoli passi di ciascuno.
- 91 Hanley B, Tucker C.B, Reliability of the OptoJump Next System for Measuring Temporal Values in Elite Racewalking, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2019, Vol 33, Issue 12: p 3438–3443  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2019/12000/Reliability\\_of\\_the\\_OptoJump\\_Next\\_System\\_for.30.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2019/12000/Reliability_of_the_OptoJump_Next_System_for.30.aspx)
- 92 Dato che nel test su pista di atletica per registrare gli appoggi che avvengono in un tratto di pista lungo 5 m la videocamera è stata posizionata alla distanza di 4 m dalla corsia utilizzata, nel test su treadmill, dove è stata invece posizionata alla distanza di 1.6 m, la videocamera per la similitudine può registrare in un campo visuale lungo almeno 2 m.
- 93 Una corsia della pista di atletica è stata scavata per poter collocare 3 pedane di forza adiacenti di dimensioni 900 mm x 600 mm, operanti alla frequenza di 1000 Hz, la stessa di OptoJump Next.
- 94 Anche questo studio menziona come parametro del filtro non la più piccola quantità di sensori che devono non rilevare il segnale affinché sia decretata la fase di contatto, bensì la massima quantità di sensori che possono non rilevare il segnale affinché sia decretata la fase di volo. Ricordiamo che la semplice relazione che lega  $n_{\min}$  a  $s_{\max}$  è  $n_{\min} = s_{\max} + 1$
- 95 Knicker A, Loch M, Race walking technique and judging – The final report to the International Athletic Foundation research project, *New Studies in Athletics*, 1990, Vol 5: p 25–38
- 96 García-Pinillos F, Latorre-Román P.A, Chicano-Gutiérrez J.M, Ruiz-Malagón E.J, Párraga-Montilla J.A, Roche-Seruendo L.E, Absolute reliability and validity of the OptoGaitTM system to measure spatiotemporal gait parameters during running, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 2020, Vol 236, Issue 2  
Link: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1754337120977409>
- 97 Il p-value è la probabilità di ottenere un risultato uguale o più estremo di quello ottenuto qualora l'ipotesi da verificare sia vera
- 98 Koo T.K, Li M.Y, A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research, *Journal of Chiropractic Medicine*, 2016, Vol 15, Issue 2: p 155–163

- Link: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913118/?\\_escaped\\_fragment\\_=po=21.4286](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4913118/?_escaped_fragment_=po=21.4286)  
Erratum to “A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research”, *Journal of Chiropractic Medicine*, 2017, Vol 16, Issue 4: p 346  
Link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5731844/>
- 99 Weart A.N, Miller E.M, Freisinger G.M, Johnson M.R, Goss D.L, Agreement Between the OptoGait and Instrumented Treadmill System for the Quantification of Spatiotemporal Treadmill Running Parameters, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2020, Vol 2: p 1–6  
Link: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2020.571385/full>
- 100 Ammann R, Taube W, Wyss T, Accuracy of PARTwear inertial sensor and Optojump optical measurement system for measuring ground contact time during running, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016, Vol 30, Issue 7: p 2057–2063  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2016/07000/accuracy\\_of\\_partwear\\_inertial\\_sensor\\_and\\_optojump.31.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2016/07000/accuracy_of_partwear_inertial_sensor_and_optojump.31.aspx)
- 101 Micro Electro-Mechanical System
- 102 Specifiche tecniche lette dal sito TDK InvenSense  
Link: <https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9150-2/>
- 103 Ricordiamo che il primo studio in cui è stato analizzato l'effetto del filtro sui valori misurati dei tempi di volo e dei tempi di contatto di ciascun piede nella camminata risale al 2019
- 104 Purcell B, Channells J, James D, Barrett R, Use of accelerometers for detecting foot-ground contact time during running, *BioMEMS and Nanotechnology II*, 2006 Link: [https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/6036/603615/Use-of-accelerometers-for-detecting-foot-ground-contact-time-during/10.1117/12.638389.short#\\_=\\_](https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/6036/603615/Use-of-accelerometers-for-detecting-foot-ground-contact-time-during/10.1117/12.638389.short#_=_)
- 105 Vertical Ground Reaction Force
- 106 Nello studio di Ammann 2016 dalle analisi dei filmati della videocamera è risultato che a velocità di corsa di 8.0 $\pm$ 0.5 m/s i tempi di contatto sono di 117.5 $\pm$ 9.0 ms, quindi 116 ms potrebbe essere un valore ottenuto in quello stesso range di velocità. Ricordiamo però che la velocità di corsa può essere aumentata sia aumentando la frequenza dei passi e quindi riducendo il tempo di contatto, sia aumentando la lunghezza dei passi; quindi a un dato tempo di contatto possono corrispondere velocità di corsa diverse
- 107 Casartelli N, Müller R, Maffiuletti N.A, Validity and Reliability of the Myotest Accelerometric System for the Assessment of Vertical Jump Height, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, Vol 24, Issue 11: p 3186–3193  
Link: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2010/11000/validity\\_and\\_reliability\\_of\\_the\\_myotest.40.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2010/11000/validity_and_reliability_of_the_myotest.40.aspx)
- 108 Glatthorn J.F, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri F, Maffiuletti N.A, Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2011, Vol 25, Issue 2: p 556–560  
[https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/02000/validity\\_and\\_reliability\\_of\\_optojump\\_photoelectric.37.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/02000/validity_and_reliability_of_optojump_photoelectric.37.aspx)
- 109 Si noti che il Myotest è stato fissato in una posizione molto vicina al centro di massa dell'atleta.
- 110 Ricordiamo che l'equazione di regressione lineare che consente di equiparare le misure delle altezze di salto effettuate con OptoJump a quelle ottenute con una piattaforma piezoelettrica è la (11)
- 111 Choukou M.A, Laffaye G, Taiar R, Reliability and validity of an accelerometric system for assessing vertical jumping performance, *Biology of Sport*, 2014, Vol 31: p 55–62  
Link: <https://www.termedia.pl/RELIABILITY-AND-VALIDITY-OF-AN-ACCELEROMETRIC-SYSTEM-FOR-ASSESSING-VERTICAL-JUMPING-PERFORMANCE,78,23205,0,1.html>
- 112 Ricordiamo che entrambi i metodi di calcolo prevedono che la velocità verticale di stacco sia erroneamente stimata come il valore massimo assoluto della velocità verticale, calcolata integrando la componente verticale dell'accelerazione nel tempo per via numerica, ma mentre il Myotest-T usa la (10) per calcolare l'altezza di salto conoscendo il tempo di volo, il Myotest-V usa invece la (6) per calcolarla conoscendo solamente la stima della velocità verticale allo stacco
- 113 Seidl T, Russomanno T.G, Stöckl M, Lames M, Assessment of Sprint Parameters in Top Speed Interval in 100 m Sprint – A Pilot Study Under Field Conditions, *Frontiers in Sports and Active Living*, 2021, Vol 3: p 1–12  
Link: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2021.689341/full>
- 114 Real-Time Locating System
- 115 Mutschler C, Ziekow H, Jerzak Z, The DEBS 2013 Grand Challenge, *Proceedings of the 7th ACM international conference on Distributed event-based systems*, 2013, p 289–294  
Link: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2488222.2488283>
- 116 Escludendo il tempo di reazione
- 117 Prendergast K, A mathematical model of the 100 m and what it means, *New Studies in Athletics*, 2001, Vol 16, Issue 3: p 31–36 Link: <http://centrostudilombardia.com/wp-content/uploads/IAAF-Corsa-Velocita/2001-A-mathematieal-model-of-the-100-m.pdf>
- 118 World Athletics Scoring Tables: <https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/technical-information>
- 119 Personal Best: miglior tempo realizzato in gara dall'atleta
- 120 I trasmettitori del RedFIR campionano alla frequenza di 200 Hz
- 121 Levenberg K, A method for the solution of certain non-linear problems in least squares, *Quarterly of applied mathematics*, 1944 Link: <https://www.ams.org/journals/qam/1944-02-02/S0033-569X-1944-10666-0/S0033-569X-1944-10666-0.pdf>
- 122 A rigore bisognerebbe anche controllare i valori di  $v_{xm}(t)$  agli estremi, cioè all'istante  $t_0=0$  e all'istante finale  $t_{100}$ , dato che le derivate si possono definire soltanto su insiemi aperti. Ricordiamo quindi che  $v_{xm}(t_0)=0$  e che la modellizzazione di Prendergast della velocità è tale da descrivere anche la fase di decelerazione nello sprint
- 123 In questo semplice modello si assume che l'atleta corra in modo perfettamente simmetrico
- 124 Harrison A.J, Jensen R.L, Donoghue O, A Comparison of Laser and Video Techniques for Determining Displacement and Velocity During Running, *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 2005, Vol 9, Issue 4: p 219–231 Link: [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327841mpee0904\\_2](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327841mpee0904_2)
- 125 Bezodis N.E, Salo A.I.T, Trewartha G, Measurement Error in Estimates of Sprint Velocity from a Laser Displacement Measurement Device, *International Journal of Sports Medicine*, 2012, Vol 33: p 439–444  
Link: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0031-1301313>
- 126 Ricordiamo che la radice quadrata dello scarto quadratico medio non è la deviazione standard della media





100 metri Fidir,  
Golden Gala, Roma 2025

# LE POLITICHE DI SAFEGUARDING CONTRO LA DISCRIMINAZIONE INDIRETTA

## Avv. Biagio Giancola

*È Socio e Managing Partner dello Studio Legale Martinelli Giancola Tiberio, con competenze approfondite in diritto sportivo, terzo settore e diritto e governance societaria. Consulente legale per federazioni sportive, leghe nazionali, enti di promozione sportiva, enti sportivi dilettantistici ed enti del terzo settore e no-profit. È autore di pubblicazioni settoriali e coautore di testi rilevanti come "La riforma dello Sport: Contributi di diritto ed economia dello sport". È partner legale dell'Osservatorio Italiano eSports. È Presidente e componente delle Commissioni Ammissioni Campionati per leghe sportive di vertice.*

L'importante tematica del Safeguarding è stata oggetto di importanti disposizioni emanate dalla Federazione, supportate da diversi incontri di aggiornamento e da alcuni importanti contributi editoriali dell'Avv. M. Cecilia Morandini sui precedenti numeri di AtleticaStudi.

Considerato il rilevante interesse della materia e le responsabilità che le recenti disposizioni di legge attribuiscono ai dirigenti degli Organismi Sportivi e delle varie Associazioni sportive, AtleticaStudi si mette a disposizione degli utenti per svolgere il proprio ruolo di "hub culturale", per "alzare l'asticella" delle competenze dei dirigenti sportivi, fornendo anche sul Safeguarding costanti aggiornamenti.

In questo caso l'attenzione è posta su un aspetto molto particolare del Safeguarding, la discriminazione indiretta ed alle necessarie politiche da adottare da parte dei dirigenti sportivi responsabili.

Richiamati gli obblighi da parte degli enti sportivi dell'adozione di Modelli organizzativi e di controllo dell'attività sportiva (M.o.c.a.s.) e Codice di condotta, finalizzati a contrastare alcune fattispecie tipizzate di abusi, l'articolo concentra l'attenzione su uno di questi, in particolare i comportamenti discriminatori, sviluppando il concetto di discriminazione.

Richiamandosi alla Costituzione ed alle norme del CONI, viene ulteriormente approfondito il significato ed il contenuto del termine "comportamento discriminatorio", trattando l'ulteriore distinzione di legge tra "discriminazione diretta" e "discriminazione indiretta", anche quest'ultima di rilevante importanza e meritevole di ulteriore e dettagliato chiarimento.

A tal fine, assume particolare importanza la raccomandazione agli Enti Sportivi di elaborare i propri Modelli organizzativi e di controllo dell'attività sportiva predisponendo apposite misure volte a prevenire condotte di discriminazione diretta e indiretta, in relazione alle quali si forniscono diversi suggerimenti.

Riacciando ad una recente caso di giurisprudenza sportiva, ampiamente descritto, inerente al concetto di discriminazione, si traggono importanti conclusioni in merito al diritto al tesseramento di tutti i soggetti interessati, insieme alla predisposizione di procedure volte a garantire il pari trattamento di tutti gli atleti iscritti, indipendentemente dalla loro classe sociale di appartenenza, dal sesso o dalla disabilità.

**Giuliano Grandi**

Le politiche di safeguarding si collocano tra le novità introdotte dalla riforma dello sport e, in particolare, dall'art. 16 D.lgs. n. 39/2016 e dall'art. 33 D.lgs. n. 36/2016, che impongono agli enti sportivi l'adozione di Modelli organizzativi e di controllo dell'attività sportiva (M.o.c.a.s.) e Codice di condotta, contenenti apposite misure e protocolli per la tutela di tutti i tesserati, e la nomina di un responsabile contro abusi, violenze e discriminazioni a particolare tutela dei minori.

Tali interventi sono finalizzati a prevenire e contrastare le seguenti fattispecie tipizzate di abusi, violenze e discriminazioni: a) abuso psicologico; b) abuso fisico; c) molestia sessuale; d) abuso sessuale; e) negligenza; f) incuria; g) abuso di matrice religiosa; h) bullismo, il cyberbullismo; i) comportamenti discriminatori.

L'elenco non è tassativo e gli organismi sportivi affiliati e gli enti sportivi affiliati possono liberamente introdurre ulteriori fattispecie di abuso, violenza e discriminazione.

Il presente articolo intende concentrare l'attenzione sul concetto di discriminazione.

Per discriminazione si intende ogni comportamento realizzato in violazione del principio di uguaglianza riconosciuto dall'articolo 3 della Costituzione Italiana per cui tutti i cittadini sono titolari dei medesimi diritti (diritto di uguaglianza formale) e la Repubblica dovrebbe rimuovere quegli

ostacoli che impediscono lo sviluppo della realtà sportiva (diritto di uguaglianza sostanziale).

Nella realtà sportiva il diritto di uguaglianza e il divieto di discriminazione devono tradursi nella possibilità per chiunque di accedere alla pratica sportiva, indipendentemente dall'origine etnica, dallo stato sociale, dalle disabilità, e di gareggiare ad armi pari.

Il principio di non discriminazione è altresì descritto dall'art. 6 del Codice di Comportamento del CONI, vincolante per gli organismi affiliati e gli enti affiliati per cui: "I tesserati, gli affiliati e gli altri soggetti dell'ordinamento sportivo devono astenersi da qualsiasi comportamento discriminatorio in relazione alla razza, all'origine etnica o territoriale, al sesso, all'età, alla religione, alle opinioni politiche e filosofiche".

Premesso ciò, la discriminazione può ulteriormente distinguersi in "diretta" e "indiretta", così come descritte in linea generale dalla Direttiva 2000/43/CE e dall'art. 2 del D.lgs. n. 215/2003, nonché dall'art. 2 della L. n. 67/2006 (in materia di persone con disabilità vittime di discriminazioni). È "diretta" la discriminazione consistente in un comportamento attivo rivolto a trattare in modo diverso soggetti che versano nella medesima situazione.

Si definisce, invece, "indiretta" la discriminazione che si concretizza in una disposizione, un criterio,



una prassi, un atto, un patto o un comportamento apparentemente neutri, ma capaci di mettere in una posizione di particolare svantaggio rispetto ad altri, persone di una determinata razza od origine etnica o che professano una determinata religione o ideologia, portatori di disabilità, di una determinata età o di un particolare orientamento sessuale.

Gli enti sportivi dovrebbero, quindi, elaborare i propri Modelli organizzativi e di controllo dell'attività sportiva predisponendo apposite misure volte a prevenire condotte di discriminazione diretta e indiretta.

Nei Mocas andrebbe, infatti, previsto il diritto di chiunque di iscriversi previa accettazione del Codice di condotta, nonché l'adozione di appositi protocolli volti a garantire l'integrazione delle diversità.

Ad esempio, per facilitare l'integrazione di coloro che appartengono a etnie differenti e che non parlano fluentemente l'italiano, il Mocas potrebbe espressamente prevedere l'organizzazione di corsi sportivi misti per permettere a coloro che non parlano bene l'italiano di rapportarsi con coloro che, invece, sono madre lingua. Ciò eviterebbe di creare gruppi chiusi e di prevenire fattispecie discriminatorie a danno degli stranieri.

Un discorso simile sul divieto di discriminazione si potrebbe estendere anche agli atleti disabili, a cui deve essere data la possibilità di allenarsi con le misure e l'adattamento adeguato, secondo quanto appositamente disposto nei protocolli elabora-

ti per le plurime discipline sportive dalle singole Federazioni. Quindi, in astratto, non sarebbe ammissibile il rifiuto di una ASD/SSD di iscrivere un atleta solo perché portatore di disabilità (discriminazione diretta), ovvero la decisione di far allenare gli atleti disabili iscritti sempre e solo in orari meno ambiti oppure in luoghi non facilmente accessibili o sicuri per loro (discriminazione indiretta).

Questi ultimi sarebbero, infatti, comportamenti che seppur apparentemente neutri metterebbero in una posizione di svantaggio gli atleti con disabilità.

Uno spunto interessante sulla discriminazione indiretta è offerto dal caso recentemente analizzato e risolto dalla Corte d'Appello di Torino con la sentenza n. 507/2024, chiamata a pronunciarsi sul ricorso in appello presentato dalla Federazione Ciclistica Italiana avverso l'ordinanza del 13.02.2023 del Tribunale di Biella che aveva condannato la stessa FCI a cessare ogni comportamento discriminatorio tenuto nei confronti di un atleta con "disturbo pervasivo dello sviluppo".

La particolarità del caso di specie risiede nella circostanza che l'atleta in questione era in possesso di un certificato di idoneità alla pratica sportiva, regolarmente rilasciato dal medico dello sport ai sensi del D.M. 18.02.1982 e nel quale era specificato che il disturbo pervasivo dello sviluppo di cui era affetto l'atleta non era di ostacolo allo svolgimento di pratica sportiva agonistica del ciclismo. L'atleta, quindi, già tesserato come "Intellectual disability" presso la Federazione Ciclistica Italiana



100 metri Fisdor,  
Golden Gala, Roma 2025



Martina Caironi e Ambra Sabatini,  
Campionati italiani indoor, Ancona 2021

chiedeva di essere tesserato dalla stessa federazione come "Junior Sport" senza la necessità di adattamento.

Tuttavia, la FCI, dopo aver accolto la richiesta di tesseramento dell'atleta come "Junior Sport", ha successivamente annullato lo stesso tesseramento, sostenendo che:

- la situazione dell'atleta non permetteva la sua partecipazione alle attività sportive non tutelate;
- gli atleti portatori di handicap intellettuale relazionale sono inseriti nell'ambito dell'attività sportiva federale con possibilità di partecipare alle specifiche attività sportive ritenute idonee di concerto con la FIDIR e non possono essere tesserati con altre modalità;
- il certificato medico nel caso di specie sarebbe dovuto essere rilasciato ai sensi del DM 4.3.1993 e limitatamente alle attività sportive "adattate ad atleti disabili" e non ai sensi del D.M. 18.02.1982 (presentato nel caso di specie);
- sussisteva un rischio per atleta disabile nello svolgimento dell'attività agonistica.

La Corte D'Appello di Torino, come aveva già fatto il Tribunale di Biella in primo grado, ha ritenuto generiche e infondate le tesi che la FCI ha sostenuto per giustificare la scelta di non tesserare l'atleta come "Junior Sport", soprattutto a fronte della concreta dimostrazione da parte dello stesso atleta della sua idoneità allo svolgimento della pratica sportiva agonistica.

In particolare, la Corte d'appello di Torino ha ritenuto che la Federazione Ciclistica Italiana è stata autrice di una condotta indirettamente discriminatoria perché impedendo all'atleta la pratica del ciclismo a livello agonistico ha irragionevolmente messo l'atleta affetto da "disturbo pervasivo della personalità" in una posizione di particolare svantaggio.

Dunque, elaborando un principio generale dalla giurisprudenza qui analizzata è possibile concludere che tutte le federazioni e gli altri organismi affiliati dovrebbero tesserare e far partecipare alle gare "ordinarie" tutti quegli atleti che, seppur qualificati come disabili, sono stati ritenuti idonei dal medico dello sport a allenarsi e gareggiare senza nessun adattamento.

L'applicazione del principio di uguaglianza e il divieto di atti discriminatori non riguarda però solo le federazioni, in quanto tutti gli enti sportivi affiliati devono disporre le idonee misure per garantire il pari trattamento durante gli allenamenti e le gare.

Tali misure devono essere descritte nel Modello organizzativo e di controllo dell'attività sportiva delle ASD e SSD, le quali dovrebbero riconoscere il diritto al tesseramento di tutti i soggetti interessati, insieme alla predisposizione di procedure volte a garantire il pari trattamento di tutti gli atleti iscritti indipendentemente dalla loro classe sociale di appartenenza, dal sesso o dalla disabilità.





© Freepik

# RIFORMA IVA 2026: COSA CAMBIA PER LE ASD

**Alessandro Londi**  
Segretario Generale FIDAL  
Consulente del Lavoro

## INTRODUZIONE: UNA RIFORMA ATTESA (E TEMUTA)

Dal 1° gennaio 2026 entra ufficialmente in vigore la **riforma IVA per il Terzo Settore**, prevista dagli articoli 82 e seguenti del **Codice del Terzo Settore (D.Lgs. 117/2017)**. L'obiettivo è armonizzare la fiscalità degli enti non profit, migliorare la trasparenza e semplificare gli adempimenti, anche in vista di una maggiore tracciabilità dei flussi economici.

Per le **Associazioni Sportive Dilettantistiche (ASD)**, le ricadute sono diversificate, a seconda che:

- restino fuori dal RUNTS (**Registro Unico Nazionale del Terzo Settore**);
- decidano di **isciversi come ETS (Ente del Terzo Settore)**; (ad es. APS sportive);
- oppure **si trasformino in SSD (Società Sportive Dilettantistiche)**.

In questo articolo analizziamo tutte e tre le situazioni, con un focus operativo sul trattamento IVA e sulle prospettive fiscali post-riforma.

Con la consueta puntualità il Segretario Generale della FIDAL aggiorna i lettori di AtleticaStudi sulle incombenti novità che attendono il mondo sportivo nel 2026, integrando l'articolo con alcuni utili aggiornamenti sulle prossime scadenze fiscali e sulla fiscalità dei premi sportivi. Innanzitutto si parla della Riforma IVA che entrerà in vigore nel prossimo anno, riguardante il Terzo Settore, con l'obiettivo di armonizzare la fiscalità degli enti non profit, migliorare la trasparenza e semplificare gli adempimenti. Gli adempimenti riguardano le tre situazioni fiscali in cui si possono trovare le ASD, concentrando l'attenzione sul trattamento IVA e sulle prospettive fiscali post-riforma. Per ciascuna delle tre casistiche sono descritti in modo sintetico ma chiaro le caratteristiche afferenti a ciascuna scelta, arricchite con consigli pratici. Viene presa in considerazione la convenienza di scegliere uno dei tre modelli organizzativi, in relazione ai quali si consigliano le azioni da compiere per giungere ad una scelta. Una bella tabella comparativa fornisce utili indicazioni sul-

le caratteristiche di ciascun modello. A partire dall'autunno del 2025, con prosecuzione nel 2026, la Federazione promuoverà modelli statuari aggiornati e percorsi di formazione per aiutare le società affiliate a gestire con serenità la transizione verso il nuovo assetto fiscale del non profit sportivo.

Esaurito questo argomento, nell'articolo si richiamano anche le scadenze fiscali ed altre rilevanti scadenze che riguardano le ASD relative all'ultimo trimestre 2025, corredate da alcuni consigli pratici.

Infine, in merito alla problematica del trattamento fiscale dei premi sportivi, dopo avere richiamato la normativa in vigore si riporta, adeguatamente commentata, la Risposta n. 9/2025 dell'Agenzia delle Entrate con la quale si fornisce un importante chiarimento che aiuta a fare luce su questo delicato tema, chiarendo le implicazioni che ne derivano per società ed organizzatori e fornendo utili consigli pratici.

**Giuliano Grandi**

## LE ASD NON ETS: IL REGIME 398/1991 RESTA IN VIGORE (PER ORA)

Le ASD non iscritte al RUNTS **continuano a godere del regime fiscale agevolato previsto dalla Legge 398/1991**, ancora pienamente valido nel 2026.

### Caratteristiche principali:

- IVA calcolata su una base imponibile forfettizzata (50% del 33% dei ricavi);
- Esenzione IVA per le attività rivolte agli associati;
- Semplificazioni contabili e tributarie;
- Applicazione esclusiva alle attività sportive dilettantistiche riconosciute dal CONI.

Questo regime resta **conveniente per le realtà piccole e medie**, con prevalenza di attività istituzionale e basso fatturato commerciale. Tuttavia, è già **annunciata una sua possibile abolizione entro il 2027**.

## L'IPOTESI DI TRASFORMAZIONE IN SSD

Alcune ASD valutano di **trasformarsi in Società Sportiva Dilettantistica (SSD)**, in forma di **S.r.l. senza scopo di lucro**, soprattutto se:

- hanno un elevato volume d'affari da sponsorizzazioni o attività aperte al pubblico;
- vogliono strutturarsi con dipendenti, amministratori e una governance più imprenditoriale;
- intendono operare con maggiore autonomia patrimoniale e responsabilità limitata.

La SSD può **mantenere il regime 398/91**, purché sia priva di scopo di lucro, iscritta al CONI e rispetti i requisiti sportivi.

## L'ASD CHE ENTRA NEL RUNTS: NUOVE OPPORTUNITÀ E NUOVE REGOLE

Sempre più ASD valutano di **isciversi al RUNTS** come **ETS - Associazioni di Promozione Sociale (APS)**. È una scelta che offre:

- accesso al **5x1000**;
- **agevolazioni su imposte indirette e donazioni**;
- maggiore riconoscimento istituzionale e possibilità di partecipare a bandi pubblici.

Tuttavia, dal punto di vista fiscale, l'ASD-ETS:

- **perde la possibilità di usare la 398/1991**;
- deve applicare il **regime IVA ordinario** per le attività commerciali;
- è soggetta a **obblighi contabili più stringenti** (bilancio ETS, trasparenza, relazione attività).

Isciversi al RUNTS è una scelta che **favorisce l'impegno sociale e civico**, ma richiede una **struttura più solida e professionalizzata**.

## QUALE MODELLO CONVIENE?

La scelta tra **ASD, ASD-ETS o SSD** dipende da:

- **dimensioni e struttura dell'associazione**;
- **obiettivi sportivi e sociali**;
- **necessità di semplificazione fiscale vs accesso a fondi pubblici**;
- **volume delle attività economiche** (sponsor, gestione impianti, merchandising).

Tabella comparativa: ASD non ETS vs ASD ETS vs SSD			
Voce	ASD non ETS	ASD iscritta al RUNTS (ETS)	SSD a responsabilità limitata
Riconoscimento legale	Registro CONI/RASD	RUNTS + Registro CONI	Registro Imprese + CONI
Accesso 5x1000	✗ No	✓ Sì (se accreditata)	✗ No
Regime IVA (2026)	✓ 398/1991	✗ Regime ordinario ETS	✓ 398/1991 (se no lucro)
Attività istituzionali	Fuori campo IVA	Fuori campo IVA	Fuori campo IVA
Attività commerciali	Forfettizzazione IVA	IVA ordinaria	Forfettizzazione IVA
Obblighi contabili	Minimi (registri semplificati)	Bilancio ETS + rendiconto attività	Bilancio civilistico completo
Governance	Assemblea + consiglio direttivo	Assemblea + organi ETS	Organi societari (soci, CDA)
Distribuzione utili	Vietata	Vietata anche indirettamente	Vietata (se SSD no profit)
Trasparenza compensi	Nessun obbligo pubblico	Obbligo di pubblicazione > €100.000	Bilancio disponibile pubblicamente

Piccola ASD con attività tra soci	→ Regime 398/91 (restare ASD non ETS)
ASD impegnata nel sociale e interessata al 5x1000	→ Iscrizione RUNTS come APS
ASD con elevata attività commerciale o in crescita	→ Trasformazione in SSD no profit

## CONCLUSIONI

La riforma IVA 2026 non modifica direttamente il regime delle ASD non ETS, ma **spinge le associazioni a scegliere un modello organizzativo e fiscale più coerente con le proprie attività reali**. È il momento di pianificare il futuro con consapevolezza.

### Azioni consigliate:

- Rivedere lo statuto e la natura delle attività svolte;
- Valutare vantaggi e svantaggi dell'iscrizione al RUNTS;
- Considerare la trasformazione in SSD se la gestione diventa più imprenditoriale;
- Mantenere aggiornate le pratiche fiscali (registri, fatture, compensi);
- Affidarsi a consulenti esperti e agli strumenti informativi offerti dalla FIDAL.

Nel corso del 2025-2026, la Federazione promuoverà modelli statutari aggiornati e percorsi di formazione per aiutare le società affiliate a gestire con serenità la transizione verso il nuovo assetto fiscale del non profit sportivo.

## SCADENZE FISCALI ASD: ULTIMO TRIMESTRE 2025

### Ottobre 2025

- **16 ottobre:**
  - o Versamento dell'IVA relativa al mese di settembre (se l'ASD è mensile) o del trimestre precedente (se trimestrale).
  - o Versamento ritenute d'acconto su compensi a collaboratori e prestatori d'opera.
- **31 ottobre:**
  - o Invio telematico del modello CU (Certificazione Unica) relativo ai redditi corrisposti nell'anno precedente (termine ordinario, a meno di proroghe).

### Novembre 2025

- **16 novembre:**
  - o Versamento IVA per ottobre (se mensile).
  - o Versamento dei contributi INPS per collaboratori sportivi e dipendenti (termine trimestrale o mensile a seconda del tipo di gestione).

### Dicembre 2025

- **16 dicembre:**
  - o Versamento IVA per novembre (se mensile).
  - o Versamento ritenute d'acconto relative a compensi erogati nel trimestre.
- **31 dicembre:**
  - o Chiusura esercizio contabile (per molte ASD coincide con l'anno solare).

- o Preparazione bilancio sociale/consuntivo per assemblea soci (importante per ASD iscritte RUNTS o ETS).

### Altre scadenze importanti entro fine 2025

- **Rinnovo iscrizione RASD:** verificare se l'ASD deve aggiornare documentazione o statuto entro la scadenza triennale.
- **Dichiarazione IVA annuale 2025:** in genere entro il 30 aprile 2026, ma iniziare a predisporre i dati.
- **Versamento IMU (se ASD proprietaria di immobili):** rata unica o seconda rata entro dicembre (per comuni con scadenza 16 dicembre).

### Consigli pratici:

- Tenere aggiornata la contabilità mensilmente per evitare sovraccarichi a fine anno;
- Pianificare con anticipo i versamenti più rilevanti per gestire la liquidità;
- Consultare il commercialista o consulente fiscale per verifiche specifiche (es. applicazione regime 398/1991 o IVA ordinaria).

## PREMI SPORTIVI E FISCO: L'AGENZIA FA CHIAREZZA!

Nel mondo dello sport dilettantistico, la gestione fiscale dei premi sportivi ha spesso generato dubbi e incertezze, sia per gli organizzatori che per gli atleti. Finalmente, con la Risposta n. 9/2025 l'Agenzia delle Entrate ha fornito un importante chiarimento che aiuta a fare luce su questo delicato tema.

### Cosa prevede la normativa

I premi sportivi assegnati nelle manifestazioni dilettantistiche rappresentano una forma di riconoscimento economico destinata ad incentivare la pratica sportiva e valorizzare i risultati degli atleti. Tuttavia, fino a oggi, il loro trattamento fiscale non era sempre chiaro, generando incertezze su eventuali imposte da applicare e modalità di dichiarazione.

### La risposta dell'Agenzia delle Entrate

Con la Risposta n. 9/2025, l'Agenzia ha stabilito che:

- I premi sportivi in denaro o in natura, consegnati in occasione di manifestazioni dilettantistiche riconosciute, **non costituiscono reddito imponibile** se di importo contenuto e se consegnati in conformità alle norme del CONI e degli enti sportivi affiliati;
- Tali premi sono considerati **esenti da ritenute fiscali** e non devono essere inclusi nel reddito imponibile ai fini IRPEF, a condizione



© Freepik

che rientrino nei limiti stabiliti dalla legge (ad esempio, premi con valore complessivo fino a 1.549,37 euro annui).

- Nel caso di premi di valore superiore, o se non riconosciuti da enti sportivi ufficiali, potrebbe scattare l'obbligo di tassazione e di versamento di ritenute, con conseguente dichiarazione del reddito percepito.

### Implicazioni per società e organizzatori

Questo chiarimento è fondamentale per le società sportive e gli organizzatori di eventi, che potranno ora:

- Gestire in modo più trasparente e corretto la distribuzione dei premi;
- Evitare sanzioni per omessa o errata dichiarazione fiscale;
- Valorizzare il ruolo del premio come incentivo allo sport dilettantistico senza rischi fiscali.

### Consigli pratici:

- Verificare sempre che i premi vengano consegnati nell'ambito di manifestazioni regolarmente riconosciute dagli enti sportivi;
- Tenere sotto controllo il valore complessivo dei premi erogati ad ogni singolo atleta nel corso dell'anno;
- Conservare tutta la documentazione relativa all'assegnazione dei premi, inclusi verbali, regolamenti e attestazioni degli enti sportivi.

### Conclusione

La Risposta n. 9/2025 rappresenta un passo importante per la chiarezza fiscale nel settore sportivo dilettantistico. Un quadro più definito permette a tutti gli operatori di muoversi con maggiore sicurezza e promuovere la pratica sportiva senza incomprensioni o rischi. La corretta gestione dei premi sportivi non è solo una questione fiscale, ma anche un segnale di attenzione verso lo sport come valore sociale e culturale.





## PILLOLE DI NUTRIZIONE #3

### IBS e sensibilità invisibili: alla ricerca di un equilibrio tra dieta e salute dell'intestino

#### Francesca Giuliani

Nata a Teramo, il 28/04/1993.

- Laurea Triennale in Scienze Biologiche e laurea Magistrale in Biologia della Salute e della Nutrizione conseguite presso l'Università degli Studi dell'Aquila.
- Esperta in Nutrizione ed Integrazione Sportiva (SANIS Academy).
- Istruttrice di primo livello FIDAL.

Attualmente collabora con le seguenti società sportive:

- Panthers Roseto (Serie A1 basket femminile)
  - Amicacci Abruzzo (Serie A wheelchair basketball)
  - Atletica Gran Sasso Teramo
  - Gruppo Podistico Amatori Teramo
- Esperienze lavorative presso le seguenti società:
- Nova Campli (settore giovanile e Serie D basket maschile)
  - Teramo A Spicchi (Serie C basket femminile)
  - ASD Aprutino Teramo (pattinaggio artistico)
  - CURT Teramo (scuola calcio)
  - Virtus Teramo (scuola calcio)

La terza pillola di nutrizione è dedicata alla delicata problematica della "Sindrome dell'Intestino Irritabile (IBS)", cercando in particolare di delineare le migliori strategie nutrizionali per prevenirne le cause e attenuarne gli effetti patologici.

Questa sindrome rientra a pieno titolo nel più ampio concetto di "sensibilità invisibili", spesso accompagnate da sintomi psicosomatici, fonte di risposte insoddisfacenti a causa di valutazioni errate e di conseguenti correttivi che rischiano di complicare il quadro clinico, in quanto esistono diversi fattori che predispongono alla sindrome dell'intestino irritabile, quali comportamentali, fisiologici e genetici. L'IBS si può classificare in base a quattro tipologie predominanti di feci con il metodo Bristol Stool Scale: IBS-C (a predominanza di stipsi), IBS-D (a predominanza di diarrea) - rappresenta la forma più comune, IBS-M (abitudini intestinali miste) e IBS-U (non classificabile).

La natura multifattoriale dell'IBS richiede approcci terapeutici personalizzati ed un buon piano nutrizionale e deve mirare al raggiungimento dell'equilibrio del microbiota, detto eubiosi.

Il microbiota è l'insieme di microrganismi che popolano le superfici del nostro corpo a diretto contatto con l'ambiente esterno, come la pelle, il cavo orale, l'apparato respiratorio, l'apparato urogenita-

le e l'intestino. Le caratteristiche, le tipologie e le funzioni del microbiota, essenziale per il benessere dell'individuo, vengono dettagliatamente illustrate nel corso dell'articolo.

Il National Institute for Health and Care Excellence (NICE) e la British Dietetic Association (BDA), hanno sviluppato delle linee guida per la gestione nutrizionale dell'IBS, suddivise in indicazioni generali ed interventi avanzati di secondo livello, quali la dieta a basso contenuto di FODMAP, dettagliatamente descritta anche come protocollo di utilizzo. Utili indicazioni nutrizionali vengono fornite in merito all'IBS e sensibilità al glutine ed all'IBS e intolleranza al lattosio.

Recenti evidenze scientifiche hanno suggerito un potenziale collegamento tra la sindrome dell'intestino irritabile (IBS) e la riduzione della massa ossea (osteoporosi) e muscolare (sarcopenia), presumibilmente mediato dalla disbiosi intestinale.

In conclusione si indica il percorso da seguire, incentrato inizialmente sulla necessità di spegnere il focolaio infiammatorio, proseguendo in via prioritaria con il ripristino dell'integrità, dell'omeostasi e della funzionalità dell'apparato gastrointestinale attraverso opportune strategie nutrizionali.

Giuliano Grandi

#### INTRODUZIONE

Ognuno di noi, con l'avanzare degli anni, sviluppa una sensibilità sempre più grande verso le informazioni che il nostro corpo ci invia circa il suo stato di salute. Se parliamo di atleti questa conoscenza del proprio corpo viene ampliata, ogni piccola sensazione viene percepita e spesso addirittura preannunciata. Ma cosa succede quando riceviamo delle informazioni confuse, sconosciute o informazioni conosciute ma che non riusciamo a collocare in una causa ben precisa, ossia le cosiddette "sensibilità invisibili"?

Nel cercare una spiegazione potremmo abbracciare delle teorie errate ed entrare in una condizione di caos, alimentata dalla realtà in cui viviamo che ci soffoca con messaggi di ogni tipo, e dalla quale possiamo difenderci solo con una profonda conoscenza della materia.

Dal caos potrebbero scaturire comportamenti immotivati, potrebbero nascere "equilibri scorretti" (passatemi l'ossimoro, il significato verrà decritto più avanti), sensazioni di grande frustrazione e di sfiducia nella capacità del proprio organismo di tornare a uno stato di salute generale.

Se poi a questo quadro di malessere aggiungiamo un'eziologia psicosomatica, diventa l'equivalente del metaforico cane che si morde la coda e che, di

conseguenza, non riesce a trovare la via di uscita. È importante quindi affidarsi a professionisti del settore al fine di trovare il prima possibile gli strumenti utili alla soluzione del problema o, nel peggiore dei casi, al suo controllo.

Rientra in questo quadro introduttivo la "Sindrome dell'Intestino Irritabile (IBS)", uno dei disturbi gastrointestinali più diffusi, caratterizzata da una combinazione variabile di sintomi, tra cui dolore addominale ricorrente, gonfiore, urgenza evacuativa, sensazione di evacuazione incompleta e alterazioni delle abitudini intestinali. Ciò che rende questa condizione particolarmente complessa è l'assenza di anomalie organiche o biochimiche identificabili, il che significa che la diagnosi si basa esclusivamente sul riconoscimento dei sintomi e sull'esclusione di altre patologie gastrointestinali attraverso indagini approfondite.

#### SINDROME DELL'INTESTINO IRRITABILE (IBS)

La fisiologia della Sindrome dell'Intestino Irritabile (IBS) non è stata ancora del tutto compresa, la sua grande diffusione viene attribuita al fattore psicosomatico derivante dagli estenuanti ritmi quotidiani del XXI secolo, ma i fattori predisponenti sono molteplici: alterazioni della motilità intestinale,



ipersensibilità viscerale, eccessiva crescita batterica nell'intestino tenue, variabili ambientali (prime fra tutte le abitudini alimentari) e cambiamenti nella composizione del microbiota intestinale. La disbiosi, ovvero uno squilibrio del microbiota, è stata frequentemente osservata negli individui con IBS, sebbene resti da chiarire se rappresenti una causa primaria o una conseguenza della sindrome.

Non solo fattori comportamentali ma anche fattori genetici; attualmente si sta analizzando il possibile contributo delle varianti genetiche a carico dell'enzima saccarasi-isomaltasi (SI) che comportano un deficit enzimatico nell'orletto a spazzola dell'intestino tenue, con conseguente incapacità di digerire adeguatamente disaccaridi come saccarosio e amido. I residui non digeriti raggiungono il colon, dove subiscono fermentazione batterica, producendo gas e scatenano gonfiore, dolore addominale e diarrea osmotica.

Possiamo classificare l'IBS in base alla tipologia predominante di feci, definita mediante la *Bristol Stool Scale* (vedi l'immagine): IBS-C (a predominanza di stipsi), IBS-D (a predominanza di diarrea) – rappresenta la forma più comune, IBS-M (abitudini intestinali miste) e IBS-U (non classificabile).

Viene diagnosticata quando i sintomi, come il dolore addominale, sono comparsi almeno un giorno a settimana negli ultimi tre mesi, con esordio almeno sei mesi prima della diagnosi. Il dolore deve essere associato ad almeno due dei seguenti criteri: correlazione con la defecazione, variazione della frequenza delle evacuazioni o modificazioni nella forma delle feci.

La natura multifattoriale di questa sindrome implica degli approcci terapeutici personalizzati, soprattutto sul piano nutrizionale, facendo riferimento non solo ai sintomi ma anche alla "storia alimentare" dell'individuo, la quale modella a propria immagine e somiglianza il microbiota intestinale. Un buon piano nutrizionale deve mirare al raggiungimento dell'equilibrio del microbiota, detto *eubiosi*.

## MICROBIOTA

Il microbiota è l'insieme di microrganismi che popolano le superfici del nostro corpo a diretto contatto con l'ambiente esterno, come la pelle, il cavo orale, l'apparato respiratorio, l'apparato urogenitale e l'intestino. Questi microrganismi non sono dei semplici ospiti ma vivono in stretta simbiosi con noi e influenzano diversi aspetti della nostra fisiologia. Il microbiota è un vero e proprio "organo invisibile", essenziale per il nostro benessere perché capace di sostenere le seguenti attività:

- mantenere una composizione di microrganismi diversificata e stabile nel tempo;
- supportare la digestione e l'assorbimento dei nutrienti;



© Freepik

- produrre vitamine (come la vitamina K e alcune del gruppo B) e acidi grassi a catena corta (SCFA) come il butirrato, importanti per la salute della mucosa intestinale;
- mantenere una corretta risposta immunitaria;
- agire da barriera protettiva contro microrganismi patogeni;
- contribuire al benessere neurologico attraverso l'asse intestino-cervello.

Studi recenti hanno identificato tre enterotipi intestinali, differenziati dalla predominanza di specifici generi batterici e strettamente legati all'alimentazione:

- l'enterotipo 1, dominato da *Bacteroides*, associato a diete ricche di proteine e grassi animali tipiche delle società occidentali;
- l'enterotipo 2, caratterizzato da *Prevotella*, comune in chi consuma molte fibre e cereali integrali, con elevata produzione di butirrato antinfiammatorio;
- l'enterotipo 3, dominato da *Ruminococcus*, legato a diete miste, che contribuisce alla produzione di butirrato e al mantenimento della barriera intestinale.

È importante sottolineare che gli enterotipi non rappresentano categorie rigide o fisse, altresì la composizione del microbiota può variare nel tempo in base allo stile di vita. Tuttavia, in alcuni individui risultano stabili, indicando la presenza di fattori genetici e immunologici. Questa variabilità e stabilità sottolinea l'importanza di personalizzare le terapie probiotiche. Uno dei fattori più rilevanti nella patogenesi dell'IBS è l'infiammazione intestinale; in seguito alla disbiosi

l'accumulo di acidi biliari nel colon porta a diarrea e danneggiamento della mucosa. Questo squilibrio altera anche il metabolismo del triptofano, compromettendo la barriera intestinale e influenzando la sintesi della serotonina, fondamentale per la motilità intestinale e la percezione del dolore. Il danno alla mucosa spesso porta a scelte alimentari e stili di vita inappropriati, come le "diete a eliminazione".

## IBS E NUTRIZIONE

Il National Institute for Health and Care Excellence (NICE) e la British Dietetic Association (BDA), hanno sviluppato delle linee guida per la gestione nutrizionale dell'IBS.

Indicazioni generali:

- Non saltare i pasti ma consumare pasti regolari con porzioni moderate.
- Masticare lentamente, ridurre cibi grassi e i cibi irritanti come: caffè, alcol, spezie, bevande gassate e dolcificanti artificiali (sorbitolo, mannitolo).
- Favorire la fibra solubile (es. psyllium) alla fibra insolubile (es. crusca).
- Bere almeno 2 litri di liquidi al giorno (acqua e bevande non alcoliche e non zuccherate).
- Ridurre il consumo di alimenti precotti o preconfezionati.

Queste strategie sono generalmente efficaci in molti pazienti, soprattutto nelle forme lievi o iniziali. Tuttavia, se i sintomi persistono nonostante l'aderenza alle indicazioni per almeno 4-6 settimane, le linee guida raccomandano un approccio più mirato.

### Interventi avanzati (secondo livello):

- Dieta Low-FODMAP.
- Adeguato piano di integrazione probiotica.
- Approcci terapeutici di gestione dello stress.

## IBS E DIETA A BASSO CONTENUTO DI FODMAPS

FODMAP è un acronimo che sta per:

- **F**ermentabili
- **O**ligosaccaridi (fruttani e galattani)
- **D**isaccaridi (lattosio)
- **M**onosaccaridi (fruttosio in eccesso rispetto al glucosio)
- **A**nd
- **P**olioli (sorbitolo, mannitolo, xilitolo)

Sono carboidrati a catena corta scarsamente assorbiti nell'intestino tenue e fermentabili nel colon ad opera del microbiota intestinale. Si trovano nel grano, nel latte e nei latticini, in alcuni tipi di frutta e verdura, nei legumi, nei dolcificanti artificiali e negli alimenti confezionati.

I FODMAPs sono considerati potenti amplificatori dei sintomi nell'IBS per due ragioni fondamentali. Da un lato, la loro capacità di richiamare acqua nel lume intestinale favorisce un aumento degli episodi di diarroici. Dall'altro, la fermentazione batterica di



© Freepik

questi carboidrati produce gas in eccesso, causando gonfiore, distensione addominale e crampi. Inizialmente sviluppata dai ricercatori della Monash University e successivamente validata da numerosi studi internazionali, la dieta a basso contenuto di FODMAP ("Low FODMAP Diet", LFD) si è dimostrata efficace nel ridurre significativamente i sintomi dell'IBS nel breve termine, con una risposta clinica favorevole nel 50-80% dei pazienti. Per questo motivo, oggi è considerata una delle opzioni terapeutiche di prima scelta nella gestione di questa patologia. Tuttavia, "un'alimentazione di eliminazione" può causare carenze nutrizionali e ridurre la diversità batterica intestinale, in particolare la quantità di Bifidobacterium e Clostridium, ceppi importanti per la produzione di butirrato, un acido grasso essenziale per il mantenimento della salute della mucosa intestinale.

Per i motivi sopra elencati, un protocollo "Low FODMAPs" deve prevedere le seguenti fasi temporali:

1. **Fase di eliminazione** (2-6 settimane): rimozione dei cibi ad alto contenuto di FODMAPs.
2. **Fase di reintroduzione controllata:** per identificare quali gruppi di FODMAPs sono responsabili dei sintomi.
3. **Fase di personalizzazione della dieta:** mantenimento a lungo termine di una dieta equilibrata e varia.

## IBS E SENSIBILITÀ AL GLUTINE

L'indebolimento della mucosa scatena una risposta immunitaria eccessiva, causando sintomi ga-



strointestinali e sensibilità al glutine anche se non si è né celiaci né allergici al frumento. In passato chi soffriva di questa sensibilità veniva considerato un "malato immaginario" e non otteneva la giusta attenzione dai protocolli sanitari, ma con l'aumento dei casi è diventato fondamentale approfondirne la diagnosi e il trattamento.

Nei soggetti con sensibilità al glutine non celiaca (NCGS), l'assunzione di alimenti farinacei provoca una risposta immunitaria acuta nella mucosa intestinale, causando gonfiore, diarrea, stanchezza e difficoltà di concentrazione dopo i pasti. I livelli di marcatori di danno cellulare intestinale in questi pazienti possono essere addirittura superiori a quelli riscontrati nei celiaci. L'IBS e la NCGS sono entità distinte con alcuni sintomi sovrapposti.

Il glutine non è una causa diretta dell'IBS ma può contribuire all'esacerbazione dei sintomi, quindi una dieta priva di glutine può determinare un miglioramento clinico, ma il beneficio è probabilmente attribuibile alla riduzione dei FODMAPs piuttosto che all'eliminazione del glutine in sé. Eliminare il glutine prima della diagnosi può compromettere il riconoscimento della celiachia, poiché la mucosa intestinale si normalizza e gli anticorpi diventano negativi, rendendo la diagnosi meno affidabile. Per questo è consigliabile escludere la celiachia con test sierologici prima di iniziare una dieta priva di glutine.

#### IBS E INTOLLERANZA AL LATTOSIO

L'intolleranza al lattosio deriva dalla carenza dell'enzima lattasi, che impedisce la digestione del lattosio nell'intestino tenue. Così, il lattosio non digerito raggiunge il colon, dove viene fermentato dai batteri intestinali provocando gonfiore, dolore addominale e diarrea.

Nei soggetti con IBS la soglia di tolleranza agli stimoli intestinali è più bassa; di conseguenza possono manifestare sintomi simili anche in assenza di un reale deficit di lattasi a causa di una sensibilità aumentata. È essenziale distinguere tra vera intolleranza al lattosio e sensibilità funzionale, sia per evitare restrizioni dietetiche prolungate non necessarie, sia per concentrare il trattamento sull'attenuazione dell'ipersensibilità intestinale. Non ci sono prove che suggeriscano un legame oggettivo tra sindrome dell'intestino irritabile e malassorbimento del lattosio, e l'intolleranza al lattosio auto-riferita non è un buon predittore diagnostico.

#### IBS E DISTURBI MUSCOLO-SCHELETRICI

Recenti evidenze scientifiche hanno suggerito un potenziale collegamento tra la sindrome dell'intestino irritabile (IBS) e la riduzione della massa os-

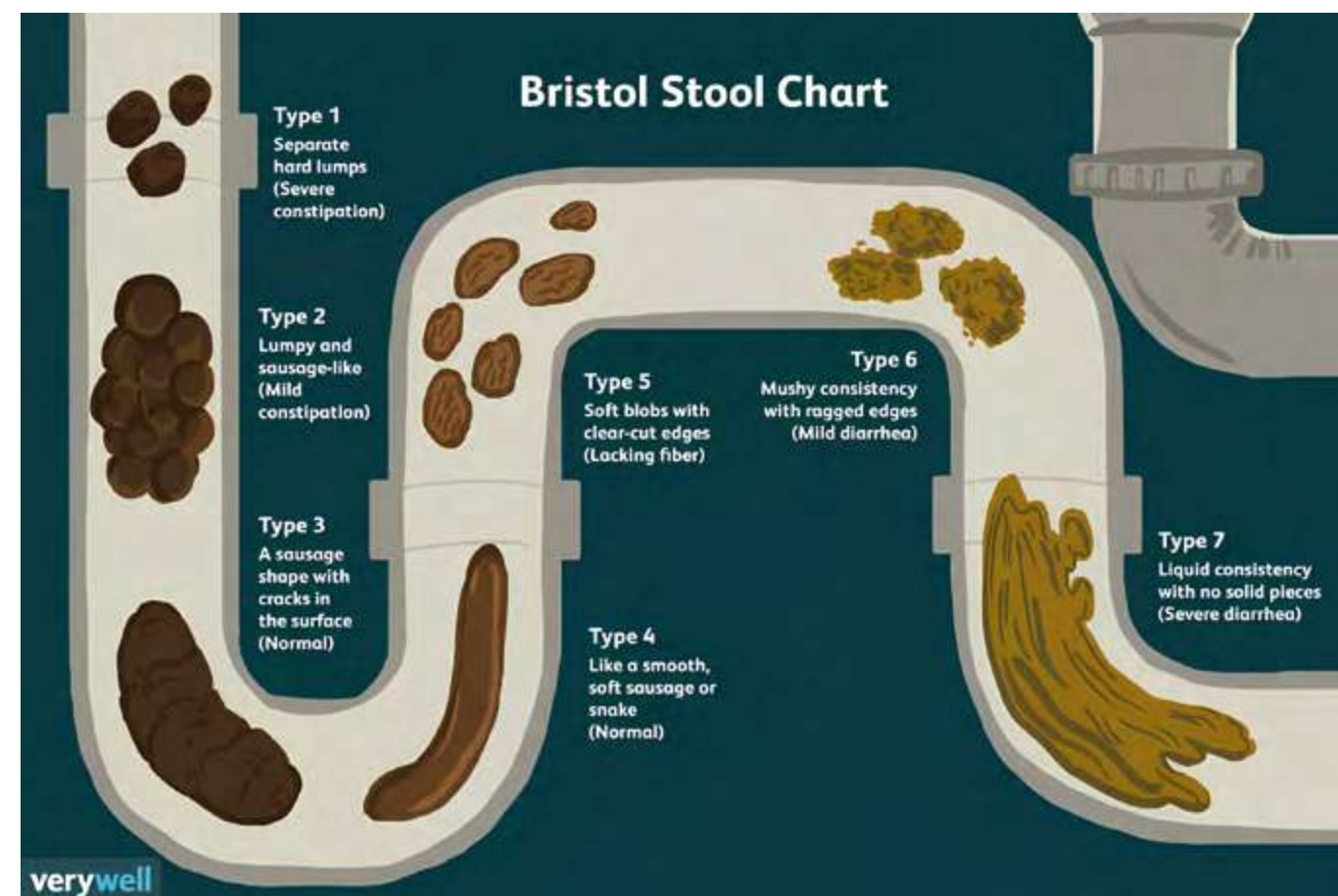
sea (osteoporosi) e muscolare (sarcopenia), presumibilmente mediato dalla disbiosi intestinale. Il microbiota gastrointestinale riveste un ruolo cruciale non solo nell'assorbimento e nel metabolismo dei nutrienti, ma anche nella modulazione delle risposte immunitarie sistemiche e nei processi di omeostasi ossea e muscolare. Pertanto, le alterazioni qualitative e quantitative della composizione microbica intestinale potrebbero contribuire al deterioramento dell'apparato muscoloscheletrico. Tuttavia, i meccanismi patofisiologici specifici che collegano l'IBS al progressivo declino della massa ossea e muscolare rimangono ancora in gran parte inesplorati.

La somministrazione di colestiramina ha evidenziato un'azione mitigatrice efficace, abbassando i livelli di acidi biliari e favorendo una modulazione positiva del microbiota intestinale che ha portato a un miglioramento dei parametri muscoloscheletrici.

#### CONCLUSIONI

La dieta Low FODMAP si presenta come un primo soccorso prezioso per chi soffre di un intestino cronicamente ipersensibile, attenuando quei sintomi fastidiosi che pesano sulla quotidianità. Tuttavia, non è la risposta definitiva né un modello alimentare sostenibile a lungo termine. Non esistono ancora prove solide che riesca a ridurre l'infiammazione intestinale nel tempo e, soprattutto, una dieta basata su restrizioni dietetiche prolungate non può essere considerata un'alimentazione corretta. Ora possiamo approfondire gli "equilibri scorretti": un termine che indica uno stato di apparente benessere ottenuto tramite restrizioni alimentari che, sebbene temporaneamente allievino i sintomi, non riflettono un equilibrio reale e sostenibile per l'organismo.

Dopo aver spento il focolaio infiammatorio, la priorità diventa ripristinare l'integrità, l'omeostasi e la funzionalità dell'apparato gastrointestinale. Per chi convive con la sindrome dell'intestino irritabile (IBS), questo percorso è spesso impervio e faticoso, quasi irraggiungibile. In questo cammino i probiotici possono diventare alleati importanti, ma le linee guida di NICE e BDA evidenziano che attualmente non esiste un ceppo probiotico universalmente raccomandato, né una dose standardizzata, a causa dell'eterogeneità dei risultati disponibili nella letteratura scientifica. Pertanto, è consigliato sperimentare l'uso di specifici probiotici per un periodo limitato, solitamente intorno alle quattro settimane, monitorando con cura i risultati; solo così si può costruire un protocollo personalizzato. Il danno alla mucosa intestinale può essere profondo, richiedendo una terapia probiotica lunga e diversificata.



Per quanto riguarda la nutrizione a lungo termine, la dieta Low FODMAP può rappresentare uno strumento utile per identificare gli alimenti che causano una maggiore sensibilità individuale. Questo consente di reintrodurre gradualmente una gamma più ampia di cibi, avvicinandosi a un modello alimentare completo e bilanciato, come quello della dieta mediterranea, riconosciuta per la sua ricchezza nutrizionale e per le proprietà antiossidanti e antinfiammatorie efficaci nel supportare il trattamento delle malattie croniche. Tornare a un'alimentazione varia, equilibrata e naturale significa quindi prendersi cura in modo profondo della salute intestinale e del benessere generale. Nel nostro corpo esiste un mondo invisibile, un esercito silenzioso di miliardi di microrganismi che lavorano instancabilmente per noi e, quando sono in uno stato di equilibrio, creano una sinergia perfetta con la nostra mente. Il corpo chiede energia, vigore e resistenza; la mente richiede chiarezza, determinazione e positività. Un microbiota sano sostiene entrambi, modulando l'infiammazione, migliorando il recupero e potenziando la nostra capacità di affrontare lo stress fisico e mentale.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Altomare A, Di Rosa C, Imperia E, Emerenziani S, Cicala M, Guarino MPL. Diarrhea Predominant-Irritable Bowel Syndrome (IBS-D): Effects of Different Nutritional Patterns on Intestinal Dysbiosis and Symptoms. *Nutrients*. 2021 Apr 29;13(5):1506. doi: 10.3390/nu13051506. PMID: 33946961; PMCID: PMC8146452.
- Chen M, Wei W, Li Y, Ge S, Shen J, Guo J, Zhang Y, Huang X, Sun X, Cheng D, Zheng H, Chang F, Chen J, Liu J, Zhang Q, Zhou T, Yu K, Tang P. Cholestyramine alleviates bone and muscle loss in irritable bowel syndrome via regulating bile acid metabolism. *Cell Prolif*. 2024 Aug;57(8):e13638. doi: 10.1111/cpr.13638. Epub 2024 Mar 25. PMID: 38523511; PMCID: PMC11294414.
- Kasti, A.N.; Katsas, K.; Petsis, K.; Lambrinou, S.; Synodinou, K.D.; Kapetani, A.; Smart, K.L.; Nikolaki, M.D.; Halvatsiotis, P.; Triantafyllou, K.; et al. Is the Mediterranean Low Fodmap Diet Effective in Managing Irritable Bowel Syndrome Symptoms and Gut Microbiota? *An Innovative Research Protocol*. *Nutrients* 2024, 16, 1592. <https://doi.org/10.3390/nu16111592>



**ERRATA CORRIGE.** Nel numero 1-2025 è stato commesso un errore materiale, già corretto nella versione online. Questa è la pagina corretta. Ci scusiamo con i lettori e con l'autore per il disagio.

performance cronometrica che si avvicini più possibile ai migliori valori stagionali.

#### ANALISI DEI PARAMETRI FREQUENZA / AMPIEZZA

La velocità, come abbiamo già visto in precedenza, è la risultante del prodotto tra la frequenza e l'ampiezza del passo: sono dunque i due parametri fondamentali da migliorare se si vuole raggiungere un valore di velocità maggiore.

Ecco, quindi, che ho cercato di capire se si potesse estrapolare dai dati raccolti qualche indicazione utile a vedere se emergessero in modo marcato differenze o similitudini tra i valori prodotti dagli atleti stranieri in confronto a quelli italiani e quanto entrambi, o soprattutto uno dei due, siano caratterizzanti e possano quindi determinare le migliori performance. Mettendo a confronto i valori medi ricavati, sia per il parametro di frequenza del passo sia di ampiezza in ogni singolo tratto, riferiti agli atleti stranieri e italiani, ne ricaviamo i grafici sottostanti.

Andando ad analizzare il grafico in figura 13, quello riferito ai valori medi della frequenza del passo ottenuta in ciascun tratto di gara esaminato, possiamo notare come i valori ottenuti dagli atleti stranieri e quelli italiani non siano così distanti tra loro: l'andamento, infatti, risulta essere in generale molto simile soprattutto fino ai 500m di gara, dove i singoli valori sono addirittura pressoché uguali. Dai 500m in poi, invece, si nota come pur nonostante le curve del grafico mantengano lo stesso trend, inizi una distanza tra le due linee dettate dall'aumento della frequenza negli atleti stranieri che riescono a generare punte della stessa addirittura più alte (3.57passi/sec.) rispetto al tratto iniziale (200-400m), arrivando nel finale di gara quasi a toccare il valore massimo rilevato (3.63 passi/sec.), ovvero quello prodotto nel primo tratto di gara analizzato che corrisponde ai primi 200m.

Osservando il comportamento degli atleti italiani, si nota che, se fino ai 500m la frequenza sia praticamente la stessa dei loro avversari stranieri, nei tratti



Fig 13 Confronto tra le frequenze medie del passo di corsa rilevate in ciascun tratto di gara



Fig 14 Confronto tra le ampiezze medie del passo di corsa rilevate in ciascun tratto di gara







**atletica  
italiana**

