

TRIMESTRALE DI RICERCA SCIENTIFICA, TECNICA E CULTURA MANAGERIALE APPLICATE ALL'ATLETICA LEGGERA

3/2026
luglio-settembre

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - 70% - Aut. MBPA/PAC/01/2018/R.L.

**DIDATTICA DI BASE
PER IL SALTO CON L'ASTA.
L'EMOZIONE DEL VOLO**



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 3/2026 - luglio-settembre 2026

Presidente
Stefano Mei

Consiglieri delegati al Centro Studi & Ricerche
Maurizio Affò, Zahra Bani, Domenico Di Molfetta

Segretario Generale (facente funzioni)
Pierluigi Sorace

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
Colombo/FIDAL, Fama/FIDAL, Gianantoni/FIDAL, Grana/FIDAL, Gruppo Asta Padova, Donati, 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 IT292010050330900000010107), causale "Abbonamento rivista AtleticaStudi 2026". 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 redazionali inviati spontaneamente alla redazione di Atletica-Studi non verranno restituiti. Alcune immagini, aventi carattere puramente tecnico-didattico, sono state reperite sul web. Non essendo ivi indicati 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 possono segnalarlo al seguente indirizzo: centrostudi@fidal.it

SOMMARIO

3
IL SALUTO DEL PRESIDENTE FIDAL
Stefano Mei

5
PRESENTAZIONE
Domenico Di Molfetta, Maurizio Affò, Zahra Bani

9
EDITORIALE
Giuliano Grandi

SCIENZA / TECNICA / DIDATTICA

16
I 100 METRI IN ATLETICA: INTEGRAZIONE TRA SCIENZA E BUONA PRATICA
Breve revisione della biomeccanica e del training dello sprint in atletica leggera
Simone Ciacci

28
SUPERVELOCITÀ E SCUDO AERODINAMICO
Alessandro Donati

38
RIDUZIONISMO E SISTEMI DINAMICI: UNA SVOLTA NELLA TEORIA DELL'ALLENAMENTO
Antonio Dotti

46
ANALISI DELLA PRESTAZIONE TRAMITE BIOIMPEDENZIOMETRIA REGIONALE DA CAMPO IN VELOCISTE E VELOCISTI DURANTE IL MACROCICLO ANNUALE
Luigi Pasini

76
SIGMOIDE E PUNTEGGIO NELLE PROVE MULTIPLE
Salvatore Leonardi, Stefano Corte, Alice Leonardi, Letizia Leonardi

98
LA PREVENZIONE DELLE LESIONI MUSCOLARI DEI MUSCOLI ISCHIOCRURALI
Simone Fedel

106
L'IMPATTO DELLE SUPER SPIKES NEI DETERMINANTI DELLA PRESTAZIONE DEI 400 OSTACOLI MASCHILI E FEMMINILI
Luca Zoncu, Daniel Buttari, Maria Francesca Piacentini, Claudio Quagliarotti

ATLETICA GIOVANILE E SCOLASTICA

120
INTRODUZIONE AL SALTO CON L'ASTA: ISTRUZIONI PER L'USO
Andea Giannini

MANAGEMENT SPORTIVO

132
MODELLI EVOLUTIVI DI ASSOCIAZIONISMO SPORTIVO
Biagio Giancola

Il saluto del Presidente FIDAL



Stefano Mei
Presidente della Federazione
Italiana di Atletica Leggera

La forza di una Federazione non si misura soltanto nei risultati che riesce a produrre in pista, ma anche nella qualità del pensiero che sa generare intorno al proprio movimento. È questo, in fondo, il valore più profondo di una rivista come *AtleticaStudi*: offrire uno spazio in cui la competizione incontra la ricerca, la pratica quotidiana dialoga con la scienza, e l'esperienza degli allenatori, dei tecnici e degli studiosi diventa patrimonio comune.

In questo numero emergono con particolare evidenza alcuni temi che stanno al centro dell'evoluzione dell'atletica contemporanea. La velocità, innanzitutto, letta non solo come espressione spettacolare, ma come campo di indagine complesso, in cui biomeccanica, metodologia dell'allenamento, prevenzione degli infortuni e strumenti di valutazione concorrono a definire nuovi margini di miglioramento. Allo stesso modo, la riflessione sulla teoria dell'allenamento ci ricorda che il progresso non nasce da scorciatoie, ma dalla capacità di interpretare il gesto atletico come sistema dinamico, vivo, adattabile, mai riducibile a formule semplicistiche. Accanto all'approfondimento tecnico-scientifico, questo numero conferma l'attenzione della FIDAL per la formazione dei giovani e per il ruolo decisivo della scuola, dei settori giovanili e dell'educazione motoria. L'atletica, prima ancora di essere prestazione, è un linguaggio formativo: insegna il rispetto delle regole, la cura del corpo, la costanza, la pazienza e la capacità di confrontarsi con i propri limiti per superarli con metodo. In questa prospettiva, anche il lavoro sul salto con l'asta, sulla mobilità e sulla costruzione armonica delle abilità assume un significato che va oltre la specialità, perché parla della crescita globale dell'atleta e della persona.

Non meno importante è il contributo del management sportivo, che oggi rappresenta una leva essenziale per far crescere l'intero movimento. L'atletica moderna ha bisogno di organizzazione, visione, sostenibilità e capacità di leggere i cambiamenti, perché la qualità tecnica da sola non basta se non è accompagnata da strutture efficienti, percorsi formativi solidi e una gestione capace di valorizzare competenze e territori. In questo senso, il lavoro del Centro Studi & Ricerche è prezioso non soltanto come luogo di elaborazione scientifica, ma come ponte tra conoscenza e sistema sportivo.

Il nostro impegno, come Federazione, è quello di continuare a sostenere una cultura dell'atletica fondata su serietà, innovazione e condivisione. La ricerca non è un esercizio astratto: è uno strumento concreto per migliorare la preparazione, proteggere gli atleti, formare tecnici più consapevoli e costruire una comunità sportiva più forte e competente. Ed è proprio questa la direzione che *AtleticaStudi* continua a indicare con chiarezza: un'atletica che non si accontenta del presente, ma che studia, sperimenta e cresce per affrontare con maggiore consapevolezza le sfide del futuro.

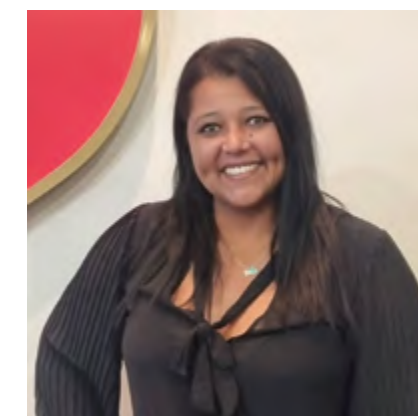
Presentazione



Domenico Di Molfetta
Consigliere Nazionale
con delega
Centro Studi & Ricerche



Maurizio Affò
Consigliere Nazionale
con delega
Centro Studi & Ricerche



Zahra Bani
Consigliere Nazionale
con delega
Centro Studi & Ricerche

Con questo nuovo numero di *AtleticaStudi*, il Centro Studi & Ricerche della FIDAL rinnova il proprio impegno nel promuovere una cultura dell'atletica fondata sul dialogo costante tra ricerca scientifica, esperienza tecnica, formazione e capacità manageriale. La rivista, si conferma sempre di più come uno spazio di approfondimento e confronto rivolto a tecnici, dirigenti, docenti, studenti, operatori e appassionati.

In questo numero, la sezione **Scienza, tecnica, didattica** propone un percorso ampio e articolato, nel quale l'analisi della prestazione si intreccia con la pratica quotidiana dell'allenamento. Si parte dai 100 metri, attraverso una revisione della biomeccanica e dei principi del training dello sprint, per proseguire con una proposta dedicata alla supervelocità e allo scudo aerodinamico, ispirata a un progetto italiano del passato e ripensata in prospettiva futura.

Particolare attenzione è dedicata anche all'evoluzione della teoria dell'allenamento, con una riflessione sul rapporto tra riduzionismo e sistemi dinamici. La bioimpedenziometria regionale da campo viene analizzata come strumento per lo studio della composizione corporea di velociste e velocisti durante il macrociclo annuale, mentre un ulteriore contributo approfondisce l'uso della curva sigmoide e del punteggio nelle prove multiple.

Completano la sezione due temi di grande attualità per la preparazione e la tutela dell'atleta: la prevenzione delle lesioni muscolari degli ischiocrurali e l'impatto delle super spikes sui determinanti della prestazione nei 400 metri ostacoli, sia maschili sia femminili. Nel loro insieme, questi contributi mostrano come la ricerca possa offrire indicazioni concrete per migliorare la qualità dell'allenamento, interpretare con maggiore precisione la prestazione e ridurre i rischi connessi alla pratica agonistica.

La parte dedicata ad **Atletica giovanile e scolastica** riporta il lettore alle fondamenta del percorso sportivo. L'introduzione al salto con l'asta, presentata come una guida alle istruzioni per l'uso, e l'analisi della mobilità articolare nel giovane ostacolista richiamano l'importanza di una didattica progressiva, competente e rispettosa dei tempi di crescita.

È proprio nell'età giovanile che tecnica, educazione al movimento e attenzione alla persona devono procedere insieme. La scuola e le società sportive rappresentano luoghi decisivi per avvicinare ragazze e ragazzi all'atletica, sviluppando non soltanto abilità motorie, ma anche consapevolezza, autonomia, senso della regola e piacere della pratica.

Il numero si conclude con la sezione **Management sportivo**, dedicata ai modelli evolutivi dell'associazionismo sportivo. Un tema che riguarda da vicino la solidità e il futuro del nostro movimento, perché la



qualità dell'atletica dipende anche dalla capacità delle società di rinnovarsi, organizzarsi, formare i propri dirigenti e costruire reti efficaci sul territorio.

La varietà degli argomenti affrontati conferma la vocazione di *AtleticaStudi*: essere una rivista capace di unire il laboratorio e la pista, il dato scientifico e l'esperienza dell'allenatore, la crescita del giovane atleta e la visione strategica del dirigente. In questa prospettiva, il Centro Studi & Ricerche continua a svolgere una funzione essenziale: mettere a disposizione della comunità dell'atletica strumenti, idee e occasioni di confronto per affrontare con competenza le sfide del presente e progettare quelle del futuro.

Invitiamo dunque i lettori ad attraversare questo nuovo numero con curiosità e spirito critico, nella convinzione che ogni contributo possa offrire uno stimolo utile alla pratica quotidiana e alla riflessione comune. La ricerca, quando sa dialogare con l'esperienza, diventa infatti uno dei motori più importanti per far crescere l'atletica italiana.



EDITORIALE

Giuliano Grandi

Il valore degli Atleti,
i valori dell'Atletica

Foto di Nicolò Montanari

La dirompente vitalità dell'atletica italiana e la straordinaria vivacità del nostro "Movimento atletico", inteso come risultante complessiva della pratica sportiva organizzata e della spontanea attività motoria esercitata in forma libera al di fuori dell'associazionismo sportivo, riconducibile alla classica modalità del correre e camminare in libertà, per svago, per socialità e per la salute, stanno sempre di più offrendo una chiave di lettura nuova della società italiana. La conferma di questa nuovo e per certi versi imprevedibile atteggiamento della popolazione nei confronti della pratica sportiva attiva avviene da diverse indagini condotte dall'ISTAT e da altri prestigiosi Istituti, presupposti che di conseguenza favoriscono e stimolano un più consapevole, rispettoso e documentato godimento dello spettacolo sportivo.

Dai dati provenienti dall'indagine ISTAT riguardanti la pratica sportiva in Italia, emerge una nuova sensibilità nei confronti delle varie modalità di esercitarla: nell'indagine condotta sui dati del 2024 emerge che il 37,5% della popolazione (43,4% nei maschi e 31,8% nelle femmine) fa sport, in qualche forma e con varie modalità esecutive e temporali.

Per quanto riguarda i praticanti l'atletica leggera, footing e jogging, si evidenziano straordinari progressi, in quanto sono passati da 1.947.000 del 2006 a 2.428.00 del 2024. Analizzando i dati in termini percentuali risulta un notevole progresso: dall'11,3% del 2006 si è passati al 18,3% del 2024 sul totale degli sportivi praticanti. Anche la par-

tecipazione femminile è passata da 751.000 del 2006 a 1.735.00 del 2024, che espressi in termini percentuali significa una crescita dal 10,8% del 2006 al 18,6% del 2024.

I recenti successi degli atleti azzurri nelle più prestigiose competizioni sportive internazionali (Giochi olimpici, Campionati del mondo, Campionati europei) hanno conquistato l'attenzione e la partecipazione emotiva di un crescente ed impreveduto numero di appassionati e tifosi, oltre che la doverosa considerazione dei media, affascinati dai contemporanei successi delle squadre nazionali di nuoto e atletica ai recenti Campionati europei. In particolare l'affermazione della nazionale italiana di atletica, classificatasi al primo posto nel medagliere davanti alla Gran Bretagna, paese organizzatore, in un finale da thriller coronato dalla emozionante prestazione della staffetta 4 x 400 maschile, ha risvegliato un orgoglio nazionale, sinora riservato allo sport del calcio. Questo successo è stato preceduto in luglio dalle promettenti prestazioni dei giovanissimi azzurri agli Europei under 18 di Rieti, con la conquista di 8 medaglie (2 ori, 4 argenti, 2 bronzi) e dalla sorprendente prestazione dei promettenti azzurri under 20, prestigiosi protagonisti dei successivi Campionati mondiali under 20 di Eugene, in occasione dei quali la rappresentativa azzurra ha collezionato il record di 5 medaglie (3 ori e 2 bronzi).

L'indiscutibile lavoro sul piano tecnico ed organizzativo profuso dalla struttura tecnica federale, unitamente all'instancabile focus che il presidente federale ha voluto fin dall'inizio porre sulla tutela e la valorizzazione degli atleti e sul binomio "tecnico-atleta", considerandoli come irrinunciabile patrimonio del "Sistema Atletica", hanno dato frutti positivi. Questo impegno strategico non si è manifestato soltanto sul piano del sostegno economico ma anche dal punto di vista di un nuovo approccio filosofico-culturale. Non a caso la IV Convention nazionale dei tecnici di atletica leggera (rilanciata e fortemente voluta dal presidente dopo tredici anni di assenza), svoltasi ad Ancona dal 4 al 6 aprile 2025, aveva come tema "L'atleta al centro: elementi condizionali, tecnici e prestazione nell'atletica di oggi", declinata con il brand "L'atletica italiana da Paris 2024 a Brisbane 2032 step Los Angeles 2028". In quella sede, in virtù della contemporanea presenza di numerosi ricercatori e studiosi, italiani e stranieri, di fama internazionale, si è cercato di focalizzare in modo nuovo il necessario rapporto tra scienza e prassi, nella comune consapevolezza che l'allenamento non è una scienza esatta ma un'attività empiri-

ca, che il tecnico deve sapere personalizzare, con responsabilità e competenza, utilizzando la "cassetta degli attrezzi" che questi emeriti studiosi alimentano ed arricchiscono quotidianamente con il loro autorevole lavoro.

Al di là di improduttive graduatorie su chi si sia aggiudicato il primo premio del "Grand prix meritocratico", sicuramente il merito principale delle recenti prestazioni degli atleti italiani va ascritto ai sacrifici che ciascuno di essi ha compiuto e al valore dei tecnici e degli staff personali che li hanno quotidianamente seguiti. Tuttavia è innegabile che un efficace assetto organizzativo della Federazione, una chiara visione strategica ed un convinto lavoro sul piano della formazione e dell'aggiornamento hanno creato un substrato culturale favorevole a rendere effervescente un ambiente tecnico di tanti allenatori, giovani e non, coadiuvati dalle crescenti opportunità offerte dall'utilizzo delle nuove tecnologie. Le riviste federali Atletica e AtleticaStudi hanno modestamente fatto la loro parte, quantomeno sul piano dell'innalzamento dell'asticella della qualità, che deve caratterizzare la professionalità degli operatori e favorire la promozione di un'autentica cultura sportiva nel paese.

A tal fine è doveroso ricordare il drammatico periodo del Covid 2019 che portò tanti lutti e dolori nelle famiglie italiane, costringendo, per un considerevole lasso di tempo, tanti cittadini, impreparati culturalmente, psicologicamente e fisicamente, ad un lungo periodo di isolamento domiciliare, con poche eccezioni, una delle quali fu quella di potersi recare nei dintorni delle abitazioni per una sorta di attività fisica e motoria, riassumibile nelle modalità del camminare, correre e muoversi attivamente. Contrariamente, palestre, piscine e luoghi al chiuso in genere, furono assolutamente interdetti alla frequentazione e vietati al pubblico per qualsiasi tipo di attività. La nostra Federazione ebbe la lungimiranza di trasformare una concreta minaccia in opportunità, intraprendendo la strada della digitalizzazione, concretizzatasi nella scoperta operativa della nuova dimensione comunicativa dell'utilizzo di internet per condividere on line conoscenze, esperienze e prassi dell'allenamento. Ciò consentì di realizzare una serie di bellissimi seminari in webinar (noti come "Atletica Viva") rivolti ai tecnici di atletica leggera, e non solo, dei quali purtroppo non c'è più traccia storico-documentale. Anche questa prestigiosa iniziativa ha contribuito a scrivere una nuova pagina su "chi è" il tecnico italiano di atletica leggera (maestro di atletica leggera) di oggi, il quale come si è visto fa sempre più scuola, quantomeno a livello europeo, ancorato, pur tra mille difficoltà, al "paese reale" e ad un associazionismo atletico



etico, multietnico e inclusivo. Tuttavia, per quanto riguarda la formazione e l'aggiornamento, si avverte da più parti la preoccupante mancanza di momenti di confronto in presenza, unico strumento idoneo per sviluppare relazioni positive e per garantire non solo un efficace trasferimento e una condivisione immediata di conoscenze ed esperienze tra i partecipanti, ma anche la crescita di relazioni interpersonali sul piano culturale.

Anche in questo caso i dati derivanti dalle varie indagini dell'ISTAT testimoniano che l'ingresso nel digitale avviene sempre più precocemente: il 90,5 per cento dei nati tra il 2000 e il 2004 era già connesso tra i 15 e i 19 anni, contro solo il 39,1 per cento dei nati tra il 1985 e il 1990. Indubbiamente ciò ha notevolmente favorito l'aggiornamento costante sul piano teorico e il lavoro pratico sul campo dei tecnici, supportati da un'ampia gamma di nuovi dispositivi elettronici (hardware e software) per pianificare e controllare in tempo reale le sedute di allenamento e le prestazioni durante le gare. La preziosa disponibilità di queste strumentazioni non deve indurre il tecnico ad abbandonare il classico strumento del diario dell'allenamento, utilissimo nel breve periodo per tarare nel migliore dei modi il lavoro da fare, indispensabile nel medio-lungo periodo per conservare una fondamentale memoria storica, patrimonio inestimabile per il progresso tecnico-metodologico. L'articolo sullo scudo

aerodinamico, arricchito da alcune pagine del diario di lavoro di Sandro Donati, risalente al lontano 1987, dimostra inequivocabilmente la professionalità di Sandro ed il valore di questo strumento di lavoro. Sul numero 1-2025 AtleticaStudi ha ospitato un interessante articolo di Gianni Becatti (atleta master e ingegnere informatico) nel quale è stato presentato un software applicativo di sua ideazione, scaricabile gratuitamente. Questo software, in corso di aggiornamento, in virtù della molteplicità di indicazioni e suggerimenti che tanti tecnici di diverse discipline gli suggeriscono, consente di gestire digitalmente qualsiasi informazione riguardante le sedute di allenamento e le gare di uno o più atleti. In sostanza un diario personalizzato digitale di ciascun atleta, che offre al tecnico la possibilità di conservare la memoria storica e di interagire contemporaneamente con più atleti.

La straordinaria coesione della squadra italiana nel suo complesso, trascinata da un nucleo di atleti ed atlete "top esperti" di trent'anni e oltre (27,14% dei maschi e 31,67% delle femmine), sorretto da uno "zoccolo duro" di atleti "top emergenti" dai 26 ai 29 anni di età (32,86% nei maschi e 35,00% nelle femmine) ed entusiasmato dalle "nuovelle vague" della cosiddetta "generazione Z" dai 20 ai 25 anni di età (40,00% nei maschi e 33,33% nelle femmine) ha evidenziato come uno sport individuale come l'atletica riesca ad amal-

gamarsi in unico “sistema top” (perfettamente coincidente con la nuova visione sistemica che si sta affermato, con un certo ritardo, anche nel mondo sportivo) di invidiabile efficacia, e tema da studiare anche per i tradizionali sport di squadra. La compattezza e la qualità di cui hanno dato prova gli atleti e le atlete under 18 e under 20 in occasione dei sopra citati Campionati europei e mondiali rafforzano e amplificano la visione di una rappresentanza “top” dell’atletica italiana proiettata verso i prestigiosi traguardi dei Campionati mondiali di Pechino 2027, dei Giochi olimpici di Los Angeles 2028, dei Campionati mondiali di Nairobi 2029, dei Campionati mondiali di Monaco 2031, in occasione dei quali tutti gli atleti protagonisti di Birmingham 2026 potranno ancora “dire al loro”, unitamente ai nuovi campioni che nel frattempo certamente “conquisteranno la scena”. Non è fuori luogo pensare che i Giochi olimpici di Brisbane 2032 e gli appuntamenti internazionali di campionato che li precederanno saranno caratterizzati da una significativa rappresentanza dei campioni attuali, per alcuni dei quali non è utopistico individuare una sorta di nuovo ruolo di “capitano non giocatore”. Senz’ombra di dubbio la prestazione delle squadre italiane in occasione dei sopracitati campionati è stata una dimostrazione concreta della autopoiesi sociale,

quale conseguenza positiva dell’autopoiesi individuale che caratterizza l’evoluzione di ogni sistema biologico, concetti perfettamente esposti nelle note teorie di Humberto Maturana e Francisco J. Varela (Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente – Marsilio editore, 1985). Purtroppo queste teorie, assai studiate ed elaborate da numerosi comparti del mondo accademico (biologico, sociologico, psicologico, economico), sono stranamente ignorate dal mondo sportivo, ancora culturalmente arroccato su una visione riduzionista del gesto sportivo. Una positiva autopoiesi sociale non si è concretizzata soltanto tra tutti gli atleti in campo, indipendentemente dalla nazionalità di appartenenza, ma complessivamente con il pubblico, creando un corpo unico che ha vissuto quel clima e partecipato emotivamente all’evento sportivo. Un bellissimo articolo di Antonio Dotti, che pubblichiamo su questo numero di AtleticaStudi, propone un cambio di paradigma rispetto ai tradizionali modelli meccanicistici collocando la teoria dell’allenamento nel più complesso mondo dei sistemi dinamici applicati allo sport.

Come noto, in questi ultimi decenni l’aspettativa di vita è notevolmente cresciuta e di conseguenza anche la durata della carriera sportiva si è amplificata, innalzando l’asticella dell’età del raggiun-

gimento delle massime performance individuali (tecniche e agonistiche), oppure, in ogni caso, consentendo l’avvicinamento alle prestazioni top di atleti ultra trentenni, ancora in grado di essere artefici di rilevanti successi sportivi. I recenti Campionati europei di Birmingham ne hanno fornito indiscutibili esempi. Come non ricordare le recenti e straordinarie prestazioni di Gianmarco Tamberi, l’ultima delle quali all’Ultimate di Budapest. Naturalmente esistono “paletti invalicabili” a conferma che, con l’avanzare dell’età, nell’organismo umano avvengono innumerevoli modificazioni morfologiche e funzionali, causa accladata di un inevitabile declino delle qualità fisiche. Tuttavia, come è stato ampiamente documentato nel recente volume “Manuale di allenamento e dell’attività fisica nelle fasce di età master” di Fabrizio Anselmo e Antonio Dotti, recentemente pubblicato come supplemento ad AtleticaStudi 2026, l’inesorabile decadimento delle prestazioni può essere rallentato con adeguati interventi su vari piani: allenamento, stili di vita, alimentazione, psicologico-motivazionale, sociologico, ecc.

Dobbiamo analizzare la carriera dei nostri campioni anche sotto questo aspetto, sorretti dalla consapevolezza che gli atleti top hanno saputo essere tali anche come modelli di comportamento e di umanità, propri dell’atletica leggera, e motivati dalla certezza che essi costituiscono un patrimonio dell’atletica italiana e più in generale dello sport italiano. È necessario salvaguardare e valorizzare il loro protagonismo etico-sociale anche ritagliando per loro adeguati spazi tecnico-manageriali, al fine di proiettare il loro entusiasmo e la loro esperienza verso la promozione del sistema dei valori, dei quali il movimento sportivo e la società italiana hanno urgente bisogno. I numerosissimi esempi di inclusione sociale, di integrazione e di abbattimento di qualsiasi barriera etnica, politica, sociale e di genere di cui l’atletica fornisce costantemente innumerevoli esempi a livello internazionale, costituiscono un baluardo di civiltà in un contesto mondiale oggettivamente difficile, contrassegnato da preoccupanti contraddizioni: enorme sviluppo tecnologico e stasi (se non declino) etico-sociale.

Il valore dei nostri atleti, a tutti i livelli, ha le radici profonde nel “Sistema di valori” del quale sono depositarie, certamente dal dopoguerra in poi, le associazioni sportive di atletica leggera, legittimamente definibili come “Nuclei primari territoriali di aggregazione e di promozione umana”, incentrate su un diffuso volontariato sportivo, per il quale si avverte l’inderogabile necessità di definire il modello di competenza richiesto, presupposto indispensabile per valorizzarne il ruolo. A coloro che avessero dei dubbi sul concetto di

“competenza del volontario sportivo” potrebbe tornare utile la lettura di “La competenza del volontario sportivo”, un bellissimo saggio scritto dal dott. Maurizio Cevoli, realizzato dalla Scuola Regionale dello Sport del Comitato Regionale del CONI dell’Emilia Romagna nell’ormai lontano 2006. Parlare di competenza dei volontari a vent’anni di distanza dalla pubblicazione di questo libro significa certificare la validità dei concetti espressi e comprenderne a fondo il significato che l’autore magistralmente attribuisce loro: *“la competenza non è intesa in queste pagine come una mera sommatoria di conoscenze tecniche, ma come un insieme complesso di conoscenze, visioni strategiche, ruoli sociali, riferimenti etici, etc. A queste condizioni la competenza diventa un elemento costitutivo dell’identità stessa dell’operatore di sport, il quale per sapere “chi è” e soprattutto “cosa sa” deve prima sapere “cosa fa” e perché lo sta facendo. In questo senso parlare di competenza equivale ad affrontare il tema della motivazione dei volontari e della loro presenza nel mondo dello sport. Il volontario sportivo è una figura complessa e tale deve essere anche l’immagine che dobbiamo avere della sua competenza”*.

In un contesto socio-economico che nell’arco di tempo di vent’anni è profondamente cambiato, contrassegnato da innumerevoli interventi legislativi (basti pensare all’introduzione del lavoro sportivo) e da affascinanti opportunità offerte dalle nuove tecnologie e dall’intelligenza artificiale, affermare il concetto di “competenza dei volontari sportivi” non è fuori luogo, ma significa studiarne a fondo le dinamiche, consapevoli che la sfida della competitività si vince elaborando modelli evolutivi di associazionismo sportivo che consentano di coniugare efficacemente il ruolo guida di dirigenti sportivi volontari e competenti, capaci di analizzare e comprendere il contesto strategico ed organizzativo in cui opera l’associazione sportiva, con l’apporto di professionisti responsabilmente motivati ai quali delegare alcuni ruoli chiave tecnico-amministrativi e gestionali.

Le Associazioni sportive di atletica leggera, in quanto depositarie di indiscutibili valori etici e contenuti formativi trasversali a tutto il mondo dello sport (organizzato e non), sapranno raccogliere la sfida sociale di impiegare il valore degli atleti ed i valori complessivi del “Sistema Atletica” per contribuire concretamente all’affermazione di una rinnovata umanità, magnificamente declinata nella Lettera Enciclica “Magnifica Humanitas” di Papa Leone XIV sulla custodia della persona umana nel tempo dell’intelligenza artificiale?







I 100 METRI IN ATLETICA: INTEGRAZIONE TRA SCIENZA E BUONA PRATICA

Breve revisione della biomeccanica e del training dello sprint in atletica leggera

Finale 100 metri maschile
Campionati italiani assoluti, Firenze 2026

Pochi gesti sportivi hanno affascinato la scienza quanto i dieci secondi – o poco meno – che separano il colpo dello starter dal filo del traguardo nei 100 metri. Una gara che sembra elementare nella sua semplicità visiva e che è invece, sotto il profilo biomeccanico e fisiologico, una delle più complesse che l'essere umano possa eseguire: un sistema altamente poligenetico, come lo definisce la letteratura, in cui genetica, tecnica, capacità condizionali e adattamenti neurali si intrecciano in modo inscindibile. Il lavoro che il lettore si appresta a leggere, firmato da Simone Ciacci, si muove con chiarezza in questo territorio affascinante. Non con la pretesa di esaurire una letteratura vastissima, ma con uno scopo preciso e dichiarato: estrarre dalla ricerca scientifica internazionale le informazioni più direttamente spendibili da tecnici e atleti nell'ambiente dell'allenamento quotidiano. Una revisione che attraversa si-

stematicamente le cinque fasi canoniche della gara – dalla partenza dai blocchi all'inevitabile decelerazione finale – restituendo per ciascuna i parametri biomeccanici determinanti, le differenze tra atleti d'élite e sub-élite, tra uomini e donne, e le indicazioni pratiche per l'allenamento.

Il merito principale di questo contributo è la capacità di costruire un ponte tra due mondi che troppo spesso restano distanti: quello del laboratorio, dove le variabili vengono isolate e misurate in condizioni controllate, e quello della pista, dove il tecnico è chiamato a leggere il sistema-atleta nella sua interezza, in tempo reale, senza la rete di sicurezza della statistica. Un manuale d'istruzione ragionato, basato sulle evidenze, che pone al centro la persona che corre e chi la allena.

Federico Pasquali

Simone Ciacci

Professore Associato all'Università di Bologna, dopo il diploma ISEF e la laurea in Scienze Motorie, ha svolto il Dottorato di Ricerca sul Modello di prestazione e allenamento speciale nell'atletica leggera. Svolge le sue attività di didattica e ricerca nell'ambito dello studio della performance sportiva, in particolare dello sprint e delle discipline dell'atletica leggera. Dal 2022 è Delegato del Rettore all'interno del Consiglio Direttivo del C.U.S. Bologna e Coordinatore dei corsi di studio di Scienze delle Attività Motorie e

Sportive delle sedi di Bologna e Rimini. In ambito professionale è stato Tecnico di atletica leggera di atleti classificati ai Campionati Europei e Mondiali, preparatore atletico professionistico nella Pallacanestro e componente dello staff dei preparatori atletici degli arbitri FIGC-CAN (serie A, Arbitri e Assistenti nazionali ed internazionali). Dal 2008 è membro dello Staff Tecnico della Scuola Regionale dello Sport del C.O.N.I. Emilia. Tuttora collabora con la Federazione Italiana di Atletica Leggera nello studio della prestazione nelle specialità di sprint.

INTRODUZIONE

Per l'immaginario collettivo, la gara più iconica del programma di atletica leggera è la prova dei 100m. L'identificazione dell'atleta più veloce tra i cosiddetti "uomini jet" costituisce da sempre uno dei momenti più attesi dei campionati internazionali e delle Olimpiadi. Anche nell'antica Grecia il vincitore della prova dello "stadion" (la corsa veloce, che in verità si avvicinava come misura più ai 200m che ai 100m) veniva idolatrato dalla folla quasi fosse un semidio e la stessa edizione dell'Olimpiade disputata prendeva il nome del vincitore della gara di velocità. In virtù di questo fascino mai corrotto dal tempo, i 100m sono stati da sempre oggetto di numerosi studi che cercassero di identificare i parametri più importanti per la prestazione e le modalità per migliorarli. Sono centinaia infatti le ricerche scientifiche che hanno approfondito tutti gli aspetti relativi alla gara regina dell'atletica leggera: dalla biomeccanica delle diverse fasi dei 100m agli aspetti dinamici legati all'appoggio, dall'attivazione EMG agli aspetti energetici, dallo studio della meccanica muscolare agli adattamenti neurali, senza considerare i confronti tra atleti di sesso o

livello diverso per tutte le variabili determinanti la prestazione. Alla luce di queste considerazioni, lo scopo di questa breve revisione di una letteratura ricchissima, è quello di cercare di raccogliere le informazioni maggiormente utilizzabili in campo dai tecnici e dagli atleti, cercando di fornire degli strumenti diretti e applicabili in sede di allenamento. Sarebbe presuntuoso pensare di fornire un quadro esaustivo e articolato di quanto pubblicato a livello internazionale, però questa panoramica, seppure limitata, vuole fornire una specie di manuale pratico nobilitato da quella scientificità che a volte rimane un po' distante dalle reali necessità che si sviluppano nella quotidianità dell'allenamento.

LA BIOMECCANICA DELLO SPRINT

La corsa dell'uomo risulta tutto sommato un gesto semplice e naturale: al contrario, lo sprint in atletica, soprattutto nelle sue espressioni più nobili e performanti degli atleti di alto livello, rappresenta un complesso insieme di predisposizione genetica, abilità tecniche, capacità condizionali, caratteristiche fisiologiche ed antropometriche e predisposizione all'allenamento; questa articolata complessità può

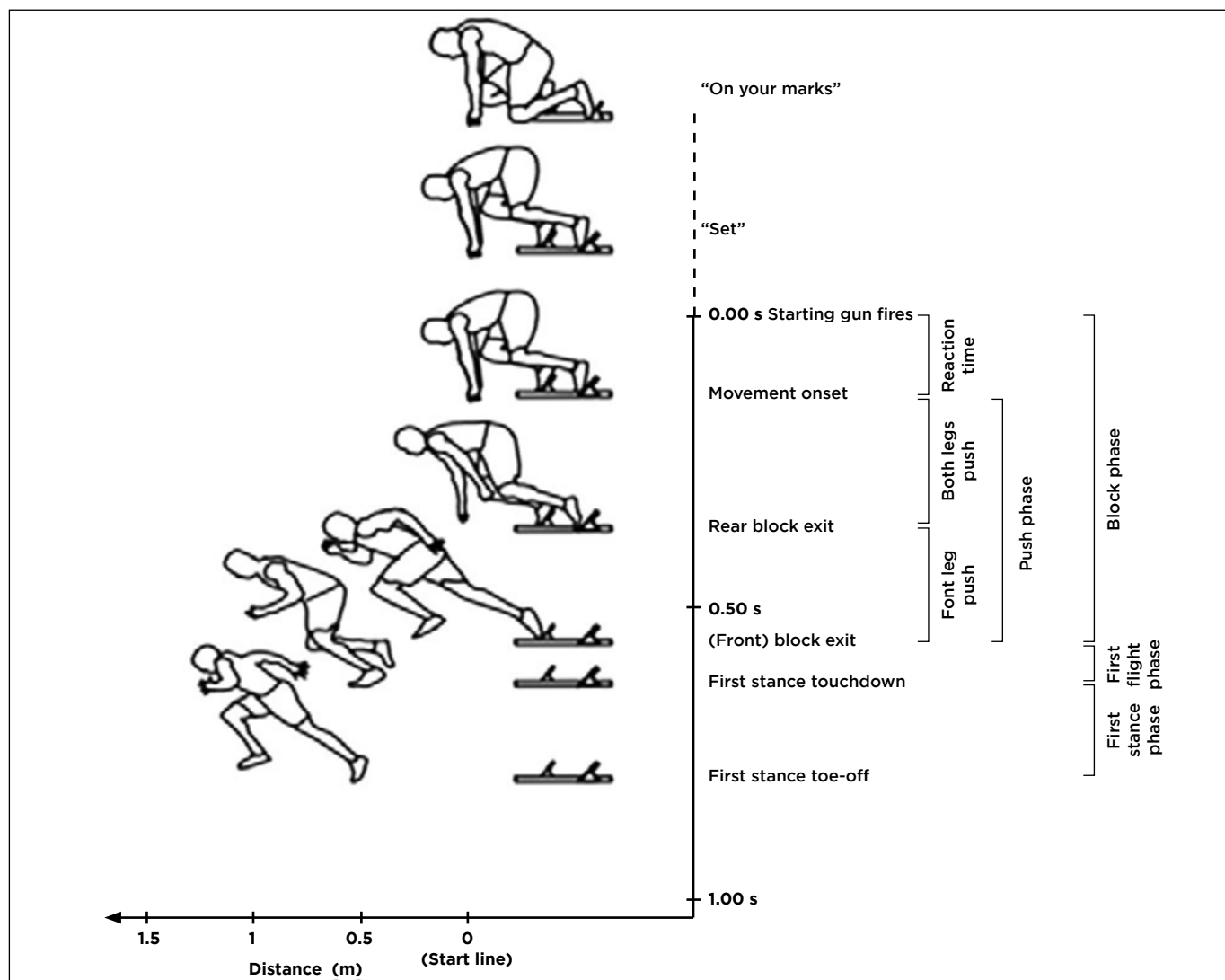


Figura 1. Fasi della partenza

essere sintetizzata nella definizione della performance come "poligenetica" (Haugen et al., 2019). Proprio grazie alla sua complessità e al determinante apporto alla performance finale di tutte le componenti che entrano in gioco nello sprint, la gara dei 100m è stata divisa dalla letteratura in diverse fasi.

1 - Sprint start: suddivisa a sua volta in block setting (posizionamento dei blocchi), set position (posizione al "pronti"), push phase (fino allo stacco dal blocco anteriore), first flight phase (fase di volo fino al 1° appoggio) e first stance phase (fase di contatto del 1° appoggio). Le diverse fasi sono raffigurate in figura 1 (Bezodis et al., 2019).

2 - Initial acceleration (IA) (Delecluse et al., 1995) o prima accelerazione: diversi sono gli studi che hanno proposto modalità diverse di valutazione della lunghezza di questa fase. Nagahara et al. (2014) hanno stabilito come termine della IA il 4° passo, definito in base ai cambiamenti dell'altezza

del centro di massa passo dopo passo, sostanzialmente in linea con Von Lieres und Wilkau et al. (2020, termine al 3° passo) che riporta anche lo studio di Crick (2014) che invece definisce il termine di questa fase intorno al 5°-7° passo, utilizzando come riferimento l'appoggio in cui la gamba propriamente detta prende contatto con il terreno perpendicolarmente a questo. Al termine della prima accelerazione l'atleta raggiunge dal 65 al 77% della velocità massima (Von Lieres und Wilkau et al., 2020).

3 - Transition phase (TP) (Delecluse et al., 1995) o seconda accelerazione: secondo gli stessi autori questa fase terminerebbe verso il 13° passo (Von Lieres und Wilkau et al., 2020), il 14° (Nagahara et al., 2014) o il 17° (Crick, 2014). In questa fase si raggiunge fino al 92-98% della velocità massima (Von Lieres und Wilkau et al., 2020).

4 - Maximal velocity phase (MVP): fase che terminerebbe intorno al 25° passo (Von Lieres und

Wilkau et al., 2020), durante la quale si sviluppa il picco di velocità massima.

5 - Deceleration phase (DP): fase di mantenimento della massima velocità e di conseguente decremento della stessa dovuto a fattori fisiologici e neurali.

Gli studiosi, per ogni fase descritta hanno condotto negli anni approfonditi studi biomeccanici che ne identificassero e dimensionassero le variabili determinanti.

1 - LA PARTENZA DAI BLOCCHI (SPRINT START)

Block setting

La corretta posizione dei blocchi ai fini della prestazione è un argomento ancora ampiamente dibattuto in letteratura (Bezodis et al., 2019), ma la maggioranza degli autori definisce una distanza media tra i blocchi compresa tra 30 e 50cm (Harland & Steele, 1997), la più efficace per la prestazione fino ai 60m (Chen et al., 2016). Questo posizionamento produce da una parte un equilibrato compromesso tra velocità di uscita dai blocchi e spinta orizzontale, dall'altra permette la corretta impostazione dell'inclinazione del tronco (45°) in preparazione della successiva fase di accelerazione iniziale (Haff, 2024). Cavedon et al. (2023) hanno definito inoltre che la distanza tra la linea di partenza e il blocco anteriore più efficace ai fini della prestazione sembra essere una misura intorno al 50% della lunghezza della gamba dell'atleta. Questo adattamento della posizione dei blocchi consentirebbe di esercitare sulla gamba posteriore una maggiore forza e un impulso più elevato, nonché di ottenere complessivamente una maggiore potenza esterna orizzontale media normalizzata, denominata NAHEP (Bezodis et al., 2010), uno degli indicatori maggiormente utilizzati per l'efficienza della partenza dai blocchi (Valamatos et al., 2022). Anche riguardo all'inclinazione dei blocchi rispetto al terreno, i ricercatori hanno suggerito le misure che comporterebbero maggiori benefici per la performance, ossia un angolo di inclinazione rispetto alla pista di 30° per il blocco anteriore e di 40° per il posteriore (Mero et al., 2006); con questo settaggio viene preparata una maggiore dorsiflessione della caviglia con conseguente allungamento dei flessori plantari e relativa più elevata restituzione di potenza orizzontale nella successiva uscita dai blocchi. E' doveroso sottolineare che come "performance" della partenza dai blocchi, gli studiosi intendono per lo più le prestazioni calcolate sui primissimi passi.

Set position

Nella posizione del "pronti" gli sprinter più qualificati, rispetto agli atleti non élite, presentano il cen-

tro di massa (COM) più vicino alla linea di partenza (17 cm e 25 cm rispettivamente in donne e uomini - Moura et al., 2024). Gli atleti di alto livello innalzano il COM in modo da creare sul "pronti" una posizione con angoli di flessione dell'anca di circa 40° e 80° rispettivamente per la gamba anteriore e posteriore (Bezodis et al., 2019) e di flessione del ginocchio di circa 90° e 116° rispettivamente per la gamba anteriore e posteriore (Ciacci et al., 2017). E' corretto evidenziare che alcuni studiosi propongono altri suggerimenti per questi angoli; in particolare Slawinski et al. (2010) riportano valori angolari al ginocchio più estesi (110° e 136° rispettivamente per ginocchio anteriore e posteriore), con lo scopo di ricercare una maggiore flessione delle anche e un ulteriore innalzamento del baricentro, mentre altri ricercatori riportano che angoli molto più flessi al ginocchio (90° per il ginocchio posteriore, Milanesse et al., 2014) risultano vantaggiosi per la velocità orizzontale in uscita dai blocchi e per i primi due passi, soprattutto per atleti con determinate e specifiche caratteristiche di esplosività.

Push phase

Questa fase, che inizia con il primo movimento dell'atleta dopo lo sparo e termina con lo stacco del piede dal blocco anteriore, identifica la spinta dai blocchi che è caratterizzata da parametri specifici diversi tra le due gambe. L'arto inferiore del blocco posteriore, infatti, è responsabile prevalentemente della spinta verticale: gli sprinter più qualificati presentano maggiore forza media e più elevate velocità angolari in estensione dell'arto inferiore rispetto agli atleti più lenti (Bezodis et al., 2019 - Valamatos et al., 2022). La gamba anteriore, invece, è responsabile del 66-76% della spinta orizzontale (Slawinski et al., 2010) e negli atleti più veloci si manifesta un maggiore Rate Force Development (RFD), indice di un più rapido e potente reclutamento neuromuscolare. Lo stacco dai blocchi produce più dell'85% della spinta verticale, che permette di mantenere una giusta inclinazione del corpo in uscita dalla partenza e nell'IA, mentre la forza orizzontale prodotta spiega fino all'86% della performance dai blocchi (Brasil et al., 2018). In questa fase, il maggiore contributo alla prestazione, intesa come potenza complessiva prodotta (Bezodis et al., 2019), è dato dall'estensione delle anche e dalle loro velocità angolari (Moura et al., 2024). Pertanto diventa importante in fase di preparazione potenziare soprattutto il grande gluteo e gli ischiocrurali, i muscoli maggiormente coinvolti nell'estensione delle anche. In base alla letteratura, l'indicazione di massima da fornire allo sprinter in questa fase è quella di cercare di aumentare i tempi di spinta riducendo quelli di volo, mantenendo complessivamente tempi rapidi di uscita dai blocchi, senza trascurare anche l'uso

delle braccia, importante nell'equilibrare lo sbilanciamento del tronco durante la push phase (Valamatos et al., 2022) e nel produrre parte dell'energia cinetica totale (22% - Slawinski et al., 2010).

First flight phase

In uscita dai blocchi, dopo la fase di volo, la distanza medio-laterale del piede al contatto a terra rispetto alla direzione di corsa, identificata al centro della corsia, è di circa 0.3m (Nagahara et al., 2017). Restringerla potrebbe ridurre l'impulso orizzontale durante il primo appoggio (Sandmas et al., 2018). L'alto livello presenta tempi di volo più brevi e di appoggio più lunghi: per questi ultimi la media in Diamond League è di 0.210s e 0.225s, rispettivamente in uomini e donne, contro 0.176s e 0.166s per atleti e atlete di più basso livello. Di conseguenza, gli atleti di più elevata qualificazione, rispetto ai sub-élite, mostrano anche un primo passo (dal blocco anteriore al primo appoggio) più lungo (1.14m vs 0.97m e 1.07m vs 0.95m rispettivamente per gli atleti maschi e femmine - Ciacci et al., 2017). Le differenze riscontrate in questi parametri spiegano il perché gli sprinter più qualificati riescano in questa fase e nella successiva accelerazione a produrre maggiore potenza orizzontale. Negli atleti World Class (WC), durante questa fase, il COM è proiettato più avanti rispetto al piede e passa dietro a questo dal terzo appoggio in poi (Von Lieres und Wilkau et al., 2020).

First stance

La variazione di velocità durante la first stance è la maggiore di tutte le successive (Colyer et al., 2018). In questo primo appoggio, la fase di frenata (BP-Braking phase) è ridotta ad una percentuale complessiva del tempo di contatto pari al 8-13% (Bezodis et al., 2019) e risultano determinanti la stiffness della gamba, per la capacità di limitare la dorsiflessione della caviglia e ottimizzare la fase di spinta (PP-Propulsion Phase), e gli estensori dell'anca, che garantiscono le massime velocità angolari di estensione delle anche, fortemente correlate, come visto per la push phase, alla potenza orizzontale prodotta.

Negli atleti più veloci anche il secondo passo risulta più lungo che negli atleti sub-élite (14 cm per ogni secondo in meno di personal best nei 100m) e la velocità orizzontale del COM risulta più elevata (del 5.8%), mentre quella verticale più contenuta (Valamatos et al., 2022). Durante il secondo appoggio la performance è legata prevalentemente a due parametri: la massima potenza espressa nella corretta direzione-inclinazione del vettore velocità (Valamatos et al., 2022) e la riduzione della velocità verticale allo stacco dell'appoggio (Graham-Smith et al., 2020). L'articolazione della caviglia e del ginocchio

(grazie all'azione dei muscoli anteriori della coscia) sono i maggiori propulsori in questa fase: in particolare la stiffness (a carico prevalentemente del soleo), prepara la dorsiflessione della caviglia prima del contatto del piede a terra e la mantiene inalterata o poco modificata durante l'intero appoggio, favorendo in tal modo un tempo di contatto più rapido e potente.

Punti chiave sulla partenza dai blocchi

- Per il posizionamento dei blocchi sembra preferibile una distanza media tra questi (tra 30-50cm) che risulta un giusto compromesso tra tempo di spinta (0,28s) e performance sui 10m e permette anche l'ottimale inclinazione del tronco (45°). La distanza tra linea di partenza e blocco anteriore va normalizzata alla lunghezza della gamba (50-60% di questa). Gli sprinter più veloci presentano il COM più vicino alla linea di partenza e più alto sulla posizione di "pronti".
- L'inclinazione del blocco anteriore va collocato a circa 30° rispetto alla pista e il posteriore a 40°.
- L'anca anteriore deve avere un angolo di flessione intorno a 40° e quella posteriore intorno a 80°: il ginocchio anteriore deve essere flesso a circa 90° e il posteriore intorno a 136°.
- Nella fase di spinta dai blocchi, il tempo di reazione non è correlato con la performance. E' necessario ridurre il tempo di volo e aumentare quelli di spinta, mantenendo però tempi di contatto molto rapidi. In fase di uscita dai blocchi è importante la rapida estensione delle anche. Di conseguenza, per questa specifica fase, risulta utile il potenziamento del grande gluteo, degli ischiocrurali e del gastrocnemio (soprattutto soleo), più che dei muscoli anteriori della coscia, il cui ruolo diventa più importante a partire dal secondo passo. Un ruolo significativo è ricoperto anche dall'oscillazione delle braccia.
- Nei primi due appoggi dopo la partenza, il soleo risulta fondamentale nella produzione di accelerazione orizzontale. La stiffness, infatti, riduce la dorsiflessione della caviglia e anticipa la flessione plantare prima dell'appoggio per una maggiore efficienza di questo. Gli sprinter più veloci presentano una maggiore lunghezza dei passi (14cm per ogni secondo in meno del personal best sui 100m), minori velocità verticali e maggiori velocità orizzontali (del 5,8%) al COM, tempi di volo più brevi e di appoggio più lunghi.

2 - INITIAL ACCELERATION

L'accelerazione è condizionata dalla capacità di esprimere elevata propulsione orizzontale in brevi tempi di contatto. In questa fase, rispetto alla suc-



Figura 2. Power line (adattata da Haff, 2024)

cessiva fase di transizione, si hanno le maggiori variazioni nei tempi di appoggio e di volo e nelle distanze percorse dal COM durante questi. Gli stessi parametri presentano variazioni molto più contenute tra TP e MVP. In questa prima accelerazione il corpo è inclinato in avanti a circa 45° rispetto alla pista e presenta la cosiddetta Power line (Haff, 2024), cioè l'allineamento perfetto tra arto inferiore disteso, tronco e testa, con la coscia dell'arto oscillante perpendicolare al tronco e la gamba propriamente detta parallela a questo (figura 2). L'atleta di élite, rispetto all'atleta non di élite, mostra in questi primi passi di accelerazione una maggiore capacità di spinta ed evidenza di conseguenza anche una maggiore distanza tra COM e piede al momento dello stacco dal terreno. Nella fase iniziale di accelerazione l'incremento della velocità è a carico prevalentemente della frequenza dei passi (SF), maggiore negli atleti élite che in quelli non élite, e già al primo appoggio viene raggiunto il 90-95% della SF massima (Nagahara et al., 2014 - Debaere et al., 2013). In questi primi 4-5 appoggi i picchi di forza verticale sono associati negativamente alla prestazione, a differenza di quanto accade invece nella MVP, come si vedrà successivamente. Dopo circa un secondo di sprint si sviluppano i massimi picchi di potenza orizzontale: i maggiori valori riscontrati nell'uomo e nella donna sono rispettivamente di 36.1 e 29.3 W.kg⁻¹, rilevati in Maurice Greene e Shelly-Ann Fraser Price (Haugen et al., 2018).

3 - TRANSITION PHASE

La TP (o seconda accelerazione) si sviluppa dal 5° al 13-15° step circa e vede prevalere la lunghezza dei passi (SL) come parametro determinante della

performance (von Lieres und Wilkau et al., 2020). L'efficienza dell'ultima fase di accelerazione e di massima velocità sembra dipendere da un rapporto individuale dell'atleta nei confronti della SF e SL e prevede un allenamento personalizzato più mirato verso gli aspetti neuronali per la prima e muscolari per la seconda. In questa fase aumenta la SL e diminuiscono i tempi di contatto: le variazioni di passo in passo in questa fase continueranno, seppure in misura minima, anche nella fase successiva di massima velocità. E' interessante notare che l'accelerazione media degli sprinter d'élite, sia maschi che femmine, è praticamente la stessa (1.83 ± 0.24 m*s⁻¹ e 1.82 ± 0.22 m*s⁻¹ rispettivamente per maschi e femmine), ma la differenza risiede nella durata dell'accelerazione, più lunga nei maschi che nelle femmine (6.44 ± 0.86 s vs 5.70 ± 0.69 s) (Haff, 2024). Questa differenza si rifletterà nella fase di decelerazione in cui, come vedremo, le femmine tendono a presentare prima dei maschi i segnali di affaticamento neurale con conseguente allungamento della decelerazione stessa.

Punti chiave sull'accelerazione (IA e TP)

- La capacità di produrre maggiore propulsione orizzontale in CT più brevi, limitando la velocità verticale all'appoggio è prerogativa di sprinter di alto livello. Il corpo deve essere inclinato di 45° rispetto alla pista e l'atleta deve mantenere la Power line (allineamento piede-anche-spalle-testa). Le variazioni delle distanze percorse dal COM e dei CT nella fase di accelerazione iniziale sono le più evidenti di tutta la performance.
- La SF ha maggiore impatto sulla prima accelerazione, la SL sulla transition phase.
- Gli atleti che fanno affidamento sulla SF devono allenare maggiormente l'aspetto nervoso, quelli che si affidano alla SL l'aspetto muscolare.

4 - MAXIMAL VELOCITY PHASE

Questa fase si sviluppa a partire circa dal 17° passo (momento in cui lo sprinter ha già raggiunto dal 92 al 98% della propria velocità massima) fino al 25° passo (intorno generalmente ai 50-60m, che diventano 65-70m nei WC) e vede il raggiungimento della massima velocità di corsa. Il tempo di contatto si riduce a valori compresi tra 0.075-0.095s (Coh, 2019). Dal punto di vista cinematico, in questa fase il tronco è più verticale e il ginocchio dell'arto oscillante si alza maggiormente rispetto alle fasi precedenti. In questo modo l'atleta ha più spazio per accelerare maggiormente il piede verso il basso e indietro durante la fase di swing, producendo una maggiore spinta verticale nella prima fase dell'appoggio e una conseguente riduzione della braking

phase (Hunter et al., 2005). Infatti, enfatizzare la componente verticale delle GRF, comporta una riduzione della componente orizzontale di verso opposto alla direzione di corsa, che si presenta naturalmente ad ogni contatto del piede a terra quando il COM si trova dietro al punto di appoggio. L'esecuzione di una tecnica scorretta porterebbe quindi, con lo sviluppo della velocità, ad aumentare questa componente orizzontale opposta alla direzione di corsa, aumentando così la fase di frenata dell'appoggio a scapito della sua fase propulsiva. Quindi mentre in accelerazione, come visto, i picchi di GRF verticale sono controproducenti, vista la necessità di produrre potenza orizzontale in uscita dai blocchi, nella MVP, invece, sono positivamente correlati alla prestazione. L'equilibrio tra alti valori di GRF verticali in BP e orizzontali in PP è associato quindi positivamente allo sviluppo della massima velocità (Moura et al., 2024).

Considerando che il rapporto tra fase di frenata (BP) e propulsione (PP) si aggira rispettivamente intorno al 40-60%, risultano particolarmente vantaggiosi i parametri rilevati in Usain Bolt durante il suo record del mondo sui 100m (37.3% e 62.7% rispettivamente per BP e PP).

Se in accelerazione sembra che sia la SF il parametro determinante in misura maggiore la prestazione,

nella MVP è ancora molto dibattuto quale sia la variabile tra SF e SL che riveste un ruolo più incisivo nello sviluppo della massima velocità. La capacità di produrre rapidamente alti livelli di forza durante l'appoggio (RFD) è presupposto fondamentale per l'incremento della SF, mentre la quantità complessiva di forza sviluppata durante il CT determina l'incremento della SL. L'equilibrio tra i due parametri sembra essere la soluzione più idonea trovata dagli sprinter WC (Moura et al., 2024), ma è altresì vero che tra sprinter di atletica e atleti di altri sport di velocità, la differenza significativa è stata evidenziata nella SL e non nella SF (Douglas et al. 2020).

5 - DECELERATION PHASE

La decelerazione naturale che si determina nella fase finale dei 100m è causata dall'incremento dei tempi di contatto e dei tempi di volo (Mero et al., 1992), ma soprattutto dal calo della SF, legata a fattori di stanchezza nervosa centrale e periferica (Ross et al., 2001) e si manifesta in modo più evidente nelle donne (dove questa fase risulta pertanto più lunga, come anticipato precedentemente) e nei livelli prestativi inferiori rispetto agli atleti WC (Moura et al., 2024). La neural fatigue (NF) acuta,

Finale 100 metri femminile Campionati italiani assoluti, Firenze 2026



Justin Gatlin, Golden Gala, Roma 2015

infatti, dopo la fase di accelerazione e di MVP, riduce dal 4.9 al 8.7% l'attivazione soprattutto delle fibre IIx. Un'ulteriore causa di NF può essere legata anche alla riduzione della sensibilità del riflesso di stiramento giustificata della presenza del lattato che inibisce il SSC (Stretch-Shortening Cycle) e riduce l'efficacia della PP (quindi della RFD). Un'altra forma di NF, quella a lungo termine, incide sullo SSC e sulle capacità propriocettive dell'atleta, influenzando negativamente la tecnica di corsa. La NF a lungo termine prosegue per un certo periodo anche dopo la cessazione dell'esercizio ed è per questo motivo che, tra due allenamenti di sprint massimali, viene consigliato un periodo di recupero dalle 48 alle 72 ore (Haff, 2024).

Punti chiave sulla fase di massima velocità e decelerazione

- La max velocità viene raggiunta intorno ai 50-60m (65m nei WC) e dipende da un'elevata espressione di forza verticale durante la braking phase dell'appoggio e da quella orizzontale durante la propulsion phase di questo, dalla riduzione della braking phase e dei tempi di contatto (compresi tra 0.075s e 0.095s negli sprinter world class) e dall'equilibrio tra SF e SL. Durante l'appoggio, la capacità di produrre rapidamente alti livelli di forza influisce sull'incremento della SF,

mentre la quantità di forza sviluppata complessivamente determina l'allungamento della SL.

- Il mantenimento della velocità massima è importante come il raggiungimento del suo picco: Gatlin, ai Mondiali 2017 vinse su Bolt senza aver raggiunto la velocità di percorrenza più alta (Haugen et al., 2019).
- Il calo della velocità dipende soprattutto dalla Neural Fatigue sia acuta, che determina il decremento della SF, sia a lungo termine, che incide sul recupero muscolare: importante considerare in fase di programmazione dell'allenamento un adeguato riposo tra sedute di training di sprint massimale (dalle 48 alle 72 ore).

SPRINT TRAINING TRA SCIENZA E PRATICA

Alla luce di quanto riportato in sede di analisi biomeccanica dello sprint, la letteratura offre anche delle indicazioni pratiche su quali siano alcuni mezzi e contenuti dell'allenamento funzionali al miglioramento della performance delle diverse fasi analizzate.

- Fase di partenza e accelerazione

L'allenamento contro resistenza è il più studiato, perché risulta l'esercizio maggiormente funzionale

allo sviluppo della potenza orizzontale (Petrakos et al., 2016). Diversi sono i metodi di resisted sprint training; i più studiati sono il più comune sprint con il traino (sled pull) e quello con la slitta spinta (sled push). L'utilizzo di una o dell'altra metodologia dipende essenzialmente dalla specificità dello sport (Zabaloy et al., 2023); proprio per questo motivo in atletica leggera prevale l'utilizzo del traino (sled pull) perché, non vincolando le braccia come avviene nella sled push, presenta un transfer più specifico per lo sprint lineare del 100metrista. Invece, sono ancora pochi gli studi sui sistemi di resistenza motorizzati che potrebbero risultare ancora più specifici e trasferibili al gesto di gara. Definito il traino come l'esercizio di resistenza più adatto per l'atletica, sono diversi gli autori che hanno provato a definire il sovraccarico ideale che potesse garantire in assoluto il miglioramento della prestazione in fase di accelerazione. Sebbene i risultati delle ricerche non abbiano ancora dato risposte certe e univoche in merito, si possono comunque dedurre delle indicazioni che sono generalmente accettate dalla comunità scientifica. In primo luogo, sebbene per praticità spesso si consideri la percentuale del peso corporeo (%BM) come criterio per impostare il sovraccarico, la valutazione più corretta sarebbe quella legata alla definizione del decremento di velocità (%Vdec) che il carico provoca rispetto alla prova di sprint effettuata senza resistenza (Cahill et al., 2019 - Cross et al., 2017).

Il sovraccarico più efficace per il miglioramento del tempo di sprint sulle brevi distanze (5-30m) sembra l'uso del traino leggero (cioè con un carico non superiore al 10% Vdec o pari al 10-20%BM) (Haugen et al., 2019).

Il traino pesante ($\leq 50\%$ Vdec), vista la presumibile alterazione della tecnica di corsa che provocherebbe, viene consigliato come esercizio in sostituzione di lavori in sala pesi per l'allenamento della massima potenza, considerando quindi questo carico come non prettamente sport-specifico (Cross et al., 2018 - Haff, 2024). Proprio in virtù della specificità dello sport, sono stati verificati invece miglioramenti sui 5-10m di sprint in atleti dei team sport anche utilizzando un carico superiore all'80% del BM (Morin et al., 2017).

Un altro aspetto positivo legato al resisted training è il miglioramento che induce sull'inclinazione del tronco e sulla direzione in senso orizzontale della forza prodotta, effetti positivi che ad oggi sono stati verificati sull'accelerazione, ma non sulla fase di massima velocità (Haugen et al., 2019).

Un diverso allenamento dello sprint contro resistenza potrebbe essere quello con resistenze indossabili (wearable resistance) applicabili con il velcro su singoli segmenti corporei, che potrebbe avere un teorico miglior transfert sulla prestazione (Haff, 2024).



Usain Bolt, Golden Gala, Roma 2012

Oltre all'allenamento contro resistenza, per il miglioramento dell'accelerazione la UK Athletics propone sprint senza resistenza compresi tra 10 e 50m con partenza dai blocchi o su tre appoggi, in base al livello degli atleti: più questo è alto e più l'accelerazione è lunga e il recupero deve essere ampio (es. giovani e principianti, sprint su 20m partendo da posizione raccolta con recupero 2'; élite, sprint dai blocchi sui 40m con 7' di recupero). L'allenamento, a prescindere dal livello, deve comunque terminare inderogabilmente nel momento in cui si ha calo della performance ed un'alterazione della tecnica, a prescindere dai volumi stabiliti in fase di programmazione.

- Fase di massima velocità e decelerazione

Gli sprint lanciati sono utilizzati per migliorare la velocità massima e permettono di raggiungere il picco di questa limitando lo sforzo speso in accelerazione. Questo tipo di sprint inizia con un tratto di lancio/preavvio, seguito da corsa a massima velocità per 10-30m, il massimo consentito prima del calo prestativo. Il recupero varia a seconda del livello dell'atleta (es. 4' per principianti e 15' per élite). Anche in questo caso UK Athletics offre alcune proposte di allenamento specifiche per atleti di diverso livello, sostenendo il paradigma che atleti di livello superiore siano capaci di sforzi di intensità maggiore e quindi necessitino di recuperi più lunghi (es. per i giovani, 20m di lancio+10m di corsa con recupero di 4'; per gli atleti di élite, 40m di lancio+30m di corsa con 15' di recupero) (Haugen et al., 2019).

L'allenamento di resistenza sprint-specifica ha l'obiettivo di migliorare la capacità di mantenere la velocità massima per il maggior tempo possibile e può prevedere sprint di 7-15 secondi al 95-100% della velocità massima, con recupero completo. Haugen et al. (2019) al riguardo propongono per gli

atleti poco allenati 2-3x100m con 10' di recupero, mentre per gli sprinter più evoluti 4-6x150m con 20-30' di recupero, rispettando il criterio generale di 1-2' di recupero per ogni secondo di sprint. Le evidenze scientifiche disponibili dimostrano che sforzi sub-massimali intensi al 95% della massima velocità, tramite l'interazione con un maggiore volume effettuato prima della comparsa della fatica, porta ad adattamenti simili agli sforzi massimali (Seiler et al., 2013), ma con una sostanziale riduzione nel carico di forza e potenza sull'apparato neuromuscolare. La resistenza alla velocità, concetto introdotto da Vittori negli anni '70, prevede invece di sviluppare la capacità di mantenimento della massima velocità tramite distanze di sprint dai 60m agli 80m (per un volume complessivo che parte da 600/800m per arrivare a 1500/2000m) percorsi ad intensità crescente, a partire dal 90% fino ad arrivare al 95% della massima velocità.

Un ulteriore mezzo proposto per il miglioramento della massima velocità è lo sprint assistito, utilizzando discese, elastico e sistemi motorizzati. Questo tipo di allenamento, da proporre agli atleti evoluti, sollecita l'innalzamento del valore di massima velocità tramite l'incremento della SF, la riduzione dei tempi di contatto e l'aumento della velocità angolare dell'anca. Lo sprint assistito, ma a velocità sub-massimali, viene suggerito anche con lo scopo di diminuire lo sforzo percepito. In questo caso le controindicazioni si riferiscono ad una minore attivazione muscolare e al rischio che aumenti inconsapevolmente la fase di braking phase dell'appoggio nell'intento da parte dello sprinter di controllare la velocità di corsa (Haff, 2024).

Il principio base su cui si devono però strutturare i mezzi e i contenuti dell'allenamento è il rispetto

della competency-based progression: l'allenamento condizionale deve seguire cioè l'apprendimento tecnico. Una meccanica di corsa corretta, infatti, è prerequisito di una lunga carriera (Haugen et al. 2019). In figura 3 vengono riportate alcune proposte di allenamento per le diverse tematiche affrontate.

CONCLUSIONI

Questa breve revisione della letteratura relativa allo sprint in atletica leggera non ha la presunzione di riportare tutto ciò che si può trovare pubblicato in ambito scientifico (fra l'altro ricchissimo ed estremamente variegato per questo argomento), ma vuole solo rappresentare una fotografia delle evidenze più utili da spendere in campo per allenatori e atleti. Sebbene la distanza tra scienza e pratica si stia assottigliando, rimane ancora un certo gap tra quanto studiato in laboratorio, dove spesso si analizzano singole variabili in condizioni controllate, e quanto accade in pista in fase di allenamento o gara dove il tecnico ha sicuramente una visione maggiormente d'insieme del "sistema atleta" e della performance tecnica. Inoltre, molti studi non hanno portato ad una visione unitaria e condivisa dei risultati scientifici e non hanno fornito certezze per la pratica di allenamento. Quindi, questo breve compendio ha il duplice scopo di rappresentare una specie di "manuale d'istruzione" proposto dalla letteratura e dall'altra uno spunto da cui partire per intraprendere studi assolutamente necessari che abbiano l'obiettivo di arricchire e approfondire le conoscenze riguardo alla gara "regina" dell'atletica leggera, con lo scopo di avvicinare sempre più scienza e pratica, due mondi che troppo spesso sono rimasti distanti fra di loro.

Figura 3. Sintesi delle raccomandazioni sulle migliori pratiche per l'allenamento sprint (adattato da Haugen et al. 2019).

Metodo di allenamento	Distanza (m)	Intensità (%)	Recupero tra prove-serie (min)	Volume totale sessione (m)	Partenza	Recupero tra HIS (ore)	Scarpe e superficie
Accelerazione	10-50	> 98	2-7	100-300	Blocchi/3 o 4 appoggi	48	Chiodate in pista
Velocità massima	10-30*	> 98	4-15	50-150*	20-40m lanciati	48-72	Chiodate in pista
Resistenza Sprint-specifica	80-150	> 95	8-30	300-900	Partenza in piedi	48-72	Chiodate in pista
Resistenza alla velocità	60-80	90-95	2-4 (8-15)	600-2000	Partenza in piedi	48-72	Chiodate in pista
Sprint contro resistenza	10-30	80-95**	3-6	50-200	3 o 4 appoggi	48	A scelta
Sprint assistito	10-30*	≤ 105	5-15	$\leq 100^*$	20-40m lanciati	48	Chiodate in pista
Recupero	100-300	60-70	1-3	1000-2000	Partenza in piedi	24	Scarpa training su erba

L'intensità è espressa come percentuale della massima velocità. HIS = High-Intensive Session

* esclusa distanza di lancio

** Riduzione della velocità causata dal carico, ma sforzo percepito massimale

BIBLIOGRAFIA

- Bezodis, N.E., Salo, A.I., Trewartha, G. Choice of sprint start performance measure affects the performance-based ranking within a group of sprinters: Which is the most appropriate measure? *Sports Biomech.* 2010; 9: 258-269.
- Bezodis N.E., Willwacher, S., Salo A.I.T. The biomechanics of the track and field sprint start: a narrative review. *Sports Med.* 2019; 49: 1345-1364.
- Brazil, A., Exell, T., Wilson, C., Willwacher, S., Bezodis, I. N., & Irwin, G. Joint kinetic determinants of starting block performance in athletic sprinting. *Journal of sports sciences*, 2018; 36(14), 1656-1662.
- Cahill, M. J., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Clark, K. P., Lloyd, R. S., & Cross, M. R. Sled pushing and pulling to enhance speed capability. *Strength & Conditioning Journal*, 2019, 41(4), 94-104.
- Ciacchi, S., Merni, F., Bartolomei, S., Di Michele, R. Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters. *J Sports Sci.* 2017; 35: 1270-8
- Coh, M. Usain Bolt-biomechanical model of sprint technique. *FU Phys Ed Sport* 2019; 17: 001-13
- Chen, Y., Wu, K. Y., Tsai, Y. J., Yang, W. T., & Chang, J. H. The kinematic differences of three types of crouched positions during a sprint start. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 2016; 16(07), 1650099.
- Colyer, S.L., Nagahara, R., Salo, A.I.T. Kinetic demands of sprinting shift across the acceleration phase: novel analysis of entire force waveforms. *Scand J Med Sci Sports.* 2018; 28: 1784-92.
- Crick, T. The drive phase. [PDF]. 2014, Retrieved from <http://ucoach.com/>
- Cross, M.R., Brughelli, M., Samozino, P., Morin, J.B. Methods of power-force velocity profiling during sprint running: a narrative review. *Sports Med.* 2017; 47(7): 1255-69.
- Cross, M.R., Lahti, J., Brown, S.R., Chedati, M., Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., et al. Training at maximal power in resisted sprinting: optimal load determination methodology and pilot results in team sport athletes. *PLoS One.* 2018; 13(4).
- Debaere, S., Jonkers, I., Delecluse, C. The contribution of step characteristics to sprint running performance in high-level male and female athletes. *J Strength Cond Res.* 2013; 27: 116-24.
- Delecluse, C. H., Van Coppenolle, H., Willems, R., Diels, M., Goris, M., Van Leemputte, M., & Vuylsteke, M. Analysis of the 100 meter sprint performance as a multi-dimensional skill. *Journal of Human Movement Studies*, 1995; 28, 87-101.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., et al. Reactive and eccentric strength contribute to stiffness regulation during maximum velocity sprinting in

team sport athletes and highly trained sprinters. *J Sports Sci* 2020; 38: 29-37.

- Graham-Smith, P.; Colyer, S.L.; Salo, A.I.T. Differences in ground reaction waveforms between elite senior and junior academy sprinters during the block phase and first two steps. *Int. J. Sports Sci. Coach.* 2020; 15: 418-427.
- Haff, G. G. Scientific foundations and practical applications of periodization. *Human Kinetics*, 2024.
- Haugen, T., Paulsen, G., Seiler, S., Sandbakk, O. New records in human power. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13(6): 678-86.
- Haugen, T., Seiler, S., Sandbakk, Ø., & Tønnessen, E. The training and development of elite sprint performance: an integration of scientific and best practice literature. *Sports medicine-open*, 2019; 5(1): 44.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 2005; 21: 31-43
- Mero, A., Kuitunen, S., Harland, M., Kyröläinen, H., Komi, P.V. Effects of muscle-tendon length on joint moment and power during sprint starts. *J Sports Sci.* 2006; 24: 165-73
- Milanese, C., Bertuccio, M., Zancanaro, C. The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. *Biol. Sport* 2014; 31: 209-215.
- Morin, J.B., Petrakos, G., Jiménez-Reyes, P., Brown, S.R., Samozino, P., Cross, M.R. Very-heavy sled training for improving horizontal-force output in soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(6):840-4.
- Moura, T.B.M.A., Leme, J.C., Nakamura, F.Y., Cardoso, J.R., & Moura, F.A. Determinant biomechanical variables for each sprint phase performance in track and field: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching* 2024; 19(1): 488-509.
- Nagahara, R., Matsubayashi, T., Matsuo, A., & Zushi, K. Kinematics of transition during human accelerated sprinting. *Biology Open.* 2014; 3: 689-699.
- Nagahara, R., Mizutani, M., Matsuo, A., Kanehisa, H., Fukunaga, T. Association of step width with accelerated sprinting performance and ground reaction force. *Int J Sports Med.* 2017; 38: 534-40.
- Petrakos, G., Morin, J.B., Egan, B. Resisted sled sprint training to improve sprint performance: a systematic review. *Sports Med.* 2016; 46(3): 381-400.
- Sandamas, P., Gutierrez-Farewik, E.M., Arndt, A. The effect of a reduced first step width on starting block and first stance power and impulses during an athletic sprint start. *J Sports Sci.* 2018; 37(9): 1046-54.
- Seiler, S., Jøranson, K., Olesen, B.V., Hetlelid, K.J. Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total



Shelly-Ann Fraser-Pryce, Campionati del mondo, Pechino 2015

- work duration. *Scand J Med Sci Sports.* 2013; 23(1): 74-83.
- Slawinski, J., Bonnefoy, A., Leveque, J.M., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R., et al. Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *J Strength Cond Res.* 2010; 24: 896-905.
- Valamatos, M.J.; Abrantes, J.M.; Carnide, F.; Valamatos, M.-J.; Monteiro, C.P. Biomechanical Performance Factors in the Track and Field Sprint Start: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19: 4074.

- von Lieres und Wilkau, H. C., Irwin, G., Bezodis, N. E., Simpson, S., & Bezodis, I. N. Phase analysis in maximal sprinting: an investigation of step-to-step technical changes between the initial acceleration, transition and maximal velocity phases. *Sports biomechanics*, 2020; 19(2): 141-156.
- Zabaloy, S., Freitas, T. T., Pareja-Blanco, F., Alcaraz, P. E., & Loturco, I. Narrative review on the use of sled training to improve sprint performance in team sport athletes. *Strength & Conditioning Journal* 2023; 45(1): 13-28.



SUPER VELOCITÀ E SCUDO AERODINAMICO

Alessandro Donati

Maestro di Sport del CONI specializzato nell'atletica leggera

Principali esperienze professionali:

Allenatore squadre nazionali di atletica

Dirigente responsabile del Dipartimento di Ricerca e

Sperimentazione del CONI

Docente di Metodologia dell'Allenamento presso la

Scuola dello Sport

Dal 1992 al 1994 Maitrise in Scienza dello Sport

Università Claude Bernard di Lione (Francia)

Protagonista di progetti ed iniziative di contrasto e di

prevenzione del doping

Autore di studi ed attività riguardanti il contrasto ai

traffici di droga

Numerosi incarichi tecnici nazionali

Autore di libri e articoli a carattere tecnico-metodologico

Intensa attività didattica

Pierfrancesco Pavoni,
Mas Palomas, febbraio 1987

Lo scudo aerodinamico nacque nella primavera del 1987 da un'intuizione di Sandro Donati, allora responsabile tecnico delle corse di velocità della Federazione italiana di atletica leggera, e prese forma concreta grazie al genio applicativo del professor Antonio Dal Monte. Un pannello in plexiglass montato su ruote, trainato da un'autovettura, capace di creare una bolla d'aria protetta in cui il velocista poteva correre liberamente a velocità superiori alla propria soglia massimale, senza i traumi meccanici dei sistemi di traino tradizionali e senza l'imprevedibilità del vento.

Il contributo che qui si presenta ricostruisce quella storia con precisione e rigore, ne aggiorna la base scientifica e ne proietta il potenziale verso il futuro.

Donati intreccia la memoria tecnica — le misurazioni di Bonomi, gli insegnamenti di Vittori, i dati del 1987 sulle prove di Pavoni e Tilli — con una visione prospettica concreta: uno scudo di nuova generazione, a guida automatizzata, climatizzato, strumentato con videocamere ad alta frequenza e maxischermi in tempo reale, capace di ospitare non solo velocisti ma anche mezzofondisti lungo tutto l'arco annuale. Un laboratorio mobile per la supervelocità.

Il nome di Marcell Jacobs ha riportato lo scudo sotto i riflettori globali. Ma questo articolo ricorda che quella luce aveva già illuminato una pista, quarant'anni fa, in silenzio.

Federico Pasquali

1. LO STUDIO DELLA CORSA ALLA MASSIMA VELOCITÀ LANCIATA

Alla fine degli anni ottanta, per la prima volta nella storia dell'atletica mondiale, il reatino Roberto Bonomi, un allenatore specialista della velocità, oltreché eclettico esperto di elettronica, precorrendo i tempi, realizzò prototipi di strumentazioni elettroniche di rilevante utilità pratica:

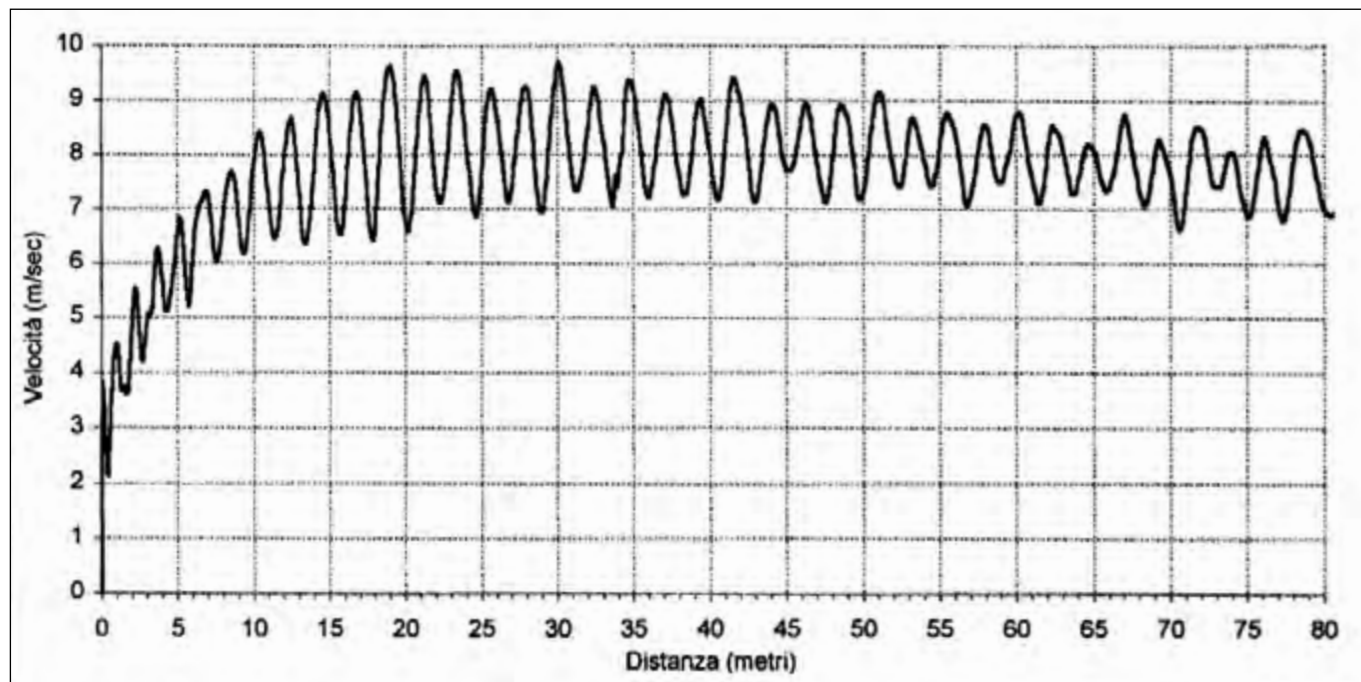
- solette a contatto con le quali divenne possibile misurare il tempo di appoggio e il tempo di volo dei passi di corsa di alcuni grandi campioni dello sprint che transitarono dai centri di allenamento di Formia e di Rieti;
- un traino motorizzato che realizzò per il nuoto ma che era applicabile a diverse discipline sportive, analogo all'attuale 1080, che consentiva all'atleta di raggiungere velocità massime superiori alla propria;
- un velocimetro (dotato di un encoder e di filo a perdere), con una frequenza di acquisizione di 250 Hz che consentiva di rilevare nel passo di corsa nuovi particolari di straordinaria importanza nell'espressione istantanea della velocità.

Roberto Bonomi ideò diverse altre apparecchiature di rilevante utilità pratica in campo sportivo ma, non avendo interesse per l'aspetto commerciale, le sue realizzazioni non sono mai state riprodotte su scala industriale e i pochi prototipi in circolazione man mano sono andati perduti. Bastarono però i pochi anni di funzionamento per produrre una considerevole mole di nuove informazioni che, interpretate da specialisti di grande capacità come

il professor Carlo Vittori, hanno influenzato la metodologia dell'allenamento delle corse di velocità. Ad esempio, l'impostazione tecnica dei corridori di velocità, nella fase lanciata, è stata considerevolmente influenzata dalla misurazione della velocità istantanea nelle fasi significative del passo di corsa:

- 1) durante l'appoggio del piede al suolo;
- 2) subito dopo il rimbalzo elastico che produce la salita e l'avanzamento del piede per "alto-dietro";
- 3) durante la discesa attiva della coscia che proietta il piede verso il terreno, preparando così la reazione elastica.

In particolare, il velocimetro ideato da Bonomi consentì di verificare che un corridore che procede ad una velocità di circa 11m/s, in realtà alterna, nello stesso passo, una brevissima fase in cui la velocità istantanea tocca punte di 11,5 m/s con una fase successiva nella quale la velocità scende a circa 10,5m/s. Questa seconda fase corrisponde proprio all'appoggio del piede a terra che dura circa 10 centesimi di secondo, durante i quali il piede resta a velocità zero. Un attimo dopo, per risposta elastica, il piede si solleva da terra dirigendosi (tendenzialmente) sotto al gluteo. Durante questo tragitto da dietro verso l'avanti il piede può raggiungere un'elevatissima velocità orizzontale di 16 - 20 m/s. È una fase delicata del passo di corsa nella quale un difetto nel recupero del piede dopo la spinta può comportare una perdita di efficacia ed un aumentato rischio di infortunio alla struttura muscolo-tendinea degli ischio-crurali.



Un esempio di andamento della velocità in un corridore di 400m

I dati del velocimetro, delle pedane a conduttanza, delle piattaforme di forza, delle riprese video ad alta ed altissima frequenza hanno consentito in questi ultimi anni di misurare un complesso insieme di variabili, diverso da soggetto a soggetto: ad esempio, Usain Bolt, grazie alla rilevante lunghezza e alla potenza dei suoi arti inferiori, in occasione del record mondiale di 9"58 ha impiegato meno di 41 passi per coprire i 100 metri, raggiungendo una velocità massima di circa 11,82m/s (in realtà, oscillante tra 12,3 e 11,3 m/s) e una frequenza media molto bassa di 4 passi/s. I fattori da misurare non finiscono qui: l'atleta, durante la fase di appog-

gio, continua ad avanzare con il corpo, per cui è possibile distinguere tra l'avanzamento del corpo durante l'appoggio al suolo e l'avanzamento durante la successiva fase di volo; inoltre, al momento dell'atterraggio, ci può essere una perdita più o meno elevata di velocità a seconda della modalità e del punto di contatto con il terreno.

2. I DIVERSI MODI PER ALLENARE LA MASSIMA VELOCITÀ LANCIATA

La corsa lanciata ad elevata o massima velocità è la chiave di volta della prestazione nelle gare sui 100m, 200m, 400m e ha una significativa incidenza perfino sugli 800m. La possibilità data dalle nuove apparecchiature elettroniche di misurarne le diverse componenti (in particolare il tempo di appoggio del piede e la lunghezza del passo), ha anche consentito di evidenziare i pro e i contro dei diversi mezzi di allenamento con i quali essa può essere allenata.

I vantaggi e gli svantaggi delle diverse modalità possono essere così riassunti:

- 1) **La corsa con il vento a favore** è la più pratica delle possibilità di allenamento della velocità sovra-massimale. In alcune località le caratteristiche climatiche e la collocazione della pista determinano la presenza costante o molto frequente del vento; in altre località l'intensità del vento è minore, oppure varia fortemente da un momento all'altro. Il vento - che sia a favore, o contro, o laterale - influisce sulle prestazioni in proporzione alla sua entità. In particolare, gli statistici dell'atletica, basandosi sulla raccolta

di centinaia di migliaia di dati, hanno dimostrato che, **correndo con il vento a favore**, un atleta ha un guadagno di circa 9 centesimi per un metro di vento che soffia nella direzione di corsa; con l'aumentare dell'intensità del vento, il guadagno tende a diminuire¹: è di circa 17 centesimi di secondo per due metri di vento, di circa 24 centesimi per tre metri, e così via.

L'inconveniente di questa modalità che potremmo considerare "naturale" è che raramente il vento soffia in modo regolare, più spesso tende ad essere a raffiche. È anche vero che questa è la situazione che gli atleti generalmente trovano in gara, anche se nei grandi stadi il vento soffia sulla pista in misura contenuta.

- 2) La velocità sovra-massimale può anche essere perseguita **correndo in discesa**; evidentemente con pendenze limitate, altrimenti l'assetto di corsa cambia eccessivamente ed aumenta il rischio di infortuni; l'ulteriore inconveniente di questa modalità è che non esistono tratti in discesa ricoperti da materiale sintetico per cui l'atleta non può utilizzare le scarpe chiodate, un particolare non trascurabile in quanto le nuove calzature e la loro combinazione con i materiali di cui si compongono le piste de-

¹ - Journal of Applied Biomechanics, 1994,10, 110-131 O 1994 by Human Kinetics Publishers, Inc. The Effect of Wind on 100-m Sprint Times, Nicholas P. Linthorne.

- Journal of Human Kinetics volume 57/2017, 159-167 DOI: 10.1515/hukin-2017-0057 159 Section III - Sports Training, A Model for Determining the Effect of the Wind Velocity on 100 M Sprinting Performance, Nataša Janjić1, Darko Kapor2, Dragan Doder3, Aleksandar Petrovic4, Radoslava Doder5

- European Journal of Sport Science, 2018 Vol. 18, No. 9, 1185-1190, <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1480062>, Data-driven quantification of the effect of wind on athletics performance M. Moinat 1, O. Fabius 2, & K. S. Emanuel

- Journal of Human Kinetics volume 66/2019, 19-29 DOI: 10.2478/hukin-2018-0048 1 Section I - Kinesiology, Evaluation of the Final Time and Velocity of a 100 m Run Under the Realistic Conditions, Nataša Janjić1, Darko Kapor2, Dragan Doder3, Igor Savić2

- Sports Science and Health 15(1):75-88, Relations Between the World Record in Running at 100m and Altitude and Wind Speed, Gorana Tešanović1, Goran Bošnjak1, Saša Jovanović1, Goran Pašić1, Željko Rajković3, Dragan Perišić2, Voja Milosavljević2, Vladimir Jakovljević1

- International Journal of Biometeorology (2025) 69:2745-2756, Refined analysis for the effects of ambient wind on sprint based on the local meteorological data, Weijian Zhu1· Bo Li1,2 Junpeng Feng· Chongran Zhao4·Yuanzhao Zhang1· Yuxin Li1

terminano un effetto elastico al quale occorre sapersi adattare e che influisce significativamente sulla prestazione.

- 3) La velocità sovra-massimale può anche essere conseguita **con l'ausilio di un sistema motorizzato di traino** come è, ad esempio, il device tipo "1080" che, nel contempo, funziona anche da misuratore istantaneo della velocità. L'inconveniente è che la strumentazione motorizzata traina l'atleta con una forza costante, quando invece nella fase di presa di contatto con il terreno, come già detto, l'atleta tende a scendere di velocità; il problema principale è che il traino accentua la componente orizzontale della corsa, attenuando quella verticale e così influenzando la reazione elastica.
- 4) **La corsa veloce dietro uno scudo aerodinamico** determina una condizione favorevole costante e nel contempo consente all'atleta una totale libertà di movimento, senza le forzature provocate dai diversi sistemi di traino. La marcata variabilità che si riscontra quando ci si affida al vento, con lo scudo scompare, e il fatto che la facilitazione della corsa derivi dalla minore resistenza dell'aria (quindi da un fattore che agisce anteriormente all'atleta) e non dalla spinta alle spalle derivante dal vento a favore, permette all'atleta una corsa decontratta e in un assetto più equilibrato. È forse questo il fattore che più ha contribuito a rendere le esercitazioni di supervelocità con lo scudo sufficientemente sicure (la cautela è d'obbligo), almeno sulla base delle 220 prove svolte complessivamente dai circa 30 atleti che finora si sono cimentati con questo mezzo di allenamento senza incorrere in infortuni.

3. IL SISTEMA DI MISURAZIONE DELLA VELOCITÀ CON LO SCUDO

In attesa di applicazioni tecnologicamente più avanzate ed in gran parte già disponibili, di cui si fa cenno nella parte conclusiva, la misurazione deve seguire criteri ben precisi per evitare di raccogliere dati inficiati da errori metodologici.

Per rilevare la massima velocità lanciata si applicano due sistemi, in modo da averne sempre disponibile uno di riserva nel caso in cui il primo sistema di riferimento non abbia funzionato perfettamente. Il primo sistema si basa sul posizionamento ogni 10 metri, lungo il rettilineo di arrivo, di due file di birilli, con una fila (A) collocata al confine tra la seconda e la terza corsia ed una seconda fila (B) posta all'esterno della sesta corsia (lo scudo transita nello spazio tra quarta, quinta e sesta corsia). In questo modo, riprendendo con una

Carlo Vittori e Pietro Mennea a Formia



videocamera ad alta frequenza ed applicando il software Kinovea, è possibile individuare con precisione il tratto di 10 o più metri nel quale l'atleta raggiunge la massima velocità. Oltre a questo dato, è utile calcolare la velocità raggiunta dall'atleta nei tratti precedenti e seguenti al fine di stimare eventuali, ulteriori, margini di massima velocità lanciata e il livello di resistenza alla velocità.

Due telecamere ad alta frequenza allineate con i 75 e i 25 metri dall'arrivo, riprendono la prova dal rettilineo opposto da una distanza di circa 100 metri. Con questo sistema si minimizza l'errore di parallasse.

Un secondo sistema di misurazione, ancora più rigoroso ma influenzato dal posizionamento dell'atleta rispetto allo scudo, è la ripresa video ad alta frequenza con una videocamera fissata al tettino interno dello scudo e rivolta perpendicolarmente verso la pavimentazione. La porzione del rettilineo sulla quale transita lo scudo viene contrassegnata ogni 5 o 10 metri da un nastro adesivo, **il tempo è rilevato al petto** come avviene ufficialmente nelle competizioni di velocità e il rilevamento è **estremamente preciso, a condizione che l'atleta rimanga internamente allo scudo per tutta la distanza**.

4. I DUE MODI PER ENTRARE NELLO SCUDO

L'atleta può partire già all'interno dello scudo o invece entrarvi in corsa con una modalità simile a quella dei cambi della staffetta 4x100m.

Con la prima modalità l'atleta, stando già dentro allo scudo, accelera con esso. La riuscita o meno della prova dipende dalle caratteristiche dell'autovettura che traina lo scudo e dall'abilità del conduttore nel gestirla in modo da assicurare fluidità all'intera azione. Come detto, l'obiettivo è di mantenere l'autovettura quanto più possibile scorrevole durante i cambi di marcia, siano essi manuali che automatici.

La seconda modalità di ingresso nello scudo è imitativa del passaggio del testimone nella staffetta 4x100m e generalmente i velocisti riescono bene ad attuarla proprio grazie all'addestramento che hanno acquisito nei cambi. L'atleta parte dalla linea dei 110m e si pone nella scia dello scudo che ha completato la curva per poi entrarvi. Tale modalità consente di attenuare, o anche eliminare, il momento morto del cambio di marcia dell'autovettura, in quanto l'atleta entra nello scudo quando questo già procede ad una velocità molto sostenuta e il cambio è già avvenuto, o comunque si avverte di meno. Questa seconda modalità di ingresso del corridore nello scudo è più facile da gestire per il pilota dell'autovettura trainante

in quanto giunge nella "zona calda" dell'ingresso dell'atleta alla velocità concordata e non intervengono più cambi di marcia.

5. QUARANTA ANNI FA IN ITALIA NASCEVA LO SCUDO AERODINAMICO

Lo scudo è nato nel 1987, quasi quaranta anni fa. Dopo la sua realizzazione, gli sprinter della squadra nazionale italiana, effettuarono un paio di sedute di addestramento, dopodiché nel periodo tra il 25 luglio e il 15 agosto furono realizzate tre sessioni di prove con i velocisti della squadra nazionale che si preparavano per i Campionati del mondo di Roma. È evidente che si trattò di un addestramento breve e improntato alla massima prudenza. In ogni caso i dati raccolti consentirono di conseguire, per Pierfrancesco Pavoni, un consistente guadagno di velocità: si calcolò la differenza tra la velocità toccata a pochi giorni di distanza in una gara sui 100 metri e la velocità espressa a pochi giorni di distanza nella corsa con lo scudo. Si allenarono con questo sistema Pierfrancesco Pavoni e Stefano Tilli, ma si trattò più di una presa di contatto che di un vero e proprio allenamento sistematico. Pavoni - che poi conquistò nei Campionati mondiali la finale sia sui 100 che sui 200

Alessandro Donati e Pierfrancesco Pavoni, Frascati, settembre 1987



Stefano Tilli, Campionati europei, Budapest 1998

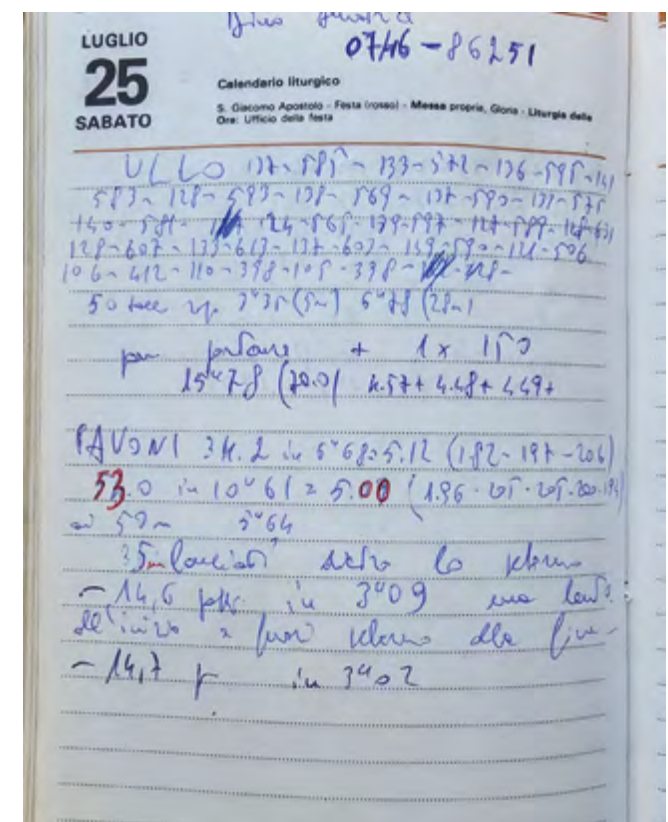
metri -, nel corso di un mese, svolse quattro sedute di corsa veloce nello scudo. Tenendo conto della brevità dell'esperienza è comunque interessante confrontare la massima velocità che l'atleta toccò grazie all'ausilio dello scudo aerodinamico (compresa fra 11,33 e 11,67 m/s), con la velocità massima che nello stesso periodo raggiunse in gara (compresa tra 10,90 e 10,98m/s). Per timore di infortuni muscolari Tilli sviluppò con lo scudo una velocità di poco superiore al proprio massimo. Comunque fu sufficiente per fargli percepire la facilità con la quale riusciva a sviluppare elevate velocità.

DATA	SCUDO SI/NO	VELOCITÀ MASSIMA	LUNGHEZZA PASSO
19/07/1987	Gara	10,98	2,37
25/07/1987	SI	11,33	2,44
25/07/1987	SI	11,59	2,40
03/08/1987	SI	11,39	
03/08/1987	SI	11,67	2,38
10/08/1987	Gara	10,87	
15/08/1987	SI	11,40	2,38
15/08/1987	SI	11,67	2,44
Riepilogo delle velocità massime raggiunte in gara e in allenamento con lo scudo			

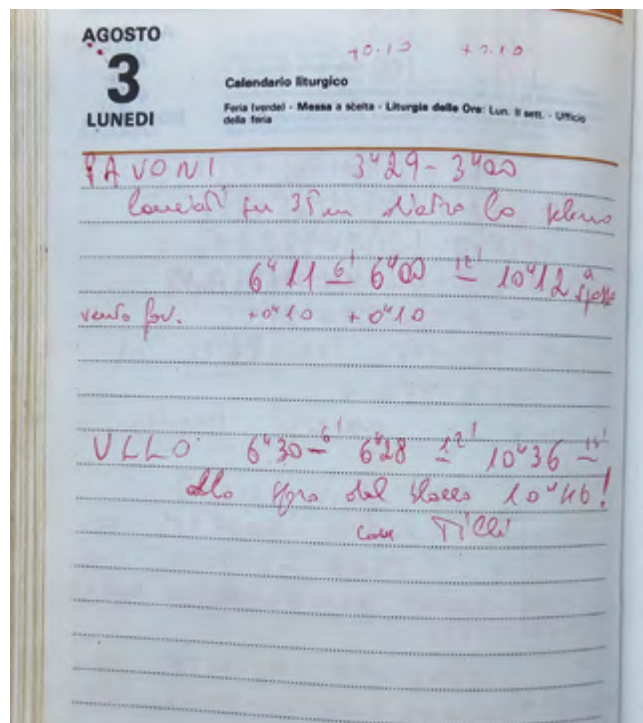
Pavoni, nella corsa con lo scudo toccò una velocità superiore di 0,69m/s rispetto a quella raggiunta in gara. Si può ipotizzare che con un addestramento sistematico potesse produrre una differenza anche superiore a 1 m/s.

Queste le annotazioni di quei giorni nel diario di allenamento:

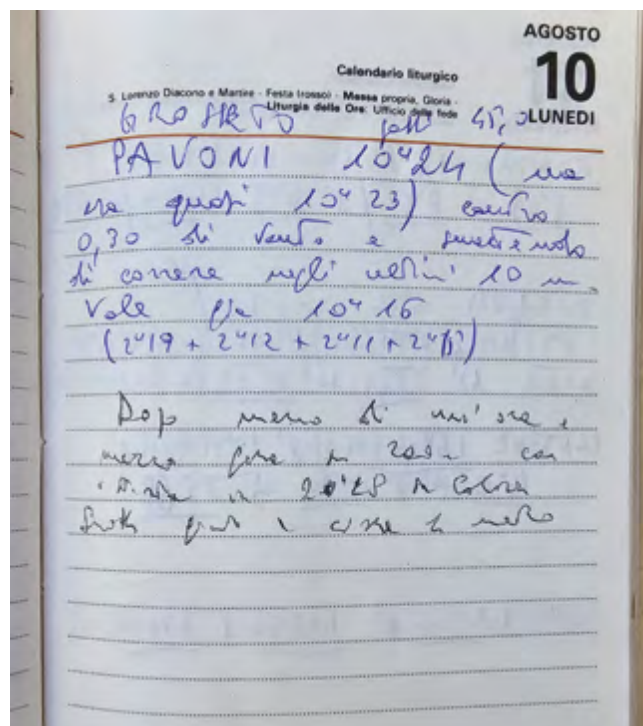
Il **25 luglio 1987** Stadio della Farnesina, Roma, Pierfrancesco Pavoni corre 60m di corsa stretta e rapida con 34,2 passi in 6"68, dopo qualche minuto, sempre con passi stretti e rapidi corre 100m, con 53 passi, in 10"61, ad una frequenza di 5,00 passi/secondo; dopodiché effettua 2 prove dietro lo scudo (nella pagina del diario è indicato come "schermo"); nella prima prova svolta come adattamento, copre 35m di corsa lanciata dietro lo scudo in 3"09 con 14,6 passi (lunghezza media dei passi 2,44m) lento all'inizio e poi fuori dello scudo alla fine, poi in 3"02 con 14,7 passi (lunghezza media dei passi 2,40m). Anche nella seconda prova la vettura trainante ha aumentato troppo la velocità e l'atleta si è trovato a correre allo scoperto per alcuni metri.



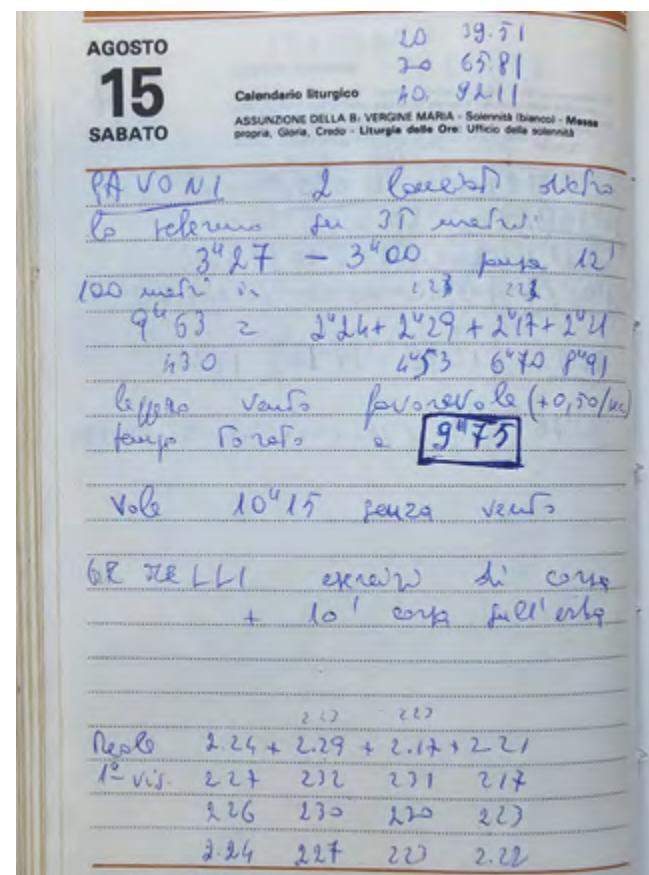
Il **3 agosto 1987** Stadio della Farnesina, Roma, Pierfrancesco Pavoni corre la I prova sui 35m in 3"19 e la II prova in 3"00 (velocità lanciata di 11"67m/s); subito dopo corre 2x60 metri in 6"11 e 6"00 e dopo 12' copre 100m in 10"12.



Il **10 agosto 1987**, nel meeting internazionale di Grosseto, vince i 100m in 10"24, 45 passi, con 0,3m/s di vento contrario e smettendo di spingere a 10m dall'arrivo; ogni 10 passi impiega (non tenendo conto della differenza tra tempo manuale e tempo elettrico) 2"19+2"12+2"11+2"11. Dopo meno di un'ora e mezza scende in pista sui 200m che corre in 20"28 battendo di un metro circa Calvin Smith che di lì a qualche giorno vincerà sulla distanza il titolo mondiale.



Il **15 agosto 1987**, Stadio della Farnesina, Roma, Pavoni dapprima corre una prova di approccio in 3"27 e poi una seconda prova in 3"00, alla velocità di 11,67m/s. Dopo 12 minuti corre 100m in 9"63 con 43 passi, vento +1m/s circa, equivalente a 9"75 circa dal movimento del piede in 43,5 passi e a 10"25 sui 100, con vento zero e con i seguenti tempi ogni 10 passi: 2"24+2"29+2"17+2"21.



6. CENNI STORICI

Sulla storia di questa strumentazione circolano informazioni inesatte. Nel settore velocità di cui nel 1987 ero il responsabile tecnico era stata rilevata l'esigenza di un nuovo mezzo di allenamento per la corsa lanciata a velocità sovra-massimale. Iniziavano a diffondersi i primi sistemi di traino ma ritenni che la velocità lanciata potesse essere allenata in modo ancora più efficace facendo correre il velocista senza la resistenza dell'aria. Incontrai il professor Antonio Dal Monte, che era stato il mio insegnante di biomeccanica alla Scuola dello Sport, e gli formulai la semplice proposta di realizzare un pannello in plexiglass da fissare sul retro di una piccola autovettura per creare in corsa un "vuoto d'aria". Matita alla mano, in un paio d'ore il professore trasformò la mia idea base in una proposta ben più articolata: una sagoma in plexiglass montata su ruote, alla quale demmo subito il nome di "scudo aerodinami-



Alessandro Donati, Piefrancesco Pavoni, Federico Leporati e Stefano Mei, Frascati, settembre 1987

co", trainata da un'autovettura, all'interno della quale l'atleta potesse correre in assenza di resistenza dell'aria. In testa, lo scudo era provvisto di un'elica che produceva una depressione, e quindi un risucchio d'aria che consentisse un ulteriore incremento della velocità. Per completezza dell'informazione va specificato che la vettura trainante era una A112 di proprietà di uno degli atleti, guidata in pista da Vincenzo De Luca. Dopo i Campionati del mondo fui esonerato e lo scudo rimase per lungo tempo abbandonato all'interno dello stadio della Farnesina.



Così è nato lo scudo aerodinamico. Quanto poi ai presupposti tecnici e scientifici che hanno condotto a questa idea, è tutt'altra storia: lo scudo non sarebbe stato neppure concepito senza le magistrali descrizioni degli aspetti tecnico-biomeccanici della corsa lanciata realizzate dal professor Carlo Vittori.

Trentacinque anni dopo, nel 2021, operando presso l'Istituto di Medicina e Scienza dello Sport del CONI, in collaborazione con l'ingegner Dario Dalla Vedova, il progetto è stato ripreso in mano ed aggiornato. Siamo andati a trovare il professor Dal Monte, ormai in pensione da tempo, mostrandogli l'idea. Ci ha fornito ulteriori suggerimenti che hanno condotto a realizzare uno scudo più lungo



e largo del precedente, in modo da ospitare più comodamente il corridore in corsa e tutta l'apparecchiatura necessaria per il rilevamento dei dati. Le prime prove sono state effettuate con atleti azzurri della velocità e del mezzofondo breve; i risultati sono rimasti riservati in attesa di comporre un campione significativo

Dello scudo si è iniziato a parlare di più allorché il campione olimpico e continentale dei 100 metri Marcell Jacobs e il suo allenatore Paolo Camossi lo hanno scelto come mezzo per allenare la corsa lanciata. Nel corso delle prove dello scudo presso lo stadio dei Marmi, l'atleta pubblicò sulle sue pagine social un breve video, che produsse un impressionante numero di contatti.

Con una segnalazione così rilevante e il rimbalzo delle informazioni, più di qualcuno nel mondo si è interessato allo scudo² o ha tentato di riprodurlo. Ad esempio, uno scudo è stato realizzato negli USA dalla Red Bull.

Più recentemente, un altro prototipo è stato realizzato in Svizzera presso l'Università di Zurigo³. I ricercatori elvetici lo hanno presentato senza indicare la fonte cui si erano ispirati, lasciando intendere d'averlo ideato loro stessi. Vanno però riconosciuti gli evidenti miglioramenti che essi hanno apportato al sistema. In particolare hanno aggiunto due brillanti idee:

- la prima è stata quella di sostituire come mezzo trainante l'autovettura con un molto più leggero e manovrabile kart; un'idea decisiva, poiché uno degli inconvenienti del sistema era il consumo del manto sintetico della pista provocato dal peso che grava sulle ruote della macchina, specialmente nell'accelerazione iniziale;
- la seconda ed ancora più apprezzabile soluzione ha riguardato un sistema laser di regolazione della velocità del veicolo trainante che si basa sul rilevamento istantaneo delle variazioni di distanza dell'atleta rispetto allo scudo.

In sintesi, lo scudo consente di addestrare l'atleta alla corsa ad elevata velocità nella modalità più naturale, libero da vincoli, senza costringerlo a sollecitazioni anomale o a modificare l'assetto. L'esperienza conseguita fin qui consente di ritenere che la velocità sovra-massimale espressa dietro allo scudo aerodinamico sia la modalità che meglio rispetti i canoni tecnici ottimali del passo. Un'ipotesi da verificare e che spiegherebbe ulteriormente la

sensazione di facilità che gli atleti manifestano è che l'abbattimento della resistenza dell'aria si manifesti soprattutto sul tronco, ponendo così l'atleta nella condizione di diminuire la tensione dei pettorali, della muscolatura delle spalle e forse anche della muscolatura addominale.

Analogamente ad altri mezzi di allenamento della velocità sovra-massimale (come la corsa a favore di vento, o in discesa, o con elastici o con un traino a motore), anche la corsa nello scudo aerodinamico a velocità sovra-massimali si basa sull'ipotesi che il sistema nervoso tenda a riprodurre nella corsa veloce senza lo scudo passi di corsa di particolare qualità dinamica.

A tale riguardo è significativo il giudizio di Marcell Jacobs: *"Li per li non ti rendi effettivamente conto di quanto tu stia correndo veloce. Senti molta più facilità nella corsa, senti molta meno fatica perché comunque non hai l'attrito dell'aria. Come sensazione ti sembra di correre molto facilmente, quando in realtà poi stai correndo veramente forte con delle ampiezze che di solito difficilmente raggiungi. Con il mio allenatore siamo riusciti a capire che il giorno dopo l'allenamento con lo scudo, riusciamo a mantenere delle frequenze e delle ampiezze che rispettano molto quello che si è fatto all'interno dello scudo, quindi un po' riesci a trasportare quello che fai con lo scudo anche al di fuori in pista e con tempi eccellenti. Il giorno dopo che abbiamo provato lo scudo, siamo andati in pista e siamo riusciti a fare un ottimo allenamento, nonostante il giorno prima avessimo spinto veramente tanto"*⁴.

7. UNA PROIEZIONE VERSO IL FUTURO

L'esperienza maturata in questi anni nell'allenamento della corsa lanciata, ci conduce a progettare uno strumento più duttile e raffinato, di più facile utilizzo, adattabile alle esigenze dei singoli atleti, utilizzabile sia dai velocisti che dai mezzofondisti per tutto l'anno e in qualsiasi condizione atmosferica. È una proposta rivolta ad un futuro... immediato, sperando che un prototipo più avanzato si realizzi presto e in Italia.

Con lo sviluppo previsto, lo scudo continuerebbe ad essere il mezzo più efficace per allenare la corsa lanciata di un velocista ma, nel contempo, entrerebbe nella metodologia dell'allenamento dei corridori di mezzofondo breve e dei corridori di mezzofondo prolungato, consentendo di sviluppare in allenamento, a parità di impegno metabolico, velocità medie più elevate e quindi più rilevanti sollecitazioni della potenza muscolare ma a basso costo, come è già stato osservato prelimi-

narmente con alcuni mezzofondisti azzurri di livello internazionale.

I ricercatori dell'Università di Zurigo sembrerebbero essere riusciti a realizzare una perfetta regolazione elettronica della posizione dell'atleta rispetto allo scudo. Il sistema automaticamente rallenta o aumenta di velocità se l'atleta si avvicina o si allontana rispetto ad un punto di riferimento. Il sistema consente, dunque, di riprodurre perfettamente l'accelerazione di ciascun velocista, o anche di proporre accelerazioni leggermente più veloci rispetto al suo standard ed in questo modo cercare di condurlo verso nuovi obiettivi.

L'interno dello scudo può essere strumentato con videocamere ad alta frequenza che consentono di calcolare i tempi di contatto e i tempi di volo che possono essere rilevati anche grazie ad un software realizzato ad hoc dalla Microgate. Possono essere impiegati altri sistemi di valutazione specifici per i corridori di resistenza come, ad esempio, il K5 per misurare la capacità respiratoria e aerobica ed altri ancora.

Davanti a sé l'atleta potrebbe avere un maxischermo con le immagini della sua corsa, ed essere in contatto radio con l'allenatore che potrà indicargli immediatamente eventuali errori, suggerirgli le correzioni e verificare entrambi in tempo reale i cambiamenti.

I mezzofondisti, con i perfezionamenti indicati, potrebbero godere di un grande vantaggio: lo scudo diverrebbe per loro una sorta di "lepre" che li aiuterebbe nelle prove scandendo il ritmo, fornendo informazioni, comunicando tempi ed altri dati in tempo reale. La possibilità di procedere alla velocità prestabilita presenta il vantaggio di poter regolare in modo perfetto il grado di difficoltà della seduta (anche in una giornata ventosa) ed in questo modo innalzare la qualità e l'affidabilità dei risultati degli allenamenti e dei test fisiologici. Lo scudo può essere utilizzato dai mezzofondisti anche per scopi tattici, ad esempio per addestrare l'atleta a concludere determinate distanze con un consistente incremento della velo-

cità nel tratto conclusivo. Le prove svolte fino ad ora indicano notevoli aumenti della velocità media. Altre possibili applicazioni dello scudo sono per il momento delle ipotesi da confermare o da smentire con uno specifico programma di ricerca.



Marcell Jacobs,
Golden Gala,
Roma 2026

² <https://www.freelapusa.com/overspeed-4-ways-to-overclock-your-nervous-system/>

³ <https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2024/07/running-without-air-resistance.html>

⁴ <https://video.gazzetta.it/video-jacobs-spiega-suo-segreto-scudo/83dbb32c-f2ef-11eb-aa0d-7bcf5db3c6a1>



RIDUZIONISMO E SISTEMI DINAMICI: UNA SVOLTA NELLA TEORIA DELL'ALLENAMENTO

Antonio Dotti

Tecnico benemerito, laurea in Scienze e Tecniche delle Attività Fisiche e Sportive - Università di Lione (Francia). Allenatore specialista benemerito. In coppia con Ezio Madonia ha allenato la ex primatista italiana e atleta olimpica Luminosa Bogliolo.

Seduta di allenamento,
Stadio dei Marmi, Roma

L'allenamento sportivo cambia prospettiva e guarda sempre più alla complessità del gesto atletico. È il tema al centro dell'articolo di Antonio Dotti, che analizza il superamento del modello riduzionista nella teoria dell'allenamento, a favore di un approccio basato sui sistemi dinamici. Nel contributo si evidenzia come la prestazione non possa più essere interpretata come semplice somma di qualità fisiche, tecniche e tattiche sviluppate separatamente. L'atleta viene così considerato come un sistema complesso, aperto e in continua interazione con ambiente, compito e

vincoli specifici. Una visione che valorizza la variabilità del movimento, l'adattamento e l'auto-organizzazione. L'articolo propone anche ricadute pratiche per l'atletica leggera, invitando tecnici e allenatori a progettare situazioni di lavoro più flessibili e realistiche. Un cambio di paradigma che, secondo l'autore, risponde meglio alle esigenze dell'atletica moderna, sempre più orientata alla ricerca della prestazione in molteplici periodi dell'anno.

Federico Pasquali

INTRODUZIONE

L'allenamento sportivo, nella sua storia, ha sempre cercato di farsi riconoscere come scienza attraverso procedimenti che avessero basi rigorose e razionali. Gli sport, sia individuali che di squadra, sono stati visti come sistemi complicati, dove la prestazione risultava essere il fine ultimo, per cui veniva descritta e implementata grazie a studi sperimentali, analisi di dati e statistiche; infatti questa è la prerogativa per poter definire uno studio scientifico come tale. Pertanto, veniva preso in considerazione solo ciò che potesse essere numerato e descritto attraverso dati. La convinzione era che il miglioramento seguisse un processo lineare, in cui si ricercavano stimoli che comportassero risposte progressivamente maggiori riguardo la caratteristica fisica che si desiderava allenare; naturalmente si riteneva che questa sommatoria fosse la "conditio sine qua non" per ottenere il miglioramento della performance.

Lo sviluppo di ciascuna area doveva portare al miglioramento della prestazione riferendosi, appunto, a un processo lineare, grazie alla somma dei miglioramenti. Venne sottoposta a questo processo di analisi anche la tecnica. I gesti vennero tipicamente scomposti in sottomovimenti e allenati minuziosamente fino alla speranza utopistica del raggiungimento dell'esecuzione perfetta. La tattica, per gli sport di squadra, veniva considerata separatamente alle precedenti aree e implementata a parte nell'allenamento. Lo sviluppo indipendente di ciascuna area, non privo di efficacia, se il problema è circoscritto a un ambito ristretto di qualità da sviluppare, si rivela tuttavia sempre meno adeguato all'aumentare della complessità dell'insieme. Questo tipo di approccio ha guidato la programmazione degli allenamenti sin dagli anni '50 del secolo scorso, e ha trovato la sua massima espressione nella metodologia di allenamento tradizionale sviluppata e proposta dal dottor Matveev. Essa si struttura in stimoli differenti per le diverse capacità, sia che esse siano fisiche, tecniche, o tattiche con ricadute specifiche su di esse. I primi studi

scientifici in ambito motorio si sono preoccupati proprio di approfondire e classificare la pratica sportiva nelle sue componenti fondamentali e, solo successivamente, si è cercato di comprendere dettagliatamente i principi di adattamento all'allenamento.

LA TEORIA RIDUZIONISTICA

Nel corso della storia si è cercato sempre di dare una spiegazione del mondo e di tutti i fenomeni che ci circondano. L'approccio tradizionale, noto come riduzionismo, specialistico o sistematico, sviluppato da Cartesio, inizia ad affermarsi nel pensiero scientifico durante il XVII e XVIII secolo, e si fonda sul metodo analitico. È un approccio metodologico e filosofico che si basa sul principio che tutti i fenomeni possano essere spiegati mediante l'analisi delle loro componenti (il verbo "analizzare" etimologicamente deriva dal greco ana-lyein e si traduce letteralmente con "sciogliere un vincolo"). Il pensiero cartesiano si riferisce ad un modello di tipo meccanicistico: qualsiasi organismo o sistema è paragonato a una macchina smontabile e ricomponibile, per cui conoscendo le singole parti si può giungere a comprendere l'insieme, in quanto questo non è altro che la risultante della loro fusione. Su questo approccio si è basata e ancora si basa la ricerca scientifica, anche in ambito biologico e medico: l'essere umano, così come il corpo di ogni essere vivente, è frazionato in una molteplicità di organi, tessuti, cellule e queste ancora in elementi sub-cellulari sino a giungere all'atomo. Attraverso il riduzionismo diverse discipline scientifiche sono state unificate tramite la definizione del metodo sperimentale, facilitando la collaborazione tra ricercatori e la condivisione delle conoscenze. Questo rigoroso metodo si incarica di spiegare i fenomeni attraverso regole oggettive che possano essere generali ed estendibili ad ambiti diversi con l'obiettivo di eliminare qualsiasi contaminazione soggettiva.

Alla base del metodo scientifico però ci sono precise caratteristiche che è necessario sottolineare:

- in primo luogo, per avere validità riconosciuta, l'esperimento deve poter essere ripetibile;
- si richiede inoltre la necessità che le misure effettuate su di uno stesso oggetto, quando sono immutate le condizioni di misura, rimangano stabili;
- è necessaria la riproducibilità, e cioè la possibilità di effettuare più volte il medesimo esperimento da chiunque e in qualsiasi luogo;
- prerogativa fondamentale è anche un esplicito processo di causalità, secondo cui ogni fenomeno o effetto è spiegabile da almeno una causa.

Quest'ultimo principio che sta alla base del determinismo ha il compito di individuare una spiegazione di tipo fisico per ogni fenomeno, tramite la catena delle relazioni causa-effetto, stabilendo che i fenomeni naturali siano necessariamente determinati dalle condizioni iniziali. Secondo questo rapporto, in natura, data una causa o una legge, può verificarsi solo un certo effetto o un particolare fenomeno. Infatti, mantenendo stabili le condizioni iniziali il risultato non deve cambiare.

Sebbene sia stato fondamentale per molte scoperte, il suo limite emerge però quando i fenomeni esaminati richiedono una visione d'insieme e non sono completamente spiegabili solo dalle parti.

In generale, il riduzionismo ha portato allo sviluppo di modelli teorici estremamente importanti che hanno permesso di studiare fenomeni, fare previsioni accurate e guidare ricerche successive, ma, nonostante il suo indiscusso utilizzo, negli ultimi decenni ha ricevuto diverse critiche. Secondo alcuni, in un universo teorico simile, la singola parte rischia di non essere colta come parte-di-un-tutto, ma come un'entità isolata che possa venire considerata autonoma e autosufficiente. In questo senso, il tutto perde il suo significato globale. Ulteriori critiche sostengono che questo approccio può portare ad un'eccessiva semplificazione dei fenomeni complessi, tralasciando alcuni aspetti fondamentali come il contesto sociale, culturale, ma anche le dinamiche psicologiche ed emozionali. La visione meccanicistica della natura, infatti, interpreta gli organismi viventi come semplici macchine e non considera tutti gli aspetti soggettivi che li rende unici, come ad esempio il riduzionismo biologico, che cerca di spiegare i processi biologici in termini di chimica e fisica ma non sembra in grado di spiegare altri fenomeni, come la coscienza e il comportamento.

VISIONE MECCANICISTICA E SPORT

Il principio meccanicistico nello sport applica le leggi della fisica (biomeccanica, cinematica, dinamica) considerando il corpo umano come una macchina complessa, in modo da impostare processi di ot-

timizzazione che portino al miglioramento delle prestazioni e alla prevenzione di infortuni che condurrebbero inevitabilmente all'arresto della crescita sportiva dell'individuo. Attraverso l'analisi quantitativa di forze, velocità e delle leve, si scompone il movimento in azioni ripetitive ed efficienti, trasformando l'atleta in una macchina performante tramite metodi di allenamento specifici e razionali.

Caratteristiche principali

Il suo presupposto parte dall'assunto che il miglioramento della prestazione sia la semplice somma dei miglioramenti ottenuti nelle singole sottocomponenti, per cui si tende a dividere l'allenamento in blocchi dedicati esclusivamente alla forza, alla resistenza, alla tecnica o alla tattica (per gli sport di squadra). Inoltre il movimento viene studiato attraverso la biomeccanica dei singoli segmenti corporei, ignorando spesso l'interazione dinamica tra di essi, per cui si segue un modello di causa-effetto diretto (es. "più forza massimale in palestra = più velocità in campo"), tipico della periodizzazione tradizionale.

Si basa sul principio del "top down" da cui deriva una gerarchizzazione delle singole unità di lavoro. Le due estremità del lavoro corrispondono da un lato al ciclo olimpico quadriennale, dall'altro alla singola seduta di lavoro. Si assiste ad una ripetizione creando degli stimoli allenanti che vengono classificati per la loro supposta importanza e non come elementi di un tutto.

Di conseguenza la teoria di allenamento classica fa ricorso a principi quali la specificità dell'allenamento con focalizzazione su movimenti ritenuti fondamentali.

Rischi e critiche nell'atletica leggera

Un approccio scientifico e filosofico di tal fatta fa sì che il gesto sportivo si riduca ad una sommatoria di equazioni escludendo completamente l'aspetto creativo dei programmi di lavoro e la loro interpretazione da parte dell'atleta (ad es. il contributo della sensazione dell'affaticamento, vedi scala di Borg), per cui se portato all'eccesso può condurre a forme di alienazione nelle quali l'atleta può sentirsi ridotto a un semplice ingranaggio di un sistema, volto solo al risultato/record, senza che vengano interpretate le sue reali aspirazioni. In base a questa impostazione, tutto ciò può portare facilmente al doping, perché il corpo umano visto come macchina può essere portato a forzare i propri limiti come fine ultimo, senza alcun rispetto dell'individualità personale.

Limiti dell'approccio riduzionista:

- transfert non veritieri: migliorare una capacità singola (es. panca piana) non garantisce un

transfert diretto nella prestazione sportiva specifica;

- mancanza di visione olistica: ignora le dinamiche psicologiche, emozionali e il contesto sociale, trattando le parti in modo isolato;

La visione olistica, dal greco holos (intero), è un approccio che considera sistemi, persone o problemi nella loro interezza piuttosto che come somma di singole parti. Integrando corpo, mente, spirito e ambiente, valutando le interazioni reciproche e sostenendo che il tutto è maggiore delle parti.

- divisione obsoleta: secondo Frans Bosch (Allenamento della forza e coordinazione, 2015), la divisione classica in capacità fisiche è artificiale, poiché la vera performance emerge dall'interazione tra forza, coordinazione e contesto che ci circonda.

Approccio riduzionista e metodologia di allenamento

In sintesi, la cicizzazione che presentò intorno agli anni '50 del secolo scorso il professor Matveed, che ebbe ed ha ancora grande successo in Italia, appare sicuramente obsoleta, non essendo stata in grado di rapportarsi al travolgente mutamento sociale e scientifico. Fin dalla comparsa di queste teorie nacquero però, a Est e anche in Europa, studi che affrontavano il problema della forma sportiva e della prestazione, esplorando altre vie.

Gli esponenti di tali teorie, partendo da una critica costruttiva delle teorie di Matveev, evidenziarono quattro difetti nella sua teorizzazione dell'allenamento.

- 1) la teorizzazione dei metodi di allenamento non era il risultato di una reale conoscenza del problema. Matveev, in quanto eminente professore, ebbe incarico dal Politburo (sommo organo politico dell'allora URSS) di studiare e proporre un metodo di lavoro che consentisse agli atleti russi di tutti gli sport di primeggiare nel mondo, a riprova della superiorità sociale della civiltà sovietica. Matveev, che non era un tecnico di sport ma un valente pedagogista, era del tutto a digiuno delle realtà e delle problematiche delle varie specialità sportive, per cui si affidò ai diari di lavoro dei maggiori atleti presenti in quel momento in Urss; quindi il tutto partiva da un'idea approssimativa e non realmente conoscitiva sia della preparazione che delle conoscenze teoriche e pratiche del tecnico. Matveev fu colpito dall'approccio riduzionista e si ritrovò completamente in un'analisi quantitativa in cui il miglioramento della prestazione si realizzava attraverso la somma dei miglioramenti ottenuti mediante l'allenamento in blocchi de-

dicati esclusivamente alla forza, alla resistenza, alla tecnica o alla tattica.

- 2) I principi metodologici erano puramente speculativi e la loro deduzione non posava su basi scientifiche fondate.
- 3) In quanto eminente studioso delle scienze pedagogiche egli diede maggiore importanza a questa componente dell'allenamento e trascurò quella biologica su cui invece si potevano posare i principi allenanti legati agli aspetti evolutivi dell'allenamento.
- 4) Di conseguenza non era stata posta la giusta attenzione ai progressi scientifici (che in quegli anni sono stati particolarmente tumultuosi) e ai risultati delle ricerche sperimentali.

La parte critica evidentemente perdente in una battaglia che non era scientifica, ma politica, si affannò a cercare di divulgare le proprie critiche, ma per lungo tempo risultò sconfitta.

E così Atko Viru, Yuri Verchoshansky, e all'ovest Peter Tschien, a lungo si impegnarono con i loro scritti a richiamare l'attenzione sul pericolo a cui la periodizzazione dell'allenamento intesa in senso puramente pedagogico e non anche biologico potesse portare.

In Italia, oltre le opere degli studiosi di oltrecortina, apparve negli anni '90 un interessante articolo a firma del dottor Sergio Zanon dal titolo "Fondamenti di una nuova teoria dell'allenamento per lo sport competitivo", pubblicato su SDS, nel quale l'autore sulla scorta degli studi dei dottori Tschien, Anochin e Boiko esprimeva concezioni dell'allenamento non più basate su sistemi quantitativi ma regolati dal miglioramento dei sistemi funzionali.

Il successo del metodo dei carichi progressivi fu subitaneo ed assoluto. Ancora oggi molti tecnici trovano soddisfacente tale modo di procedere, anche se diverse prove hanno potuto dimostrare l'infondatezza scientifica di tali metodi di lavoro.

Negli anni '80, il dottor Yuri Verchoshanskij, che si era distinto come critico di Matveev in quanto sostenitore della prevalenza biologica e fisiologica nell'allenamento, propose un nuovo modello di lavoro che chiamò "Blocco Concentrato Unidirezionale". Il concetto principale proposto da Verchoshanskij era quello di sviluppare poche e selezionate abilità motorie a cui accordare la priorità per ottenere risposte positive attraverso stimoli fortemente allenanti. Questi blocchi si reggono sul presupposto che le qualità motorie opportunamente e per lungo tempo stimulate avrebbero prodotto un effetto allenante ritardato a lungo termine, il quale avrebbe poi consentito all'atleta di raggiungere il più alto picco di forma nel momento di massima richiesta prestativa (leggi campionati vari).

Vari furono i critici circa la proposta di Verchoshanskij, evidenziandone diversi limiti:

- lo spostamento dell'attenzione verso effetti biologici era logico ma non si potevano tralasciare totalmente i principi pedagogici enunciati da Matveev;
- non veniva certo abbandonato il principio della progressiva ripetizione dei carichi allenanti, caposaldo dell'impostazione di Matveev;
- data la durata del blocco vi era l'impossibilità di ottenere più picchi di forma nella stagione agonistica, e con l'evoluzione dei calendari non era più possibile sostenere questa impostazione, visti i molteplici impegni ricorrenti durante tutto l'anno agonistico;
- la proposta di allenamento era estremamente scarna e riduttiva; inoltre si postulava che l'atleta, privato per lungo tempo di lavori tecnici specifici, fosse egualmente in grado di mantenere inalterate le sue abilità tecniche.

Infine i riscontri pratici non hanno dato i risultati sperati. Infatti, la comparazione degli effetti del gruppo sperimentale con quello di controllo non hanno rivelato differenze convincenti, o perché gli elementi sottoposti a tale procedura erano poche unità e quindi il lavoro non appariva statisticamente valido, o perché si rivelavano limitate adattabilità degli atleti a questo modello di lavoro.

Successivamente il dottor Vladimir Issurin ha proposto un'ipotesi di lavoro si unidirezionale, ma ad obiettivi multipli, basata sia sull'effetto cumulativo che sull'effetto residuo dell'allenamento. Essa prevede una durata di ciascun blocco di 2-4 settimane, consentendo picchi di forma multipla per 5-7 volte nell'anno, in perfetta conformità all'esigenze agonistiche moderne. Inoltre Issurin ha ben presente la necessità del lavoro tecnico e provvede ad inserire nella sua programmazione anche momenti di sviluppo e controllo dell'aspetto psicologico, nutrizionale e tecnico.

Purtuttavia i due scienziati ritengono che il ridotto numero delle abilità che vengono sviluppate possano utilmente essere realizzate proprio in virtù di un più preciso rapporto dose-effetto, il che non risponde alle necessità di risposte multiple della moderna attività agonistica, rientrando anch'essi in una logica riduzionista.

Il riduzionismo e la teoria della complessità

A partire dagli anni '70 del secolo scorso, per colmare questa situazione che da molti oramai appariva anomala, si è cominciato a mettere in discussione il riduzionismo come unico modello accettato. Con l'opera Teoria generale dei sistemi (1971), Ludwig von Bertalanffy pone le fondamenta di un nuovo modello, che viene poi proposto all'attenzione

generale da Gregory Bateson (Verso un'ecologia della mente, 2000) e da Edgar Morin (Insegnare a vivere. Manifesto per cambiare l'educazione, 2017). Questa teoria di lavoro pone al centro la globalità del sistema. Non è più fondamentale l'analisi di ciascun fattore nella sua singolarità ma l'interdipendenza tra gli elementi che compongono la loro interezza. La nuova teoria della complessità si basa proprio sullo studio integrale dei corpi e degli eventi e sulla loro unicità. Essa trova la sua applicazione in tutti gli ambiti, come la matematica, fisica, scienze, economia, ma anche umanistici, come la psicologia e la filosofia.

Prima di delineare i principi fondamentali di questo approccio, è necessario innanzitutto distinguere i termini "semplice", "complicato" e "complesso".

Per sistema semplice s'intende un insieme composto da pochi elementi, indipendenti tra loro, meccanicamente assemblati. Possiamo pensare ad esempio ad una sedia, composta da quattro gambe, la seduta e lo schienale.

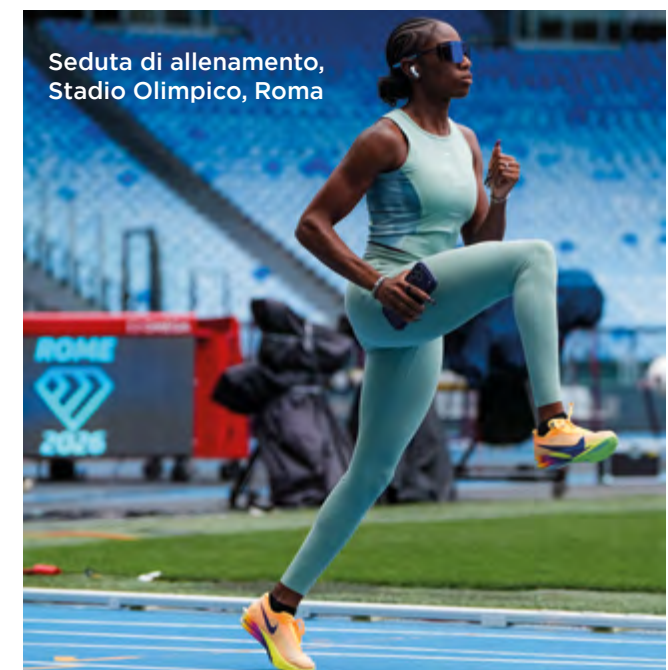
Medesima definizione hanno i sistemi complicati; tuttavia il numero di elementi è maggiore, come può essere un'automobile.

Più articolato, invece, è il concetto di complesso. John Holland, studioso dei "sistemi complessi collettivi", lo definisce *"Un sistema complesso adattativo (SCA), un sistema aperto formato da numerosi elementi che interagiscono fra loro in modo non lineare. Questi costituiscono una entità unica, organizzata e dinamica, capace di evolvere e adattarsi all'ambiente"*. Le singole parti che lo compongono, quindi, sono interconnesse, comunicano e operano le une in funzione delle altre e si influenzano vicendevolmente. Esempi ne sono gli organismi viventi, gli ecosistemi, ma anche i mercati finanziari e persino le squadre di calcio.

Le proprietà dei sistemi complessi

Chiarita la definizione, cerchiamo di approfondire le caratteristiche dei sistemi complessi per comprendere come possiamo riconoscerli e di conseguenza come sia possibile intervenire in modo idoneo su di essi.

Primariamente, caratteristica degli oggetti semplici è la loro possibilità di essere smontati e rimontati. Come già anticipato essi sono meccanicamente costruiti e possono essere divisi e riassemblati "n" volte nelle loro parti costituenti, ripristinandone sempre la funzionalità, operazione evidentemente non trasferibile sugli organismi. Se sezioniamo un essere vivente, le singole parti, oltre a non poter essere riassemble, non possono sopravvivere separatamente, muoiono loro e con loro tutto l'organismo, così come se pensiamo di escludere un animale da un ecosistema cade la catena alimentare: essi vivono grazie alla loro reciproca interazione.



Seduta di allenamento,
Stadio Olimpico, Roma

Negli oggetti semplici, inoltre, l'aumento o la diminuzione di un elemento non si ripercuote sugli altri elementi. Infatti, se aumentiamo o diminuiamo il numero delle gambe di una sedia, quest'operazione non provoca nessun cambiamento negli altri pezzi, che svolgono la loro funzione allo stesso modo. Al contrario, un animale estraneo che approda in un ecosistema, romperà gli equilibri presenti in natura, potenzialmente creando grandi scompensi.

Quanto esposto finora viene riassunto nella massima *"nei sistemi complessi l'insieme è più della somma delle singole parti"*. Nel totale affiorano proprietà nuove che gli elementi separatamente considerati non possiedono. Esplicativo il caso dell'acqua: se idrogeno e ossigeno isolati in natura si trovano allo stato gassoso, quando si legano a determinate temperature ne risulta o lo stato liquido o solido. Le nuove proprietà che affiorano sono definite emergenti, in quanto si distinguono dall'interazione delle parti elementari costituenti. Se prendiamo in esame il cervello, nessun neurone singolarmente è autosufficiente dal punto di vista funzionale, ma dalla connessione di miliardi di neuroni emergono fenomeni complessi come coscienza, linguaggio, pensiero ed emozioni.

In questi sistemi, di conseguenza, anche se conosciamo le caratteristiche dei singoli componenti non siamo in grado di predire con certezza le proprietà del sistema finale. Si esplicita, così, un altro concetto fondante questa teoria: la non linearità. *"Una relazione è non lineare quando non è possibile descriverla con sequenze e funzioni lineari e non è dominante un fattore più degli altri"*.



Riunione tecnica
a Gaborone, 2026

assodato che piccoli cambiamenti producano solo piccoli effetti e grandi cambiamenti producano solo grandi effetti, e che ad una causa sia associato un unico effetto (mono-stabilità), il comportamento di un sistema complesso non è prevedibile, anche conoscendo dettagliatamente gli input che perturbano il sistema. L'output, prima di tutto, non è proporzionale all'impulso; ci può essere più di una risposta allo stesso stimolo e, ancor più, in molti casi tale output non è prevedibile, poiché può produrre molti effetti (multi-stabilità). Un microscopico impulso può creare una perturbazione esponenzialmente grande e altrettanto facilmente può essere vero il contrario, nel quale forti interventi esterni possono non stravolgere un sistema che si adatta a tali influenze. Questa proprietà venne teorizzata nel 1963 da Eduard Lorenz, il matematico e meteorologo che coniò il termine *"butterfly effect"*. Con l'intento di creare un modello matematico per la simulazione di eventi meteorologici, un giorno, per comodità, arrotondò un valore decimale da inserire nell'equazione di predittività. Convinto non apportasse rilevanti variazioni per il suo studio, inserì il valore di 0,506 piuttosto che 0,506127. In tal modo, però, egli ottenne situazioni meteorologiche completamente diverse, tanto che, laddove prima spendeva il sole, successivamente si formò un potente uragano. Per esporre questo fenomeno, comunemente conosciuto come effetto farfalla, estremizzando, viene utilizzato il metaforico e famoso esempio secondo cui un apparente e insignificante evento come il battito di ali di una farfalla in Brasile può causare un catastrofico uragano in California un mese dopo.

La stabilità dei risultati che si ricercava prima, capite queste proprietà, non può assumere più la stessa importanza. Infatti, il non determinismo e l'imprevedibilità ci permettono di muoverci solo entro i confini della probabilità e spesso ci si cimenta in nuovi risultati non attesi. I sistemi complessi sono, inoltre, aperti, ovvero sono in grado di interagire con l'ambiente attraverso lo scambio di materia, energia o informazioni, e dinamici, quindi in grado di rispondere alle perturbazioni e di adattarsi ai mutamenti che avvengono in esso. Facile pensare al comportamento di un uccello che, in pieno volo, si adatta alle correnti del vento o, più emblematico, l'adattamento genetico delle specie nell'evoluzione millenaria. Ogni elemento di ciascun sistema agisce spinto da regole relativamente autonome per tendenze spontanee all'adattamento ai cambiamenti, e non sotto un comando esterno: dalle azioni di ciascuno, emerge un comportamento collettivo coordinato. In merito al volo degli stormi di uccelli, numerosi sono stati gli studi per comprendere la capacità comunicativa e organizzativa di questi animali per riuscire a creare i disegni coor-

dinati che osserviamo in cielo. I risultati più attendibili hanno mostrato come non esista uno schema di movimento prefissato o un leader che imponga i movimenti, ma che tale coreografia sia il risultato proprio della somma dell'agire posto in atto dai singoli uccelli.

Craig Reynolds, un ingegnere informatico californiano, ha provato a ricreare al computer una simulazione di uno stormo per studiarne il comportamento. Egli impose ai finti animali solamente due regole semplici: "non andare a sbattere contro altri uccelli" e "non allontanarti troppo dal gruppo". Una volta lasciati liberi nel mondo virtuale gli uccelli informatici si comportavano in modo analogo a uccelli reali. Essi avevano formato uno stormo che si muoveva armoniosamente sullo schermo, e nel momento in cui incontrava ostacoli, si divideva in gruppi per evitarli, per poi ricongiungersi non appena questi ostacoli venivano superati. Il complesso comportamento sociale era emerso spontaneamente dall'applicazione di semplici regole, senza che fosse programmato o imposto da Reynolds. Il termine bottom-up (dal basso in alto), è stato coniato per descrivere questi sistemi nei quali sono le parti elementari che determinano il comportamento globale tramite il loro agire individuale, come nell'esempio appena riportato. Tale approccio si contrappone all'organizzazione top-down, nel quale i processi decisionali avvengono all'apice della gerarchia e poi vengono comunicati ai singoli elementi, come si pensava avvenisse nella maggioranza dei sistemi che incontriamo nella quotidianità. Si rafforza, inoltre, l'idea che, non per forza comportamenti complessi abbiano radici complesse.

La teoria dei sistemi dinamici in atletica leggera, in contrasto al concetto riduzionista, esamina il corpo dell'atleta come un sistema complesso auto-organizzato, che evolve nel tempo in risposta a stimolazioni sia interne di tipo fisiologico che ambientali (allenamento, gara). Piuttosto che un controllo motorio che partendo dall'alto scende verso il particolare, si osserva l'intera complessità della coordinazione motoria specifica, fondamentale per gestire abilità tecniche e variazioni contestuali, superando i modelli gerarchici rigidi.

Per cui:

- il movimento non è determinato solo dal cervello, ma emerge dall'interazione tra vincoli dell'organismo (forza, resistenza, tecnica), ambientali (pista, vento) e del compito (regole di gara);
- il sistema neuromuscolare si organizza spontaneamente per trovare la soluzione motoria più efficiente in risposta ad una determinata situazione;
- la variabilità del movimento è considerata funzionale, non un errore da correggere, per cui le differenze individuali sono valorizzate.



Allenamento degli azzurri
a Gaborone, 2026

Gli allenatori, utilizzando questo approccio, dovranno essere in grado di manipolare i vincoli progettando nuove situazioni motorie (ad es. cambiando la velocità di esecuzione attraverso attrezzi facilitatori, elastici, dislivelli o attrezzi più leggeri o più pesanti, coni a distanze irregolari, es. 1m - 1,5m - 1,2m, salti su superfici diverse, es. tappeto morbido, pedana rigida, erba), in modo da far cambiare la risposta elastica del sistema neuromuscolare e per rendere più semplice l'apprendimento tecnico. Questo approccio è fondamentale per ottimizzare la performance nelle discipline di atletica, integrando aspetti coordinativi, energetici e psicologici piuttosto che limitarsi a istruzioni verbali. L'applicazione della Teoria dei Sistemi Dinamici (DST) nell'atletica leggera rappresenta un cambio di paradigma rispetto ai modelli meccanicistici tradizionali. Invece di considerare l'atleta come un sistema lineare che esegue programmi motori predefiniti, la DST vede il movimento come un fenomeno emergente derivante dall'interazione tra l'organismo, il compito e l'ambiente. Sebbene ulteriori studi dovranno approfondire l'influenza di molti vincoli nei processi di apprendimento, possiamo concludere che, senza imporre soluzioni di movimento, ma modificando le caratteristiche delle proposte, si manifestano comportamenti differenti.

Pertanto, mantenendo al centro l'atleta, la scelta e la struttura reale del movimento tecnico stesso, è possibile veicolare l'emergere di alcuni comportamenti specifici piuttosto che altri durante l'allenamento, il che porta ad un miglioramento prestativo.

Conclusioni

L'utilizzazione dei sistemi dinamici in atletica leggera si è progressivamente affermata in seguito a modificazioni di tipo strutturale (diverse richieste agonistiche, progressiva affermazione del professionismo, durata del periodo agonistico che con la proliferazione delle manifestazioni indoor ha portato gli atleti a condensare e circoscrivere le fasi di preparazione). Anche un nuovo modo di intendere la società e come viverla hanno portato a una nuova interpretazione del momento agonistico, per cui atleti di medio-basso livello preferiscono cimentarsi in gara piuttosto che passare lunghi periodi nella preparazione di un'ipotetica prestazione top. Tutto ciò ha provocato una nuova ipotesi di teoria dell'allenamento che ha portato a riconsiderare i vari periodi della preparazione annuale creando brevi fasi di allenamento per consentire un immediato momento agonistico. Per cui, in definitiva, una visione dinamica dell'allenamento appare allo stato attuale la risposta più consona alle richieste di un'atletica moderna.



ANALISI DELLA PRESTAZIONE TRAMITE BIOIMPEDENZIOMETRIA REGIONALE DA CAMPO IN VELOCISTE E VELOCISTI DURANTE IL MACROCICLO ANNUALE

Finale 100 metri, Campionato del mondo, Tokyo 2025

La velocità, in atletica leggera, sembra raccontarsi tutta nei centesimi di secondo e nei metri guadagnati alla linea del traguardo. Eppure, sotto la pelle di chi corre, si gioca una partita molto più sottile, fatta di membrane cellulari, fluidi corporei e impulsi elettrici che precedono e accompagnano ogni scatto. Lo studio qui presentato, scava esattamente in questo territorio, applicando per la prima volta in maniera longitudinale e su un intero macrociclo annuale la bioimpedenziometria vettoriale regionale (BIVA) a un gruppo di velociste e velocisti italiani di livello intermedio. Il valore di questo lavoro non risiede soltanto nella raffinatezza tecnica della metodologia, già consolidata in altri sport come il calcio, ma nell'aver colmato un vuoto specifico: la scarsità di dati bioelettrici regionali — distinti per braccia e gambe — riferiti alla velocità pura, e la quasi totale assenza di confronti sistematici tra atlete e atleti seguiti nel tempo. Ne emerge un quadro ricco di implicazioni pratiche, a partire dalla scoperta di un'asimmetria

corporea marcatamente più accentuata nelle donne, e legata a tempi di gara più lenti sia sui 100 che sui 200 metri, fino al ruolo, spesso sottovalutato, della spinta propulsiva delle braccia. Le conclusioni a cui giunge l'autore restituiscono un'immagine netta: la correlazione tra qualità muscolare e prestazione risulta più marcata nelle atlete donne. Da questa consapevolezza nasce la proposta originale dello studio: lo Sprinter Performance Index (SPI), un indice che combina reattanza delle braccia, reattanza delle gambe e angolo di fase delle gambe rapportati alla resistenza totale, che si rivela l'unico parametro in grado di azzerare la differenza di genere nella valutazione della condizione di forma. Un contributo che parla a tecnici e preparatori atletici, offrendo strumenti concreti per leggere i segnali che il corpo dell'atleta invia prima ancora che il cronometro li traduca in numeri.

Federico Pasquali

Luigi Pasini

- Ricercatore al IRCCS - Istituto romagnolo per lo studio dei tumori "Dino Amadori"
- Consulente nutrizionale per l'Istituto di medicina dello sport "Turno Lubich" CONI-FMSI

- Istruttore FIDAL di 1° livello
- Dottorato di ricerca in Biologia e fisiologia cellulare
- Master 1° livello in Scienza dell'alimentazione e dietetica applicata
- Master 2° livello in Nutrizione sportiva

SOMMARIO

Introduzione: L'analisi vettoriale dell'impedenza bioelettrica (BIVA) è un metodo da campo rapido che garantisce misurazioni oggettive e ripetibili dei cambiamenti fisiologici, facilitando il controllo nel tempo della condizione di forma dell'atleta. Ciononostante, il legame tra le variazioni dei parametri bioelettrici e le prestazioni atletiche degli sprinter di atletica leggera, sia uomini che donne, è stato finora poco esplorato.

Metodi: Nella nostra analisi abbiamo effettuato confronti trasversali e longitudinali dei parametri BIVA, sia con una valutazione convenzionale *whole-body* che con misurazioni delle distinte regioni muscolari (braccia e gambe), in un totale di 12 velociste e 9 velocisti di livello intermedio (Tier 3). Le misurazioni sono state raccolte durante i quattro mesocicli di periodizzazione annuale (T1-T4), insieme a dati antropometrici e in associazione con le prestazioni in gara (100 e 200 metri), con test di forza massimale (squat completo, panca piana, stacco da terra) e con test di sprint ripetuti (4x4 per 80 metri). Abbiamo inoltre studiato l'influenza delle abitudini alimentari su queste variazioni e sulla prestazione. Infine, dai dati raccolti abbiamo sviluppato uno specifico indice di prestazione (SPI, *Sprinter Performance Index*).

Risultati: In generale, sia negli uomini che nelle donne, si evidenziava una riduzione di grasso corporeo (sottocutaneo) avvicinandosi al periodo agonistico, più marcata tra gli atleti che hanno seguito un piano alimentare *ad hoc*. Per quanto riguarda le donne, c'era una forte correlazione tra il personale stagionale e diversi indici di massa magra; in particolare, le atlete più forti, sia sui 100 che sui 200 metri, mostravano reattanza (Xc) e angolo di fase (PhA) nelle gambe più elevati. Da rilevare che, rispetto alla media degli uomini, le donne hanno subito un precoce declino di forza e di prestazione (SPI/altezza: -9,5%; tempo di gara più lento del +2,03%) da aprile a luglio (T3-T4). Negli uomini, la Xc delle braccia risultava l'unico parametro in grado di discriminare la prestazione su entrambe le distanze. In più, gli uomini che hanno seguito la dieta hanno prolungato il picco di prestazione stagionale T3-T4 (SPI/altezza: +2,3%; tempo di gara più veloce dell'1,1%). Nei test di resistenza alla velocità, le donne hanno mostrato un rapido affaticamento con una riduzione brusca del PhA delle gambe (-3,8%) e un innalzamento significativo della reattanza parallela (XcP) delle braccia (6,9%), pre e post test; al contrario, gli uomini hanno subito un modesto ma significativo calo della

Xc delle braccia (-2,4%), e un minore incremento (non significativo) della XcP delle braccia (2,6%). Infine, il dato più rilevante emerso riguardava la notevole disparità tra i due sessi nella simmetria corporea, indicando nell'Xc delle braccia (per i 100 m) e nel PhA delle gambe (per i 200 m) le caratteristiche predominanti per discriminare tra atlete più veloci e più lente.

Conclusione: L'analisi BIVA regionale ha evidenziato cambiamenti fisiologici cruciali nelle atlete che le misurazioni whole-body non sarebbero in grado di rilevare. In particolare, i valori legati alla forza e alla simmetria strutturale e funzionale delle braccia sarebbero fattore indispensabile per la propulsione nello sprint e un indicatore di prestazione importante.

LISTA DELLE ABBREVIAZIONI

Antropometria:

TSF, plica cutanea del tricipite
BSF, plica cutanea del bicipite
SSF, plica cutanea sottoscapolare
SISF, plica cutanea sovrailiaca
ASF, plica cutanea addominale
MTHSF, plica cutanea mediale della coscia
CSF, plica cutanea mediale del polpaccio
Σ Braccia, TSF + BSF
Σ Gambe, MTHSF + CSF
Σ Tronco, SSF + SISF + ASF
Σ7SKF, somma delle sette pliche cutanee

BIVA:

BCM, massa cellulare corporea
BCMI, indice di massa cellulare corporea
BM, massa corporea
BMI, indice di massa corporea
ECW, acqua extracellulare
FFM, massa magra
FM, massa grassa
ICW, acqua intracellulare
LMI, indice muscolare di Levi
LST, tessuto molle magro
PhA, angolo di fase
R, resistenza
RP, resistenza in parallelo
SMI, indice di massa muscolare scheletrica
SMM, massa muscolo scheletrica
SPI, sprinter performance index
TBW, acqua totale corporea
Xc, reattanza
XcP, reattanza in parallelo
Z, impedenza
ZP, impedenza in parallelo

Test di forza:

1-RM, *one-rep max* (test di forza massimale)
DS, *deep squat* (squat profondo)
BP, *bench press* (panca piana)
BD, *barbell deadlift* (stacco da terra)

Statistica:

SD, deviazione standard
SB, *seasonal best* (miglior prestazione stagionale tra T3 e T4)

INTRODUZIONE

L'analisi vettoriale dell'impedenza bioelettrica (BIVA), o bioimpedenziometria, è una tecnica da campo promettente per valutare lo stato fisiologico degli atleti e monitorare le loro risposte all'allenamento nel tempo. Il dispositivo utilizzato tipicamente trasmette una corrente alternata, non percepibile dal soggetto, a bassa intensità (245 μ A) e alta frequenza (solitamente 50 kHz) attraverso la pelle, basandosi sul principio che la massa magra (FFM) è costituita per il 70-75% da liquidi in cui sono disciolti ioni e molecole polarizzate in grado di generare il flusso elettrico [1].

La BIVA classica *whole-body* si riferisce a misurazioni di resistenza (R) e reattanza (Xc) per l'intera lunghezza corporea, normalizzate per l'altezza (H) e visualizzate come grafico R-Xc/H all'interno di un'ellissi di tolleranza, riferita a una popolazione di individui, generica o specifica per atleti [2].

La R è quantitativamente predominante e misura l'opposizione dei tessuti e delle cellule (principalmente muscolari) al passaggio di corrente nel corpo, dando informazioni sulla struttura muscolare e dei tessuti interstiziali; la Xc indica il ritardo temporale causato dalla capacità elettrica della membrana cellulare (dove le cellule sono intese come condensatori disposti in serie e in grado di immagazzinare carica elettrica), fornendo dei valori che possono riferirsi alle qualità contrattili [3].

Chiaramente, i valori di R e Xc sono in ultima istanza influenzati dalla lunghezza e dalla sezione della porzione muscolare degli arti (per esempio braccia e gambe con un diametro maggiore e una densità cellulare più elevata avranno valori di R più bassi, a prescindere dalla capacità elettrica della fibra muscolare). Contemporaneamente, lo spostamento del vettore di impedenza (Z), derivato dal rapporto R/Xc, fornisce informazioni qualitative sullo stato di idratazione, con la lunghezza del vettore inversamente proporzionale all'acqua corporea totale (TBW).

L'angolo di fase (PhA), riferibile alla fase elettrica con cui la corrente si muove nei tessuti e incontra le membrane cellulari, è un altro elemento importante della BIVA legato alla prestazione atletica, fungendo da indicatore consolidato della salute cellulare e dell'integrità delle membrane cellulari, in particolare dopo programmi di allenamento di velocità e forza [3]. Allo stesso tempo, le alterazioni che portano a spostamenti di R e Xc influenzano il PhA, dato che il suo valore è la trasformazione angolare del rapporto tra R e Xc. Sono ora disponibili modelli matematici che integrano variazioni nell'idratazione e nella densità dei tessuti per facilitare la valutazione precisa delle modificazioni fisiologiche [4]. Grazie ai recenti progressi tecnologici e al numero crescente di studi in cui sono state sviluppate equazioni predittive specifiche per determinare la composizione corporea (distribuzione dei liquidi, tessuto adiposo e varie componenti della massa magra), la BIVA ha dimostrato di fornire risultati affidabili e comparabili a metodi di riferimento come l'assorbimetria a raggi X a doppia energia (DEXA) [5].

Tuttavia, la massa grassa (FM) è scarsamente approssimata dalla BIVA, e sono necessari approcci alternativi, come l'antropometria [6]. In ambito sportivo, quando la BIVA viene applicata a corpo disteso e con gli elettrodi posti alle estremità dei quattro arti, questa tecnica trova un buon accordo con la DEXA nel calcolo dell'acqua extracellulare (ECW) e intracellulare (ICW), e quindi della TBW, con una buona stima della FFM e un errore ridotto per la FM, mediante equazioni predittive specificamente sviluppate per gli atleti [7]. Inoltre, l'uso della BIVA è stato essenziale per la definizione di specifiche ellissi di tolleranza R-Xc per gli atleti, fornendo dati di riferimento cruciali per valutare la composizione corporea in individui di entrambi i sessi, sebbene ci si basi tuttora su una popolazione mista di discipline sportive [8, 9].

Rispetto alla BIVA classica *whole-body*, la BIVA regionale rileva la variazione di R, Xc e PhA in aree anatomiche distinte (braccia, tronco e gambe) e offre una comprensione precisa e completa della composizione corporea e della condizione fisiologico-muscolare, con stime anche sul cosiddetto tessuto molle magro (LST), andando oltre la semplice valutazione della distribuzione dei liquidi [10, 11].

Tra tutti i parametri bioelettrici, il PhA regionale, misurato in parti del corpo critiche per gli specifici gesti atletici, è il più rilevante per valutare i cambiamenti fisiologici legati alla forza in diversi sport, poiché ampiamente determinato, oltre che dalla massa muscolare degli arti, anche dall'architettura delle cellule muscolari scheletriche e dal loro orientamento. Per esempio, il PhA degli arti superiori mostra un'associazione diretta con l'azione svolta sul remo nel canottaggio, particolarmente in fase di recupero [12]. È stato anche riportato che il PhA della parte superiore del corpo correla positivamente con la forza delle braccia nelle pallavoliste [13]. Il PhA degli arti inferiori invece si è dimostrato più informativo del PhA *whole-body* nel monitoraggio della condizione neuromuscolare in test di potenza nel calcio [14]. Il PhA delle gambe è anche direttamente associato alla capacità di *squat jump* [15]. In definitiva, il PhA regionale è considerato essenziale per valutare la forza propulsiva in vari sport [16].

Nonostante ciò, pochi lavori hanno finora esaminato in maniera longitudinale la connessione tra dati bioelettrici regionali e la prestazione [17]. La maggior parte di questi studi è comunque focalizzata sulla stagione agonistica nel calcio e le loro conclusioni spesso divergono o sono influenzate dalle abitudini alimentari dei soggetti [18,

19]. Uno studio relativo all'atletica leggera considera le distanze di fondo e mezzofondo, e non le discipline di velocità, collegando i cambiamenti nella R e gli incrementi nel PhA all'aumento di fluido intracellulare a seguito di un presunto aumento del contenuto di glicogeno in associazione alla capacità di resistenza [20].

Per quanto riguarda la prestazione legata allo sprint, la maggior parte dei dati proviene da studi trasversali, e non longitudinali, condotti su calciatori per altro [17]. In generale viene mostrato che il PhA correla con una migliore massa cellulare corporea (BCM) e massa muscolare scheletrica (SMM), oltre che con la capacità di sprint [21], dimostrandosi valido parametro per valutare l'incremento della fatica dopo sprint ripetuti [22]. Ci sono alcune indicazioni nei velocisti maschi, comunque, secondo cui le misure antropometriche e gli indici di massa magra si associno a migliori prestazioni [23]. Altri studi hanno fornito utili valori di riferimento nell'atletica per le misure antropometriche e di composizione corporea mediante DEXA [24].

In uno studio interessante di tre anni, longitudinale, l'analisi di bioimpedenza è stata associata al grado di sviluppo e all'età in cui è raggiunto il picco di velocità in atleti adolescenti, indicando un livello più elevato di variabilità per le ragazze [25]. Resta il fatto che ci sia carenza di dati in atletica leggera riguardanti la BIVA, soprattutto nelle atlete più evolute. Ancora una volta, la maggior parte delle informazioni proviene dal calcio, dove, in generale, è stata convalidata un'associazione tra forza massimale, sprint e capacità di salto [26]. Sempre nel calcio, quando la BIVA è stata utilizzata per rilevare cambiamenti nella composizione corporea indotti dal ciclo mestruale non sono stati confermati effetti evidenti sulla prestazione [27]. Ad oggi, risultati rilevanti in atletica leggera derivano da pochi studi che hanno sottolineato la discrepanza esistente tra i due sessi non solo nei test di velocità, ma anche in termini di asimmetria dei valori bioelettrici regionali [28, 29, 30]. Il limite di questi precedenti lavori è però quello di non includere una valutazione longitudinale.

Nel presente studio, seguendo i cambiamenti delle misurazioni bioelettriche grezze e della composizione corporea durante un intero macrociclo annuale di allenamento e gare, presentiamo risultati che potrebbero contribuire alla comprensione dei molteplici fattori che determinano la prestazione di velocità in atletica leggera. Ci proponiamo, inoltre, di colmare in parte lo scarso approfondimento delle differenze di genere nella valutazione obiettiva della prestazione. I nostri dati potrebbero quindi essere d'aiuto per allenatori e preparatori atletici nell'interpretazione delle fluttuazioni stagionali osservate nei singoli atleti e atlete e legate allo sviluppo della forza muscolare e della fatica associate allo sprint, potendo diventare predittivi della prestazione in gara.



METODI

Disegno dello studio

Lo studio è di tipo osservazionale e retrospettivo di serie di casi, condotto in conformità con le linee guida *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) [31]. Sono stati considerati quattro momenti temporali (T1, preparazione generale; T2, preparazione specifica invernale; T3, fase pre-agonistica primaverile; T4, periodo agonistico), corrispondenti all'inizio di ciascun mesociclo durante un intero macrociclo annuale (complessivamente dieci mesi di periodizzazione dell'allenamento, da ottobre a luglio). In ogni fase, l'analisi BIVA *whole-body* e regionale è stata eseguita in concomitanza con un test di forza massimale per un sottogruppo di atlete (di cui era disponibile *follow-up* completo). I dati BIVA sono stati rilevati anche prima e dopo una sessione di allenamento di resistenza alla velocità con sprint ripetuti (4x4 sprint da 80 m). Le misure antropometriche sono state rilevate a T1 e T4. Quattro atleti maschi hanno seguito un piano nutrizionale *ad hoc* durante l'intero periodo di osservazione. Tutti i test sono stati condotti presso lo stadio "E. Baumann" - ASD Virtus Atletica (Bologna, Italia).

Soggetti

Tutti i soggetti hanno partecipato volontariamente allo studio, dopo aver ricevuto informazioni dettagliate su procedure e metodologie, in conformità con la Dichiarazione di Helsinki del 2013 [32]. Sono stati inclusi solo gli atleti che soddisfacevano i seguenti criteri di ammissibilità: (1) età compresa tra 18 e 34 anni; (2) regolare tesseramento presso la Federazione Italiana di Atletica Leggera (FIDAL) per la stagione in corso; (3) sei anni di esperienza in competizioni di atletica leggera; (4) essere classificati come livello Tier 3 [33]; (5) non aver subito infortuni o procedure chirurgiche nei tre mesi precedenti; (6) non utilizzare alcun farmaco che possa influenzare le prestazioni atletiche. In totale, sono stati selezionati 12 velociste (età: $23,5 \pm 3,7$ anni, statura: $166,3 \pm 3,3$ cm, massa corporea: $58,3 \pm 4,6$ kg; media $\pm$ deviazione standard) e 9 velocisti (età: $23,9 \pm 5,2$ anni, statura: $179,0 \pm 6,3$ cm, massa corporea: $72,6 \pm 10,7$ kg; media $\pm$ deviazione standard). Tutti i soggetti sono stati inclusi per la valutazione trasversale a T4, mentre le misurazioni complete longitudinali da T1 a T4 sono disponibili solo per $n=6$ atlete e $n=7$ atleti. Tutti i dati fisici, prestazionali e biometrici sono stati resi anonimi prima di eseguire l'analisi.

Procedure generali

Tutte le valutazioni sono state eseguite nel pomeriggio, a vescica vuota, durante la settimana di scarico e dopo 24 ore di riposo completo dall'ultima sessione di allenamento, secondo una procedura standard [34]. Agli atleti è stato inoltre chiesto di digiunare per almeno due ore prima, di astenersi dal consumo eccessivo di caffeina e alcol, di mantenere le proprie abitudini alimentari e di avere un'idratazione adeguata. Il test sugli sprint ripetuti è stato condotto durante la fase T2 (periodo invernale): le misurazioni BIVA sono state effettuate immediatamente prima del riscaldamento all'inizio della sessione di allenamento e dopo dieci minuti di defaticamento; agli atleti è stato chiesto di mantenere un livello sufficiente di idratazione durante l'allenamento. Il protocollo convenzionale di doccia fredda post-allenamento [35] non è stato seguito, tuttavia ci siamo assicurati che non si verificassero cambiamenti significativi nella temperatura cutanea tra prima e dopo l'allenamento: la temperatura della fronte è stata rilevata per tre minuti fino alla stabilizzazione con un termometro digitale (H-B Instrument™ Durac™s High-Temp Precision RTD electronic thermometer, Thermo Fisher). Non essendo possibile far coincidere la stessa fase del ciclo mestruale per ogni atleta donna, abbiamo deciso di dare priorità a che le misurazioni fossero concomitanti con la settimana di scarico e il giorno post-riposo. Tutte le misurazioni, ciascuna di tre rilevamenti (su cui sono stati calcolati i valori mediati utilizzati per l'analisi dei dati), sono state effettuate dallo stesso operatore.

La valutazione del miglioramento o del decremento della prestazione in gara (riferimento **Figura 6** e **Figura 7**) è stata fatta mediando la percentuale di variazione dei tempi di gara sia nei 100 m che nei 200 m ottenuti tra T3 e T4.

Misurazioni bioelettriche

Le misurazioni di bioimpedenziometria sono state ottenute mediante un analizzatore bioelettrico sensibile alla fase con una corrente di 245 μ A a singola frequenza di 50 kHz (BIA 101 BIVA® PRO, Akern S.r.l.), seguendo le linee guida di riferimento [34]. I soggetti sono stati distesi in posizione supina su una superficie non conduttiva per almeno due minuti prima della misurazione, con gli arti superiori a 30° dal tronco, le gambe aperte a 45° rispetto alla linea mediana del corpo e nessun contatto tra arti e tronco o tra gli arti stessi. La pelle è stata preparata pulendola con una soluzione alcolica al 70% prima di posizionare bilateralmente un totale di otto elettrodi adesivi e monouso (Biatrodes®, Akern S.r.l.) a bassissima impedenza intrinseca ($<30 \Omega$): quattro per le mani e

quattro per i piedi. Gli elettrodi prossimali della mano sono stati posizionati tra i processi stiloidei del radio e dell'ulna, mentre gli elettrodi distali della mano sono stati localizzati al centro della terza falange prossimale; gli elettrodi prossimali del piede sono stati posizionati tra i malleoli mediale e laterale, e gli elettrodi distali del piede a livello della seconda e terza articolazione metatarso-falangea [36]. Il dispositivo è stato calibrato il giorno di ogni valutazione utilizzando il circuito di controllo standard fornito dal produttore, con un'impedenza nota ($R = 380 \Omega$; $X_c = 45 \Omega$): la precisione dello strumento era dello 0,1% sia per R che per X_c . I valori di braccia e gambe sono stati calcolati mediante il software dello strumento Akern, basato su modelli proprietari di distribuzione della corrente, relativi alle misurazioni per gli emisomi del lato destro (mano-piede destro) e sinistro (mano-piede sinistro) e della parte superiore (mano-mano) e inferiore (piede-piede) del corpo. L'impedenza (Z) è stata calcolata come la radice quadrata di $R^2 + X_c^2$, e il Φ_A come l'arcotangente di $(X_c/R \times 180^\circ/\pi)$. Per correggere l'effetto della lunghezza del conduttore, i valori *whole-body* di Z , R e X_c sono stati standardizzati per l'altezza del soggetto (H), risultando in un vettore di bioimpedenza tracciato su un grafico di riferimento R/H , X_c/H , con ellissi di tolleranza specifiche per atleti maschi e femmine [9]. Gli equivalenti paralleli dei valori bioelettrici (RP , X_cP , ZP) sono stati calcolati secondo Francisco et al. [37]. TBW, ECW e ICW, così come FFM e FM, sono stati determinati utilizzando le equazioni sviluppate da Matias et al. [38, 39]. La stima del LST deriva dalla formula proprietaria di Akern. Il calcolo della BCM è stato basato sull'equazione di Dittmar et al. [40], e l'indice di massa cellulare corporea (BCMI) è stato definito come BCM/H^2 (kg/m^2). La massa muscolare scheletrica è stata determinata secondo Janssen et al. [41], e l'indice muscolare scheletrico (SMI) è stato definito come SMM/H^2 (kg/m^2). L'indice muscolare di Levi (LMI) è stato calcolato come precedentemente riportato [42]. Tutte le misurazioni bioelettriche sono mediate tra destra e sinistra.

L'indice di prestazione proposto è definito come:

$SPI (\Omega \cdot s) = (X_c \text{ Braccia} \times X_c \text{ Gambe} \times \Phi_A \text{ Gambe})/R \text{ totale}$

Antropometria

Le misurazioni a T1 e T4 sono state effettuate immediatamente prima della valutazione BIVA, seguendo le linee guida della *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) [6]. I valori includevano: sei circonferenze (braccio rilassato, vita, addominale, fianchi, coscia mediana e polpaccio) e sette pliche cutanee (TSF, plica tricipitale; BSF, plica bicipitale; SSF, plica sottoscapolare; SISF, sovrailiaca; ASF, plica addominale; MTHSF, plica mediale della coscia; CSF, plica mediale del polpaccio) che sono state rilevate rispettivamente con un metro a nastro di classe medica (approssimazione di 0,1 cm; Bauerfeind) e con un calibro meccanico di precisione (approssimazione di 0,1 mm; Gima S.p.A.); massa corporea (BM), misurata con una bilancia di precisione (approssimazione di 0,1 kg; Seca813, Seca GmbH & Co.); statura, misurata con uno stadiometro (approssimazione di 0,5; Seca220, Seca GmbH & Co.). Le circonferenze della coscia e del polpaccio e le sette pliche sono state misurate sul lato destro del corpo. Sono state calcolate anche la somma delle braccia ($\Sigma Arms$: TSF, BSF), delle gambe ($\Sigma Legs$: MTHSF, CSF), del tronco ($\Sigma Trunk$: SSF, SISF, ASF) e delle sette pliche in totale ($\Sigma 7SKF$). La BM è stata registrata prima di ogni acquisizione BIVA, durante il *follow-up* (da T1 a T4) e anche immediatamente prima e dopo il test di sprint. Tutti i valori sono stati mediati da tre misurazioni ripetute per ogni parametro per ridurre l'errore tecnico [43]. L'indice di massa corporea (BMI) è stato calcolato con la formula standard: $BMI = BM/H^2$ (espresso in kg/m^2).

Test di forza massimale e sprint ripetuti

Il test di forza massimale consisteva nella stima del peso massimo che l'atleta poteva sollevare per una singola ripetizione (1-RM) di tre esercizi specifici, normalmente associati alla prestazione nello sprint: squat profondo (DS, *deep squat*), panca piana (BP, *bench press*) e stacco da terra (BD, *barbell deadlift*). Prima del test, gli atleti hanno eseguito un riscaldamento standard e una fase di acclimatamento di 20 minuti, seguiti da un aumento progressivo dei pesi sollevati (da 10 kg a 5 kg), eseguendo ogni esercizio con una singola ripetizione. Ogni tentativo era seguito da un riposo di 3 minuti, prima di aumentare ulteriormente il carico. Avvicinandosi al massimo, il peso veniva aumentato di solo 1 kg a ogni sforzo, fino al raggiungimento del punto massimale finale. Il peso completato con successo all'ultimo carico è stato registrato come 1-RM personale.

Il test di sprint ripetuti consisteva in una serie di scatti (80 m) al 95% della velocità massima, per un totale di 16 sprint, divisi in quattro serie da quattro ripetizioni: 4 minuti di riposo tra le serie e un 1 minuto di recupero di camminata tra le ripetizioni. Il riscaldamento consisteva in 10 minuti di corsa a ritmo lento e 40 minuti di esercizi tipici di tecnica di sprint, agilità e coordinazione, pliometria e stretching dinamico. Il defaticamento consisteva in 10 minuti di jogging a velocità rilassata e stretching decontratturante. Tutte le valutazioni sono state condotte in condizioni standardizzate e le misurazioni sono state effettuate dallo stesso operatore. Il tempo di sprint è stato registrato manualmente con un cronometro professionale (Casio HS-80TW-1, Casio Computer Co.).

Analisi statistica

Il t-test di Student è stato utilizzato per valutare le differenze nelle caratteristiche antropometriche tra T4 e T1, le misurazioni BIVA longitudinali, il confronto tra atleti più veloci e più lenti, le misurazioni BIVA nel test di sprint ripetuti e la varianza tra i lati sinistro e destro del corpo. Il test di Pearson è stato utilizzato per valutare la correlazione tra le variabili della composizione corporea e il personale stagionale (SB), e tra le misurazioni longitudinali BIVA e il test di forza e sprint. Il t-test di Student (a due code, appaiato) è stato utilizzato per confrontare la percentuale di variazione del tempo di gara da T3 a T4. I valori sono rappresentati come media $\pm$ deviazione standard (SD, *standard deviation*) o mediana con intervalli di confidenza (IC) al 95% utilizzando una distribuzione t. Il test di Shapiro-Wilk è stato applicato per verificare la normalità dei dati, impostando un livello di significatività α di 0,05: abbiamo ottenuto un *p-value* $> \alpha$ per tutti i dati testati, indicando una distribuzione normale.

Per determinare la numerosità campionaria minima necessaria a rilevare una differenza statisticamente significativa è stata eseguita un'analisi della potenza statistica *a priori* con il software G*Power 3.1.9.4 [44, 45], utilizzando i seguenti criteri. i) Differenza tra due medie indipendenti e differenza tra due medie dipendenti (gruppi appaiati, analisi longitudinali), t-test: effetto statistico grande (d di Cohen = 0,8), livello alpha di 0,05, potenza statistica $1-\beta$ di 0,8, rapporto di allocazione $N2/N1$ di 1; i risultati *a priori* hanno indicato che sarebbe necessario un minimo di 26 partecipanti per gruppo, nel caso di medie indipendenti, e di 12 soggetti per il test a una coda e 15 per il test a due code, nel caso di medie dipendenti. ii) Correlazione di Pearson (tra valori BIVA e SB, e valori BIVA e test di forza/sprint), modello biseriale, t-test a due code: abbiamo considerato un $p = 0,7$ con un coefficiente di determinazione r^2 di 0,5, livello alpha 0,05, potenza statistica $1-\beta$ di 0,8. I risultati hanno indicato una dimensione totale del campione di 11 soggetti.

Gli stessi criteri sono stati applicati per l'analisi della potenza statistica *post hoc* con il software G*Power 3.1.9.4 [44, 45]. Per stimare la differenza tra femmine e maschi a T4 (analisi BIVA e di antropometria, differenza tra due medie indipendenti), abbiamo considerato la dimensione attuale del campione (F , $n=12$; M , $n=9$): i risultati hanno indicato una potenza effettiva di 0,43 (BIVA) e 0,31 (antropometria). Per la differenza tra due medie dipendenti (gruppi appaiati, analisi longitudinale), i risultati hanno indicato per le donne ($n=6$) una potenza effettiva di 0,43 (test a una coda) e 0,34 (test a due code) e per gli uomini (M , $n=3$, dieta; $n=4$, non dieta) una potenza effettiva di 0,24 (test a una coda) e 0,20 (test a due code).



CDS Assoluto,
Parma 2026

RISULTATI

1. Distribuzione dei valori BIVA regionali nei due sessi e associazione con la prestazione nei 100 e 200 metri

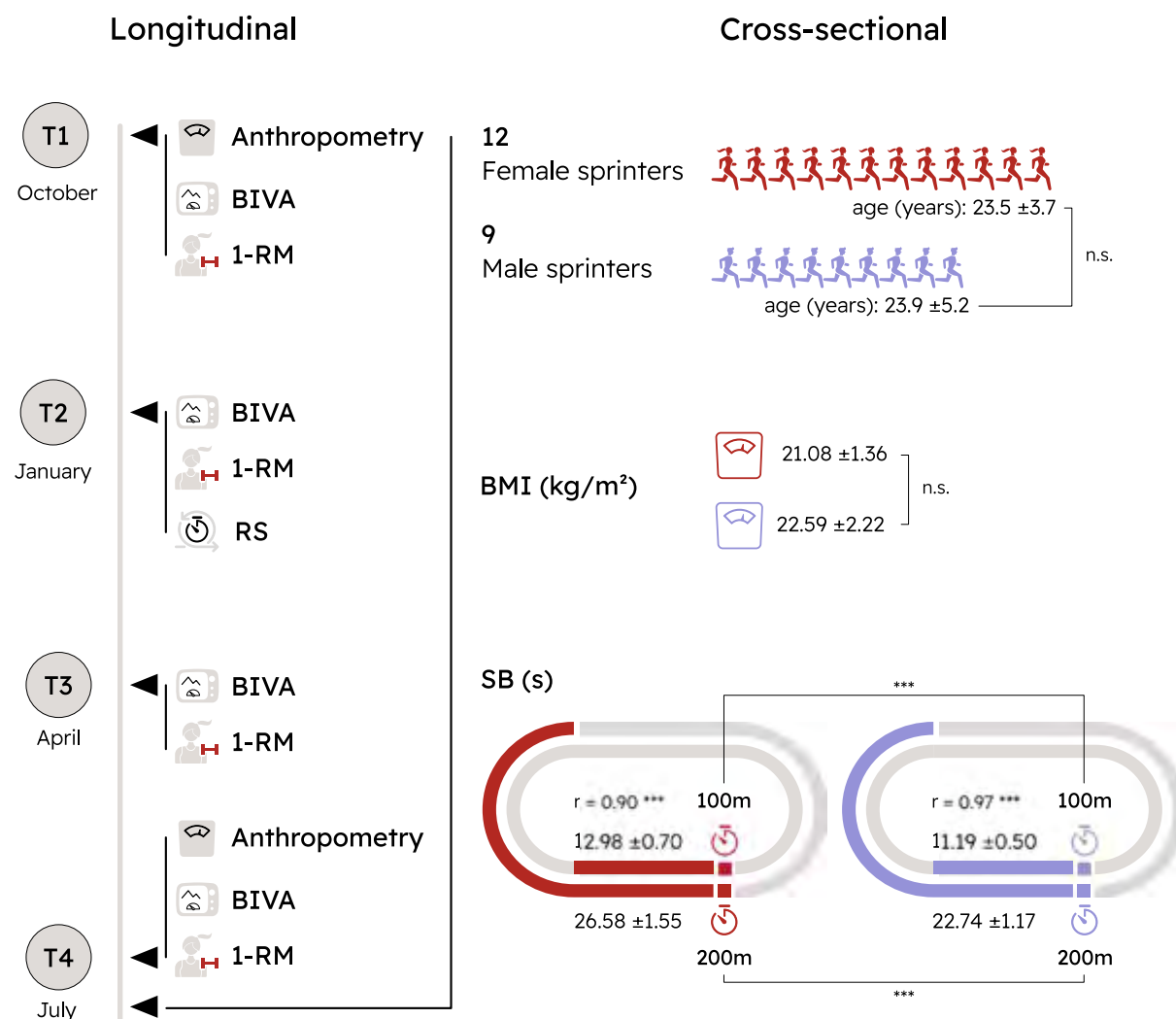


Figura 1. Schema sperimentale dello studio e associazione con la prestazione stagionale.

L'andamento longitudinale dei parametri bioelettrici BIVA è stato misurato in quattro momenti lungo il macrociclo annuale: T1, preparazione generale; T2, preparazione specifica invernale; T3, fase pre-agonistica primaverile; T4, periodo agonistico. Lo studio longitudinale è stato possibile per n=6 velociste e n=7 velocisti sul totale di n=12 velociste e n=9 velocisti selezionati per lo studio trasversale (*cross-sectional*) di valutazione della prestazione a T4. Separatamente, per alcuni soggetti (donne, n=7; uomini, n=8) sono stati rilevati i valori antropometrici a T1 e T4. I valori BIVA delle atlete donne sono stati inoltre correlati ai test di forza massimale (1-RM, *one-rep max*). A T2 per n=3 velociste e n=3 velocisti è stato eseguito un test di associazione pre e post RS (repeated-sprint). Sono indicati età, indice di massa corporea (BMI), prestazione stagionale sui 100 e 200 metri.

La significatività statistica tra velocisti e velociste a T4 è stata calcolata tramite il t-test di Student (a due code, non appaiato). La correlazione tra i tempi nei 100 e nei 200 metri è stata valutata con i coefficienti di correlazione di Pearson (r) e la distribuzione t (a due code).

I valori sono espressi come media $\pm$ DS. Significatività: ***, p < 0,001; n.s., non significativo.

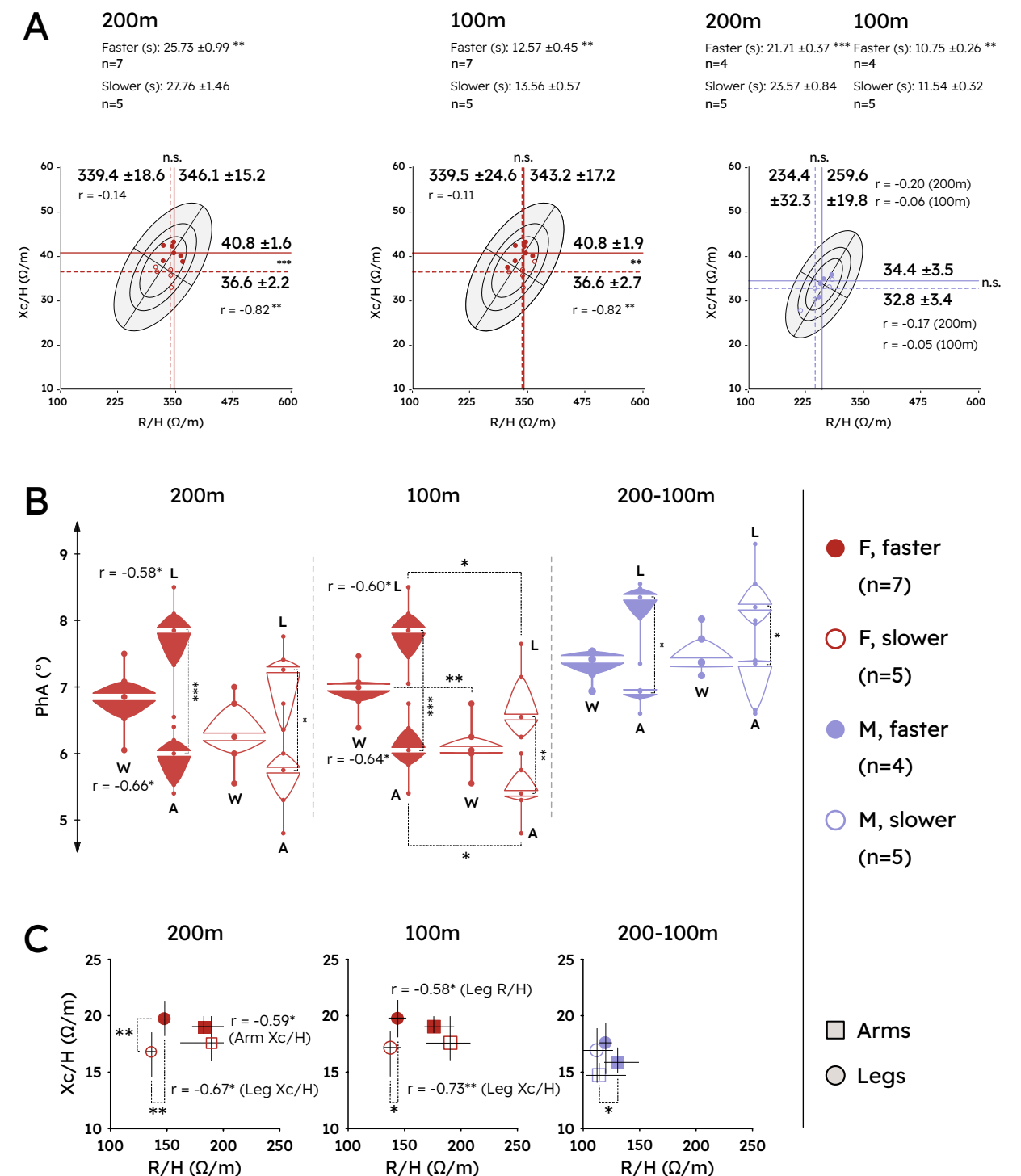


Figura 2. L'analisi BIVA discrimina le velociste in base alla prestazione sui 100 e 200 metri.

A. Distribuzione dei valori *whole-body* (media destra-sinistra) di velocisti uomini (M, n=9) e donne (F, n=12) nel periodo agonistico (T4) all'interno delle ellissi di tolleranza della popolazione atletica specifiche per sesso [9]. Gli atleti sono stati suddivisi tra più veloci (*faster*) e più lenti (*slower*) in base alla mediana dei primati stagionali nei 200 e 100 metri (media $\pm$ SD). Resistenza (R) e reattanza (Xc) sono state normalizzate per l'altezza (H) e correlate con la prestazione (r). I valori mediani per gli sprinter più veloci sono indicati con una linea continua, mentre i valori mediani per gli sprinter più lenti sono indicati con una linea tratteggiata.

B. Valori (mediana $\pm$ 95% IC; media destra-sinistra) dell'angolo di fase (PhA) *whole-body* (W) e regionale (A, braccia; L, gambe) in correlazione con la prestazione in gara (r).

C. Valori regionali R e Xc (mediana $\pm$ 95% IC; media destra-sinistra) misurati a T4. Significatività: **, p < 0.01; ***, p < 0.001; n.s., non significativo.

2. Asimmetria nei valori bioelettrici regionali nei due sessi e associazione con la prestazione nei 100 e 200 metri

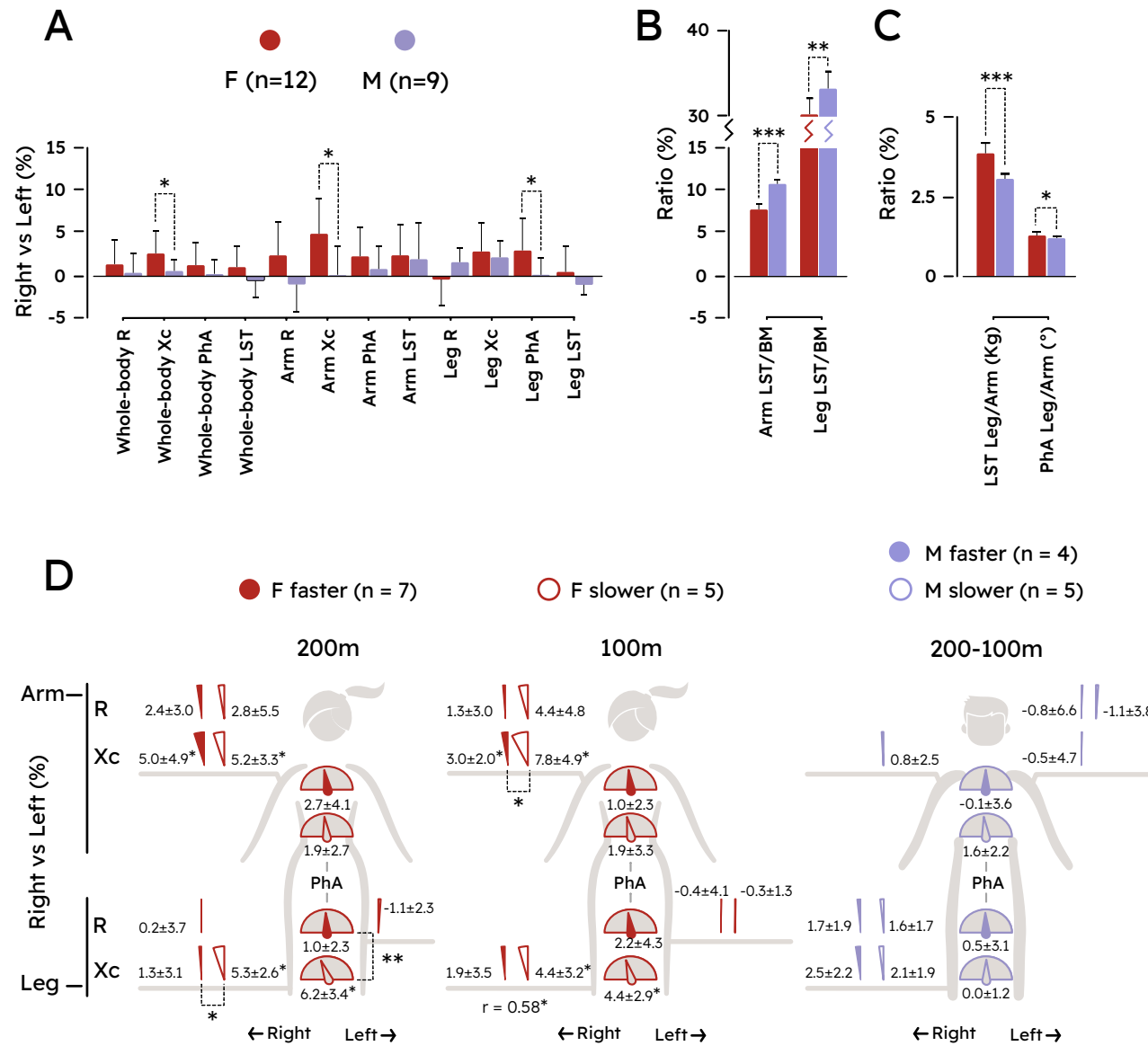


Figura 3. L'analisi BIVA regionale dimostra la presenza di una notevole asimmetria corporea nelle velociste rispetto ai velocisti.

Percentuale della varianza destra/sinistra in **(A)** e rapporto superiore/inferiore in **(B)** e **(C)** nelle misurazioni (media $\pm$ SD) *whole-body* e regionali (*arm, leg*) confrontando donne (F, n=12) con uomini (M, n=9), rilevata nel periodo agonistico (T4).

D. Varianza dei parametri BIVA regionali (*arm, leg*) in percentuale tra lato destro e sinistro in relazione alla prestazione in gara (*r*).

Significatività: *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

3. Variazioni longitudinale dei dati antropometrici e dei parametri bioelettrici regionali durante il macro-ciclo stagionale

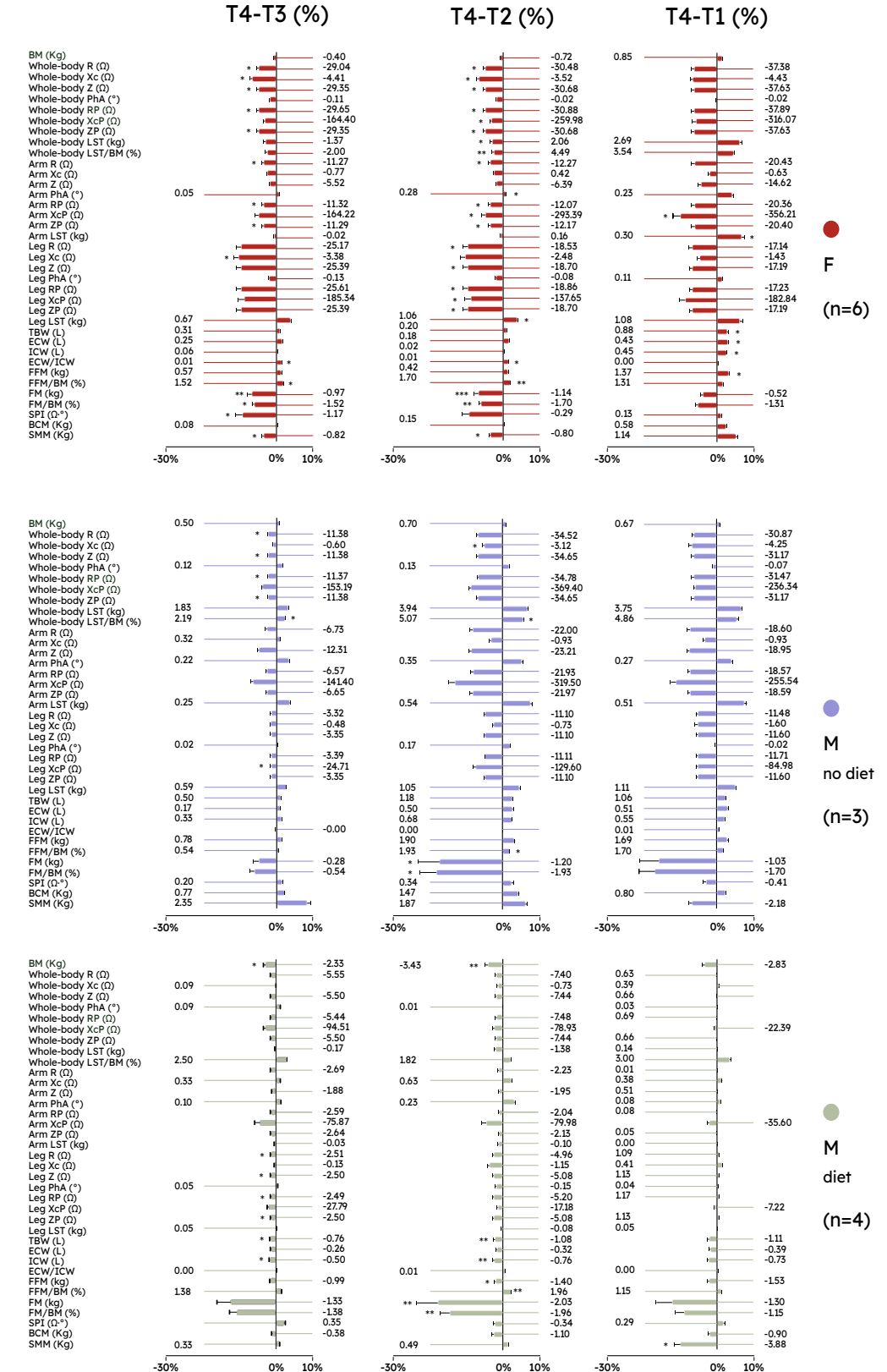


Figura 4. Variabilità longitudinale dei parametri bioelettrici BIVA e della composizione corporea durante l'intero macro-ciclo annuale.

I valori (media destra-sinistra) *whole-body* e regionali (*arm, leg*) sono stati rilevati durante le quattro fasi principali della periodizzazione da T1 a T4, in velociste (F, n=6) e in velocisti che hanno modificato il loro piano alimentare (M, non dieta, n=3; M, dieta, n=4). Gli istogrammi (media $\pm$ SD) rappresentano la percentuale di variazione, mentre i numeri indicano la media della variazione assoluta tra i diversi tempi di misurazione. Significatività: *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$.

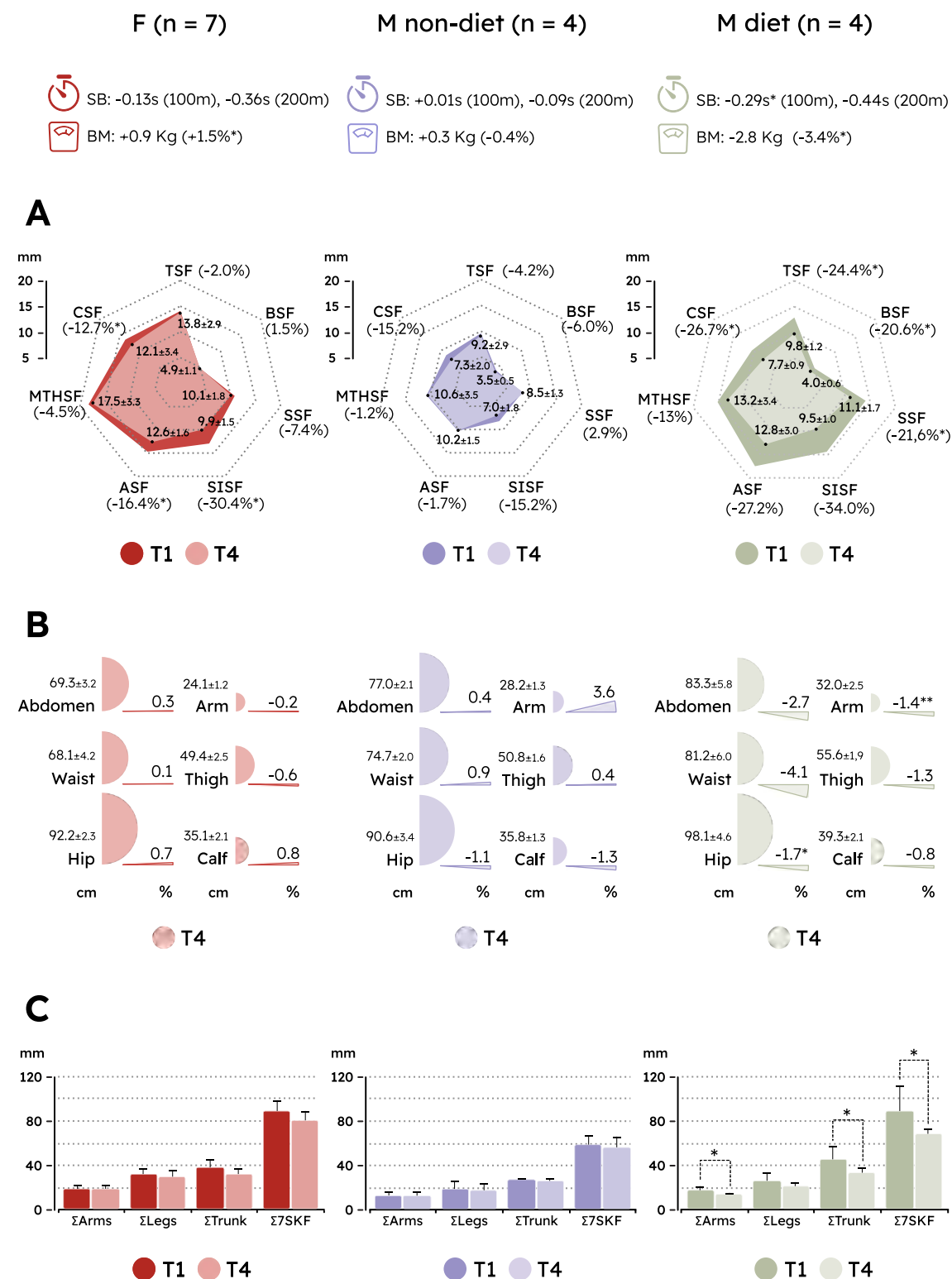


Figura 5. Variazione dei valori antropometrici in velociste e velocisti tra la fase preparatoria autunnale e il periodo agonistico estivo.

Le misure sono state rilevate all'inizio del macrociclo annuale (T1) e nel periodo agonistico (T4) in velociste (F, n=7) e in velocisti, alcuni dei quali hanno modificato il loro piano alimentare (M, non dieta, n=4; M, dieta, n=4). Le variazioni tra T4 e T1 della massa corporea (BM) e del miglior risultato stagionale (SB), rispetto alla stagione precedente, sono indicate insieme alla percentuale di differenza per la BM.

A. I valori delle pliche cutanee a T4 sono indicati in grassetto, insieme alla percentuale di differenza media da T1 a T4.

B. Le circonferenze corporee a T4 sono indicate in valore assoluto come percentuale della differenza media tra T1 e T4.

C. Somma delle principali pliche cutanee confrontata tra T1 e T4.

I valori sono espressi come media $\pm$ SD. Significatività: *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$.



CDS Assoluto,
Parma 2026

4. Declino longitudinale delle prestazioni di forza e velocità nelle velociste

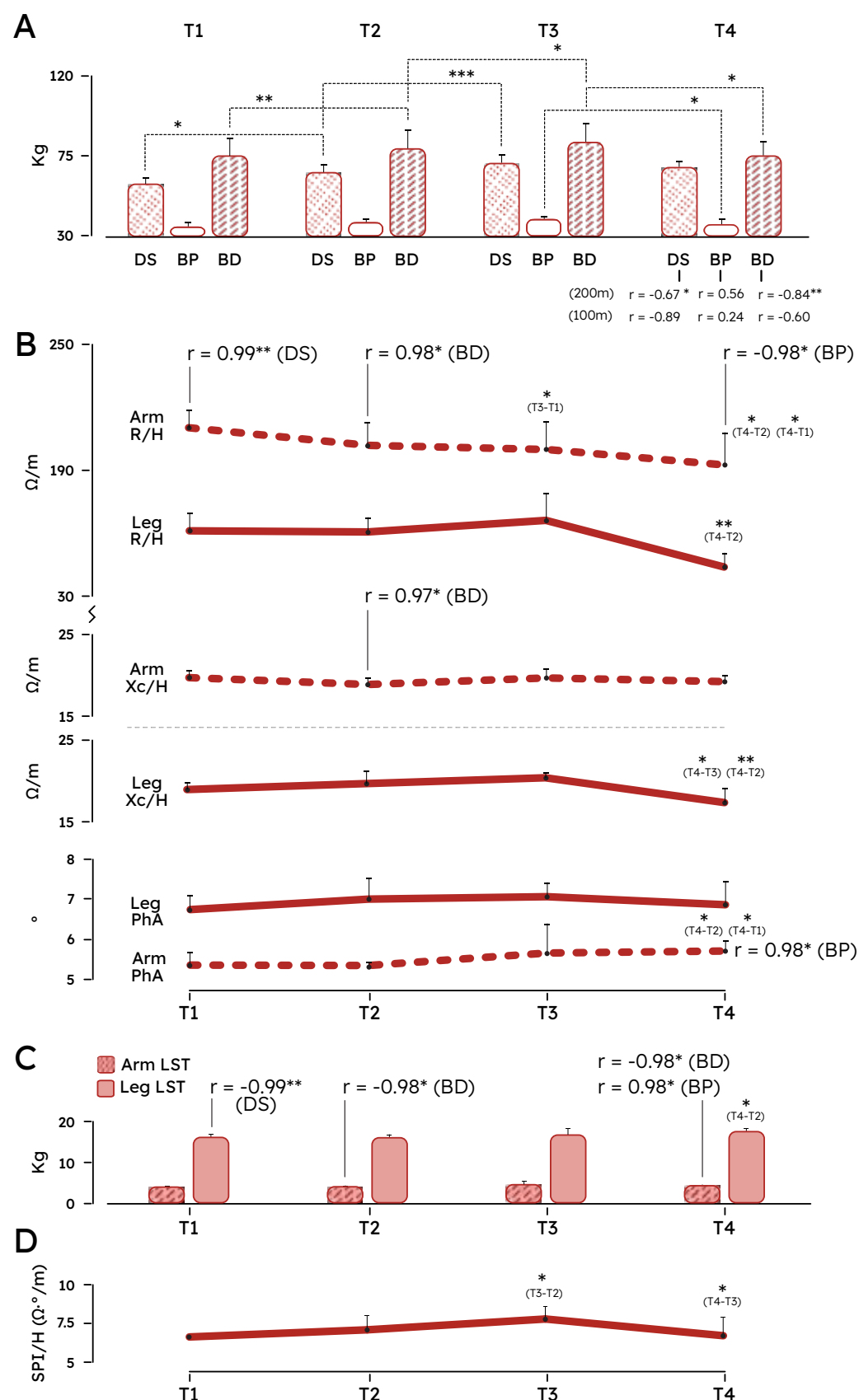


Figura 6. Associazione tra la variazione longitudinale dei parametri BIVA regionali e la forza in velociste.

I valori regionali (*arm*, *leg*) sono stati acquisiti durante il macrociclo di periodizzazione annuale da T1 a T4 e correlati parallelamente con i test di forza massimale (1-RM, *one-rep max*) di $n=4$ velociste.

A. Andamento annuale dei valori 1-RM e correlazione (r) con la prestazione stagionale nei 100 e 200 metri (T4).

B. Andamento annuale dei valori bioelettrici normalizzati sull'altezza corporea (H) in correlazione (r) con i test 1-RM.

C. Andamento annuale della quantità di tessuto molle magro (LST) in correlazione (r) con i test 1-RM.

D. Andamento annuale dello *sprinter performance index* (SPI) normalizzato.

Sebbene non vi fosse correlazione significativa e diretta con alcun test 1-RM specifico, la forma del grafico SPI ha riprodotto con precisione il declino (valore massimo a T3 e calo a T4) della capacità di forza osservato in queste atlete durante la periodizzazione (in **A**). Questo comportamento è stato sintomatico di un declino della prestazione in gara avvenuto durante il periodo agonistico (T3-T4, aprile rispetto a luglio): $+2,54\% \pm 0,7$ (media $\pm$ SD, $p < 0,01$).

DS, *deep squat* (squat profondo); BP, *bench press* (panca piana); BD, *barbell deadlift* (stacco da terra).

I valori sono espressi come media $\pm$ SD. Significatività: *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

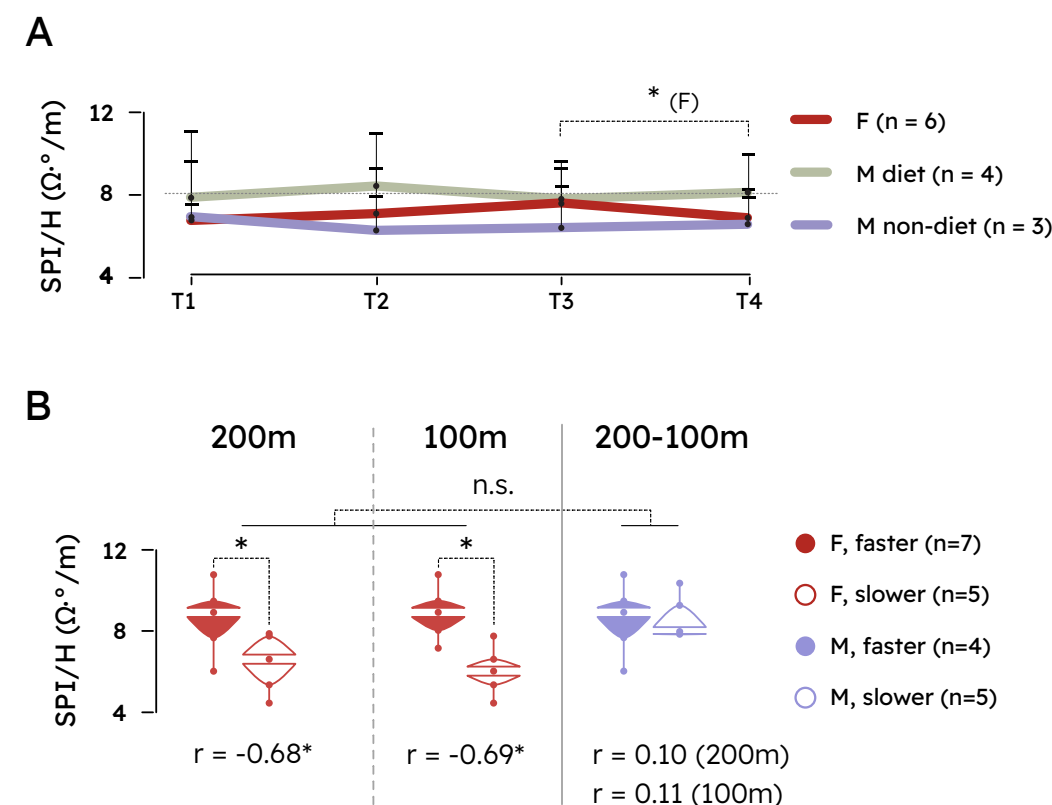


Figura 7. Variazione longitudinale dello sprinter performance index.

A. Andamento annuale (media $\pm$ SD) dello *sprinter performance index* (SPI) normalizzato sull'altezza (H), in velociste (F, $n=6$) e velocisti (M, dieta, $n=4$; M, non dieta, $n=3$). Considerando l'intero gruppo di atlete ($n=6$), per le quali avevamo misurazioni longitudinali, l'indice SPI/H ha riprodotto lo stesso andamento generale descritto nella **Figura 6D**, con un picco a T3 e un calo significativo a T4 del $-9,5\%$ del SPI/H (**Figura 5A**), replicando anche per questa coorte un deterioramento significativo nella prestazione in gara da T3 a T4 ($+2,03\% \pm 0,7$, media $\pm$ SD, $p < 0,01$). Per gli sprinter maschi che non seguivano una dieta, abbiamo rilevato un SPI/H piuttosto piatto (solo un aumento dell' $1,3\%$ da T3 a T4) con una riduzione del tempo di gara del $-0,8\% \pm 1,5$ (media $\pm$ SD, n.s.), passando da T3 a T4. Al contrario, gli sprinter maschi che hanno seguito uno specifico piano nutrizionale, rispetto agli altri due gruppi, per l'intero macrociclo annuale, hanno mantenuto un SPI/H più elevato, che è aumentato leggermente passando da T3 a T4 ($+2,3\%$). Questi sprinter, nello stesso tempo, hanno mostrato un discreto miglioramento (sebbene non significativo) nelle loro prestazioni in gara da T3 a T4: riduzione del tempo di gara del $-1,10\% \pm 1,1$ (media $\pm$ SD).

B. Distribuzione dei valori SPI/H (mediana $\pm$ 95% IC) in velociste ($n=12$) e velocisti ($n=9$), nella fase agonistica (T4) e in correlazione (r) con il primato stagionale. Gli atleti sono stati suddivisi tra più veloci (*faster*)

e più lenti (*slower*) in base alla mediana dei primati stagionali nei 200 e 100 metri.

È interessante notare che, a eccezione dell'età e del BMI (come prevedibile), l'indice SPI, una volta normalizzato su H (SPI/H), è l'unico valore insieme a Xc (e Xc/H) delle gambe che non ha mostrato una differenza significativa tra il gruppo complessivo delle velociste (7,8 $\Omega^{\circ}/m \pm 1,2$, mediana $\pm$ 95% IC) e dei velocisti (8,8 $\Omega^{\circ}/m \pm 0,8$, mediana $\pm$ 95% ICI), ponendosi come marcatore individuale, indipendente dal sesso, per la valutazione dell'andamento della prestazione (**Tabella 1**).

Significatività: *, $p < 0.05$; n.s. non significativo.

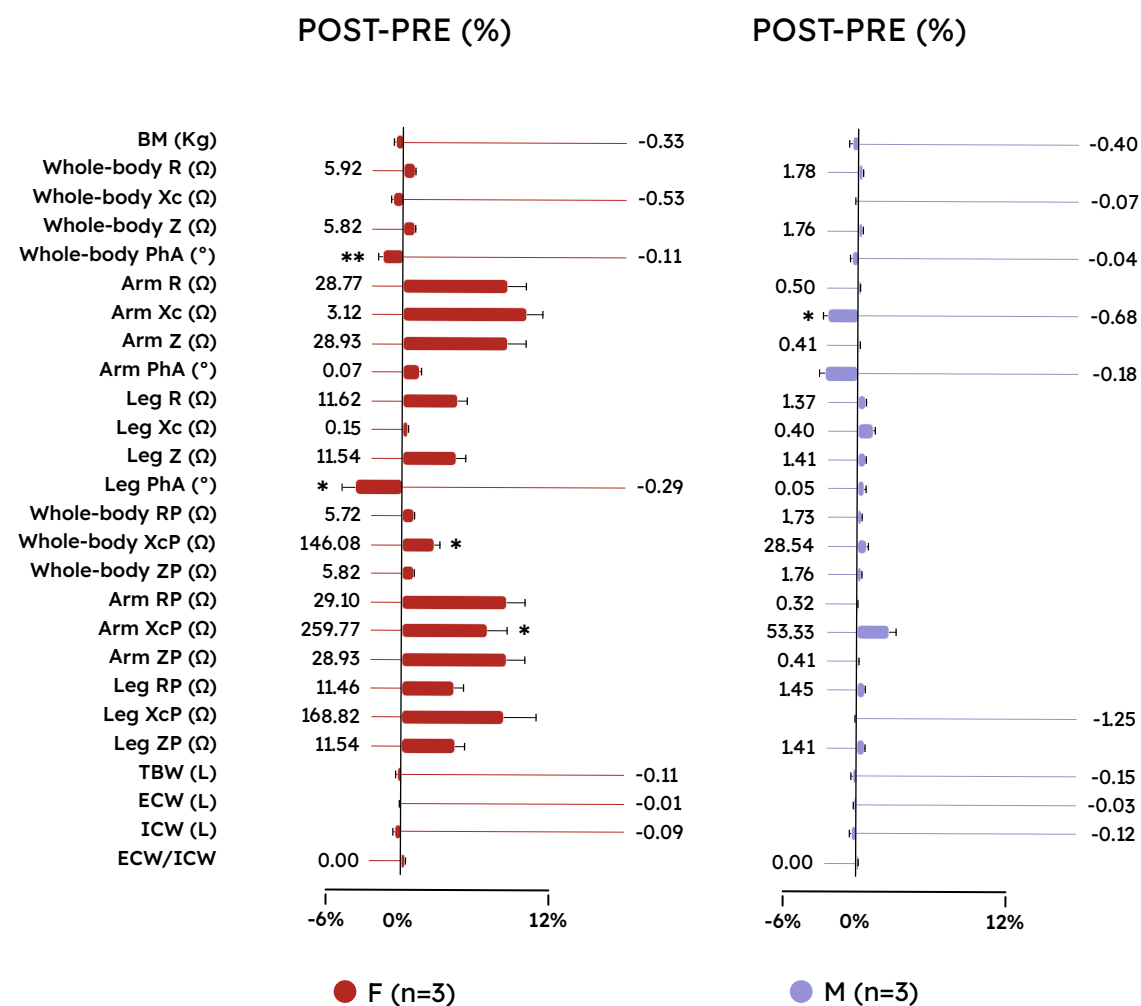


Figura 8. Variazione dei parametri bioelettrici BIVA a seguito di un allenamento di resistenza alla velocità.

I valori (media destra-sinistra) *whole-body* e regionali (*arm*, *leg*) sono stati acquisiti pre e post test (4x4 ripetizioni da 80 metri al 95% della velocità massima), sia in velociste (F, n=3) che velocisti (M, n=3). Gli istogrammi (media $\pm$ SD) rappresentano la percentuale di variazione, mentre i numeri indicano la media della variazione assoluta pre e post test.

Sia nelle donne che negli uomini non si sono registrate variazioni nel contenuto di acqua corporea e nella massa corporea. È importante notare che, per le velociste, questo test ha evidenziato un decremento progressivo della velocità di sprint dalla prima all'ultima serie di ripetizioni di sprint (serie 4° vs 2°: +2,68%, $p = 0,04$; serie 4° vs 1°: +2,52%, $p = 0,04$); gli uomini, invece, hanno mantenuto una prestazione di sprint costante durante tutto l'allenamento.

Significatività: *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$.

TABELLE

Competition phase (T4)	F (n=12)				M (n=9)				F vs M
Variable	Mean	SD	r (100m)	r (200m)	Mean	SD	r (100m)	r (200m)	P value
SB 100m (s)	12.98	0.70	1.00	0.90 ****	11.19	0.50	1.00	0.97 ****	< 0.001
SB 200m (s)	26.58	1.55	0.90 ****	1.00	22.74	1.17	0.97 ****	1.00	< 0.001
Age (Y)	23.50	3.68	0.31	0.13	23.89	5.21	-0.42	-0.33	0.843
BM (kg)	58.31	4.55	0.11	0.20	72.63	10.69	0.01	0.18	< 0.001
Height (cm)	166.25	3.31	-0.16	-0.12	179.00	6.26	-0.31	-0.24	< 0.001
BMI (kg/m2)	21.08	1.36	0.23	0.31	22.59	2.22	0.23	0.42	0.07
Whole body R (Ω)	560.51	31.63	-0.16	-0.17	448.61	33.26	-0.24	-0.39	< 0.001
Whole body Xc (Ω)	64.67	5.10	-0.83 ***	-0.86 ***	58.48	3.56	-0.27	-0.38	0.006
Whole body Z (Ω)	564.25	31.55	-0.18	-0.18	452.41	33.37	-0.24	-0.39	< 0.001
Whole body PhA (°)	6.60	0.56	-0.64 *	-0.66 *	7.43	0.31	0.04	0.13	0.001
Whole body RP (Ω)	568.02	31.48	-0.19	-0.20	456.24	33.48	-0.25	-0.39	< 0.001
Whole body XcP (Ω)	4957.53	611.98	0.41	0.42	3504.96	352.51	-0.20	-0.35	< 0.001
Whole body ZP (Ω)	564.25	31.55	-0.18	-0.18	452.41	33.37	-0.24	-0.39	< 0.001
Whole body LST (kg)	45.15	3.39	0.11	0.00	64.02	7.79	-0.02	0.11	< 0.001
Whole body LST/W (%)	77.59	4.63	0.00	-0.25	88.49	4.41	-0.13	-0.32	< 0.001
Arm R (Ω)	306.03	25.29	0.05	0.10	225.06	20.69	-0.25	-0.38	< 0.001
Arm Xc (Ω)	31.02	1.99	-0.68 *	-0.64 *	27.69	1.27	-0.52	-0.58	< 0.001
Arm Z (Ω)	310.98	28.88	0.10	0.12	225.93	22.90	-0.18	-0.31	< 0.001
Arm PhA (°)	5.82	0.55	-0.50	-0.51	7.04	0.46	-0.01	0.14	< 0.001
Arm RP (Ω)	309.20	25.11	0.09	0.04	228.48	20.62	-0.25	-0.38	< 0.001
Arm XcP (Ω)	3075.04	500.43	0.39	0.35	1862.82	270.74	-0.14	-0.28	< 0.001
Arm ZP (Ω)	307.61	25.20	0.09	0.04	226.76	20.66	-0.25	-0.38	< 0.001
Arm LST (kg)	4.60	0.44	-0.09	-0.21	7.85	1.00	0.01	0.13	< 0.001
Leg R (Ω)	236.11	13.29	-0.45	-0.60 *	206.16	13.46	-0.24	-0.40	< 0.001
Leg Xc (Ω)	30.58	3.85	-0.69 *	-0.75 **	29.88	2.36	-0.04	-0.14	0.636
Leg Z (Ω)	238.10	13.49	-0.47	-0.61 *	208.32	13.54	-0.23	-0.40	< 0.001
Leg PhA (°)	7.36	0.75	-0.60 *	-0.58 *	8.24	0.51	0.21	0.24	0.007
Leg RP (Ω)	240.11	13.71	-0.63 *	-0.48	210.51	13.63	-0.23	-0.40	< 0.001
Leg XcP (Ω)	1871.19	192.05	0.26	0.36	1457.42	143.55	-0.29	-0.43	< 0.001
Leg ZP (Ω)	238.10	13.49	-0.61 *	-0.47	208.32	13.54	-0.23	-0.40	< 0.001
Leg LST (kg)	17.60	1.36	0.25	0.23	24.06	2.65	-0.07	0.07	< 0.001
Whole body R/H (Ω/m)	337.17	18.27	-0.11	-0.14	251.11	22.92	-0.06	-0.20	< 0.001
Whole body Xc/H (Ω/m)	38.91	3.08	-0.78 **	-0.82 ***	32.73	2.60	-0.05	-0.17	< 0.001
Whole body Z/H (Ω/m)	339.42	18.23	-0.12	-0.15	253.24	23.02	-0.06	-0.20	< 0.001
Whole body RP/H (Ω/m)	341.69	18.19	-0.17	-0.14	255.38	23.14	-0.06	-0.20	< 0.001
Whole body XcP/H (Ω/m)	2981.53	359.74	0.44	0.44	1962.17	225.01	-0.07	-0.21	< 0.001
Whole body ZP/H (Ω/m)	339.42	18.23	-0.15	-0.12	253.24	23.02	-0.06	-0.20	< 0.001
Whole body LST/H (kg/m)	27.15	1.88	0.16	0.04	35.69	3.27	0.07	0.21	< 0.001
Arm R/H (Ω/m)	184.08	14.83	0.12	0.09	126.00	13.69	-0.10	-0.22	< 0.001
Arm Xc/H (Ω/m)	18.67	1.28	-0.56	-0.59 *	15.48	0.81	-0.24	-0.34	< 0.001
Arm Z/H (Ω/m)	187.05	16.99	0.14	0.14	126.47	14.57	-0.05	-0.19	< 0.001
Arm RP/H (Ω/m)	185.98	14.74	0.11	0.08	127.91	13.67	-0.10	-0.22	< 0.001
Arm XcP/H (Ω/m)	1848.86	293.94	0.40	0.37	1044.19	170.71	-0.04	-0.17	< 0.001
Arm ZP/H (Ω/m)	185.03	14.78	0.12	0.08	126.95	13.68	-0.10	-0.22	< 0.001
Leg R/H (Ω/m)	142.03	7.61	-0.58 *	-0.41	115.37	9.25	-0.04	-0.20	< 0.001
Leg Xc/H (Ω/m)	18.39	2.28	-0.73 **	-0.67 *	16.73	1.67	0.10	-0.01	0.08
Leg Z/H (Ω/m)	143.23	7.73	-0.59 *	-0.42	116.58	9.34	-0.04	-0.20	< 0.001
Leg RP/H (Ω/m)	144.43	7.86	-0.61 *	-0.44	117.80	9.43	-0.04	-0.19	< 0.001
Leg XcP/H (Ω/m)	1125.56	113.82	0.28	0.39	815.06	83.43	-0.17	-0.32	< 0.001
Leg ZP/H (Ω/m)	143.23	7.73	-0.59 *	-0.42	116.58	9.34	-0.04	-0.20	< 0.001
TBW (L)	32.38	2.19	0.10	0.18	47.38	5.87	0.00	0.17	< 0.001
ECW (L)	14.28	0.82	0.29	0.37	19.00	2.19	0.00	0.15	< 0.001
ICW (L)	18.09	1.41	-0.01	0.07	28.37	3.68	0.01	0.17	< 0.001
ECW/ICW	0.79	0.03	0.48	0.43	0.67	0.01	-0.08	-0.23	< 0.001
FFM (kg)	44.52	3.14	0.10	0.18	64.88	8.55	0.00	0.16	< 0.001
FFM/BM (%)	76.40	1.32	-0.09	-0.18	89.51	1.92	-0.09	-0.27	< 0.001
FM (kg)	13.79	1.62	0.13	0.22	7.75	2.35	0.04	0.23	< 0.001
FM/BM (%)	23.60	1.32	0.09	0.18	10.49	1.92	0.09	0.27	< 0.001
TBW/H (L/m)	19.47	1.16	0.16	0.25	26.42	2.53	0.11	0.29	< 0.001
ECW/H (L/m)	8.59	0.42	0.39	0.47	10.60	0.92	0.11	0.28	< 0.001
ICW/H (L/m)	10.88	0.77	0.03	0.11	15.82	1.61	0.11	0.29	< 0.001
FFM/H (kg/m)	26.77	1.68	0.24	0.16	36.17	3.73	0.10	0.27	< 0.001
FM/H (kg/m)	8.29	0.90	0.26	0.16	4.31	1.20	0.08	0.28	< 0.001
LMI (*cm $\cdot\Omega^{-1}$)	1.97	0.24	-0.41	-0.40	2.99	0.38	0.08	0.22	< 0.001
SPI (Ω $^{\circ}$)	12.66	3.06	-0.70 *	-0.71 **	15.25	1.76	0.02	0.03	0.035
SPI/H (Ω $^{\circ}/m$)	7.62	1.84	-0.68 *	-0.69 *	8.54	1.09	0.11	0.10	0.201
BCM (kg)	25.17	2.36	-0.26	-0.19	39.11	5.62	0.00	0.16	< 0.001
BCMI (kg/m2)	9.11	0.81	-0.20	-0.14	12.17	1.21	0.20	0.37	< 0.001
SMM (kg)	23.26	1.19	-0.03	0.05	32.28	3.71	0.03	0.16	< 0.001
SMI (kg/m2)	8.38	0.50	0.00	0.11	11.21	0.77	0.37	0.48	< 0.001

Tabella 1. Varianza dei parametri bioelettriche di velociste e velocisti.

Distribuzione delle variabili bioelettriche (media destra-sinistra) *whole-body* e regionali (*arm, leg*) della composizione corporea di velociste (F, n=12) e velocisti (M, n=9), misurate nel periodo agonistico (T4). I valori, espressi come media $\pm$ deviazione standard (SD), sono anche standardizzati sull'altezza corporea (H) e sulla BM; le differenze non significative tra velociste e velocisti sono indicate in grassetto (test t di Student, a due code, non appaiato). Il coefficiente di correlazione di Pearson (r), tra le variabili di composizione corporea e il SB sui 100 m e 200 m; significatività (test t di Student, a due code, non appaiato): *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$.

Conditioning phase (T1)	F (overall, n=7)		M (overall, n=8)		F vs M
Anthropometry variable	Mean	SD	Mean	SD	p value
BM (kg)	55.5	4.7	75.0	11.6	0.00117
Height (cm)	165.3	3.9	180.5	4.7	0.00001
BMI (kg/m ²)	20.3	1.4	22.9	2.6	0.03263
Arm circumference (cm)	24.1	1.61	29.8	3.7	0.00246
Waist circumference (cm)	68.01	4.69	79.3	6.7	0.0026
Abdominal circumference (cm)	69.09	3.54	81.1	5.7	0.00034
Hip circumference (cm)	91.6	3.25	95.7	6	0.13547
Thigh circumference (cm)	49.71	2.75	53.4	3.4	0.03879
Calf circumference (cm)	34.86	2.24	37.9	2.1	0.01782
TSF (mm)	14.07	3.3	11.3	3.2	0.11619
BSF (mm)	4.79	0.9	4.4	0.9	0.3861
SSF (mm)	10.84	1.76	11.2	3.9	0.83908
SISF (mm)	12.94	4.26	11.3	4.3	0.4765
ASF (mm)	14.7	2.63	13.9	5.2	0.72822
MTHSF (mm)	18.29	2.89	13	5.1	0.03014
CSF (mm)	13.66	3.96	9.5	2.8	0.03429
Σ 2SF: TSF+SSF (mm)	24.91	3.57	22.4	6.2	0.3697
Σ 2SF: TSF+MTHSF (mm)	32.36	5.45	24.2	7.7	0.03698
Σ 3SF: TSF+A+MTHSF (mm)	47.06	6.28	38.1	11.8	0.097
Arms SF: TSF+BSF (mm)	18.86	3.99	15.6	3.9	0.13604
Legs SF: MTHSF+CSF (mm)	31.94	5.69	22.5	7.6	0.01894
Trunk SF: SSF+SISF+ASF (mm)	38.49	7.45	36.4	13	0.71711
Σ 7SKF (mm)	89.29	9.98	74.5	22.2	0.13024

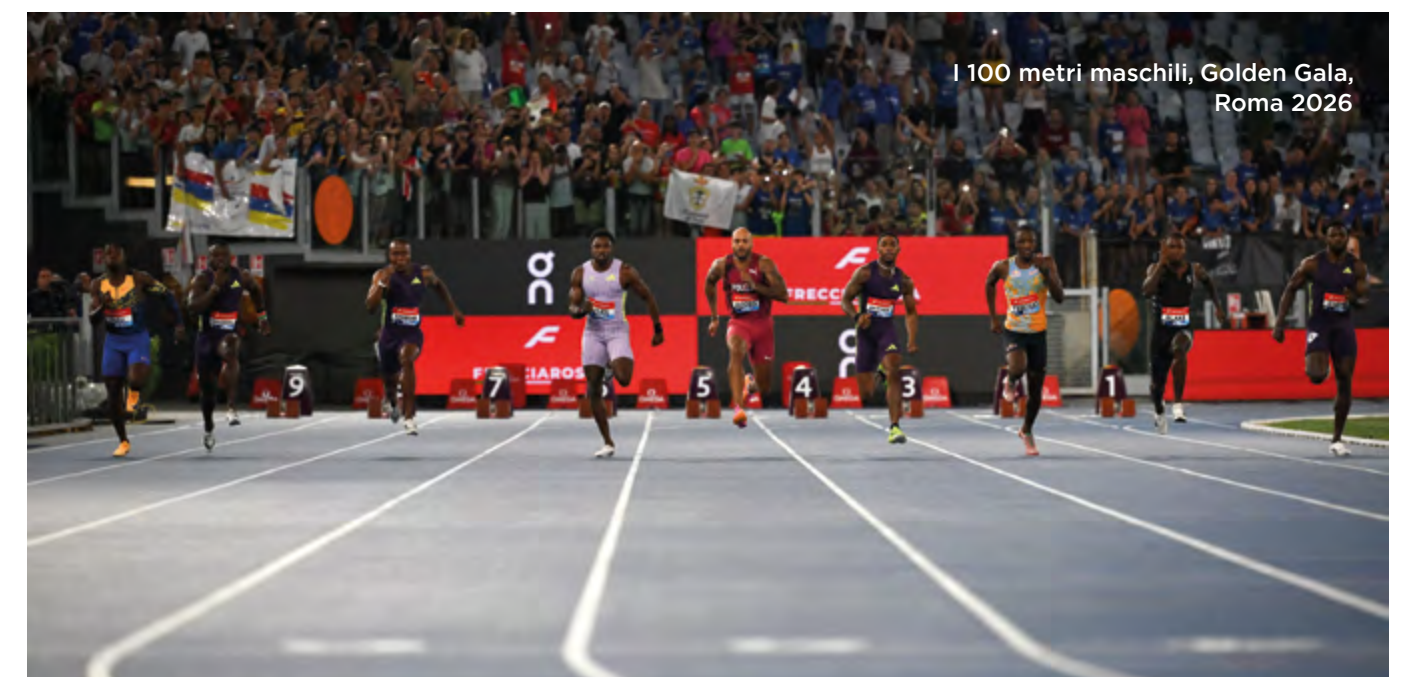
Tabella 2. Variabilità delle misurazioni antropometriche tra velociste e velocisti a T1.

Distribuzione dei dati antropometrici appaiati, espressi come media $\pm$ deviazione standard (SD), di velociste (F, n=7) e velocisti (M, n=8), misurati nella fase di condizionamento generale (T1). I valori di donne e uomini sono confrontati tramite il test t di Student (a due code, non appaiato).

Competition phase (T4)	F (overall, n=7)		M (overall, n=8)		F vs M
Anthropometry variable	Mean	SD	Mean	SD	p value
BM (kg)	56.3	5.0	73.7	10.9	0.00199
Height (cm)	165.3	3.9	180.5	4.7	0.00001
BMI (kg/m ²)	20.6	1.5	22.5	2.4	0.08442
Arm circumference (cm)	24.06	1.17	30.1	2.7	0.00012
Waist circumference (cm)	68.09	4.17	78	5.4	0.00181
Abdominal circumference (cm)	69.29	3.16	80.1	5.3	0.00039
Hip circumference (cm)	92.24	2.28	94.3	5.5	0.36945
Thigh circumference (cm)	49.43	2.49	53.2	3.1	0.02339
Calf circumference (cm)	35.13	2.08	37.5	2.5	0.06456
TSF (mm)	13.8	2.86	9.5	2.1	0.00498
BSF (mm)	4.86	1.14	3.7	0.6	0.02908
SSF (mm)	10.1	1.82	9.8	2	0.74784
SISF (mm)	9.93	1.54	8.2	1.9	0.08634
ASF (mm)	12.63	1.62	11.5	2.6	0.32358
MTHSF (mm)	17.5	3.34	11.9	3.5	0.00758
CSF (mm)	12.11	3.43	7.5	1.5	0.00406
Σ 2SF: TSF+SSF (mm)	23.9	3.42	19.3	2.8	0.01234
Σ 2SF: TSF+MTHSF (mm)	31.3	5.01	21.4	4.8	0.00178
Σ 3SF: TSF+A+MTHSF (mm)	43.93	5.4	32.8	5.7	0.00197
Arms SF: TSF+BSF (mm)	18.66	3.56	13.2	2.4	0.00364
Legs SF: MTHSF+CSF (mm)	29.61	5.89	19.4	4.7	0.00252
Trunk SF: SSF+SISF+ASF (mm)	32.66	4.43	29.5	5.8	0.25899
Σ 7SKF (mm)	80.93	8.43	62.1	9.8	0.00159

Tabella 3. Variabilità delle misurazioni antropometriche di velociste e velocisti a T4.

Distribuzione dei dati antropometrici appaiati, espressi come media $\pm$ deviazione standard (SD), di velociste (F, n=7) e velocisti (M, n=8), misurati nel periodo agonistico (T4). I valori di donne e uomini sono confrontati tramite il test t di Student (a due code, non appaiato).



I 100 metri maschili, Golden Gala, Roma 2026

DISCUSSIONE

Velocisti e velociste differiscono nettamente nella distribuzione dei parametri bioelettrici regionali in associazione ai tempi in gara

Questo studio è basato su una valutazione retrospettiva di dati di bioimpedenza e antropometria (**Figura 1**). La **Figura 2** mostra come il confronto trasversale (nel periodo agonistico, T4), su un totale di 12 velociste e 9 velocisti, appartenenti alla stessa fascia di età e di livello atletico comparabile (Tier 3), indichi una chiara separazione dei valori mediani di bioimpedenza tra i due sessi, coerente con studi precedenti [28]. In generale, i valori di bioimpedenza corporea totale normalizzati sull'altezza (**Figura 2A**) si posizionano entro il 50° percentile delle ellissi di tolleranza già sviluppate per la popolazione atletica [9], compatibile con un somatotipo mesomorfo bilanciato [8].

Si nota una chiara distinzione tra atleti più veloci e più lenti in base al personale stagionale. Nelle velociste, valori più elevati di Xc totale sono fortemente associati a tempi di gara minori sia nei 100 m che nei 200 m (**Figura 2A**). È importante sottolineare che, mentre per gli sprinter maschi c'è una quasi perfetta correlazione lineare con un basso differenziale tra i tempi dei 100 e dei 200 metri ($r = 0.97$), le atlete sono state divise in due gruppi distinti, data l'assenza di linearità e il maggior divario nei tempi di percorrenza tra le due distanze ($r = 0.90$). Dato già riportato anche per atleti professionisti [47]. Questa differenza trova molteplici spiegazioni che fanno riferimento a parametri cinematici di biomeccanica e tecnica di corsa, alla forza e affaticamento, resistenza alla velocità, per lo più correlati alla capacità di sviluppare e mantenere la spinta orizzontale [48]. Un'altra possibile ragione del divario è che le sprinter possiedono un rapporto massa-forza della parte superiore del corpo ridotto, con conseguente diminuzione dell'inerzia sia durante l'accelerazione che durante la fase del lanciato [49].

Tra tutti i parametri bioelettrici, il PhA regionale si distingue come quello più significativamente legato alla prestazione sportiva [3, 50]. In particolare, il PhA degli arti inferiori è utile nella determinazione della capacità neuromuscolare associata allo sprint [14]. Allo stesso modo l'angolo di fase degli arti superiori è un utile parametro per la valutazione della prestazione in sport dove la forza delle braccia esercita una diretta influenza [51]. Nel nostro studio, il PhA delle gambe correla fortemente con la prestazione delle velociste, sia nei 100 m che nei 200 m, permettendo di discriminare molto bene il gruppo delle atlete più veloci da quelle più lente (**Figura 2B**). Inoltre, sebbene il PhA delle gambe risulti considerevolmente maggiore rispetto a quello delle braccia, sia negli uomini che nelle donne, questa disparità è evidente tra le donne, in particolare all'interno del sottogruppo più veloce (**Figura 2B**).

Scomponendo il grafico R-Xc/H a livello di bioimpedenza regionale (**Figura 2C**), è possibile identificare l'Xc/H delle braccia come unico parametro bioelettrico discriminativo tra gli sprinter maschi: sprinter più veloci hanno R/H delle braccia più elevata (idealmente, braccia meno voluminose). Gli sprinter maschi più veloci tendono comunque ad avere un vettore bioimpedenza più lungo sia nelle braccia che nelle gambe rispetto alla controparte più lenta (arti più snelli ma ipoteticamente anche maggior capacità neuromuscolare). Nelle donne questo comportamento è evidente solo per quanto riguarda le gambe (**Figura 2C**), dove un Xc/H più elevato (maggiore conduttività elettrica e capacità neuromuscolare?) si associa a una migliore prestazione sia nei 100 m che nei 200 m, mentre la differenza nell'R/H delle gambe è significativa solo per i 200 m. Si potrebbe speculare che valori di Xc/H e R/H elevati nelle gambe (vettore bioimpedenza più lungo) siano indicativi di una struttura longilinea con arti inferiori lunghi e relativamente snelli utile in una distanza di sprint sostenuta come i 200 m [52]. Quando le atlete sono classificate in base al personale sui 100 m il divario nel rapporto R/H si riduce (**Figura 2C**), a indicare una maggiore ipertrofia muscolare negli arti inferiori per le atlete più veloci (resistenza elettrica ridotta), più rilevante nell'esecuzione dello sforzo esplosivo nella distanza breve [53]. Nelle braccia, al contrario, un R/H minore (anche se il dato non è significativo) si ha nelle sprinter più veloci, sia nei 100 che nei 200 metri (**Figura 2C**), a indicare una maggiore massa e struttura muscolare a parità di sezione dell'arto [53].

Nel complesso, questi dati indicano l'intrinseca importanza della Xc delle gambe in relazione alla prestazione nello sprint, essendo per altro unico parametro questo a non presentare differenze significative nel confronto complessivo tra velociste e velocisti (**Tabella 1**). È interessante notare che in uno studio precedente, il valore Xc/H della parte inferiore del corpo risultava essere l'unico valore bioelettrico in grado di discriminare tra diverse specialità (velocisti, mezzofondisti, saltatori e lanciatori) dell'atletica leggera [29]. Pertanto, sottolineiamo l'importanza di considerare i valori specifici degli arti (e non soffermarsi all'analisi R-Xc/H *whole-body*) per una valutazione completa dell'atleta a livello individuale, anche in considerazione della diversità fisiologica e morfologica tra i sessi.

Il potenziale predittivo del PhA nello sprint è suggerito da precedenti studi che ne identificano l'associazione diretta con diversi indici di forza e prestazione [54]. In particolare, sia il PhA *whole-body* che quello

regionale correlano direttamente e positivamente con i tempi sul lanciato [29]. Tuttavia, il limite finora in letteratura è stato quello di considerare gruppi eterogenei di atleti provenienti da diverse discipline, sottostimando il contributo dei singoli valori bioelettrici (oltre al PhA) in studi longitudinali. Dai nostri dati, l'Xc regionale emerge come un valore bioelettrico chiave, associato alla prestazione nell'arco temporale, indicando che il PhA da solo potrebbe non essere sufficiente a definire il potenziale dell'atleta. Nel nostro studio, infine, il confronto trasversale è stato effettuato al T4 (periodo di competizione), confermando, come emerso dall'analisi longitudinale, che le ellissi di tolleranza BIVA nel grafico R-Xc dovrebbero essere adatte allo specifico periodo della stagione [20, 55].

I valori bioelettrici regionali rivelano una forte asimmetria corporea delle velociste in relazione a una ridotta prestazione

I nostri risultati evidenziano una netta disparità tra i due sessi in termini di simmetria dei valori bioelettrici grezzi tra la parte destra e quella sinistra del corpo. Infatti, le donne tendono a presentare un marcato sbilanciamento rivolto verso il lato destro, mentre gli uomini sono molto più simmetrici (**Figura 3A e 3D**). In accordo con dati precedenti [28], la differenza tra i due sessi riguardava principalmente la Xc delle braccia e il PhA delle gambe (**Figura 3A**). In più, gli uomini possiedono una maggior componente LST rispetto al peso; in confronto agli uomini, le donne hanno più LST nelle gambe che nelle braccia; la sproporzione braccia-gambe tra i sessi, sebbene significativa, è meno accentuata per quanto riguarda il PhA (**Figura 3B e 3C**). Analizzando in dettaglio i valori BIVA regionali e suddividendo nuovamente i gruppi in più veloci e più lenti, emerge chiaramente che l'asimmetria destra-sinistra è molto più accentuata nelle donne, mostrando una relazione diretta con la velocità di gara (**Figura 3D**). Nello specifico, sia nelle atlete più veloci che in quelle più lente, l'asimmetria maggiore si riscontra nei valori di Xc delle braccia piuttosto che delle gambe. Tuttavia, mentre l'asimmetria della Xc delle gambe si associa a un tempo di gara più lento sia nei 100 m che nei 200 m, l'asimmetria della Xc delle braccia sembra avere una correlazione negativa con la prestazione nei 100 m (atlete più lente mostrano una forte asimmetria destra-sinistra).

Altrettanto importante è lo squilibrio osservato tra la gamba destra e sinistra per quanto riguarda il PhA, soprattutto quando si analizza la prestazione sui 200 m: mentre le ragazze più veloci presentano mediamente un'asimmetria destra-sinistra del PhA delle gambe dell'1%, il gruppo più lento mediamente ha uno sbilanciamento verso destra del 6,2%, che si traduce in una significativa differenza tra i due gruppi (**Figura 3D**). Questo risultato trova riscontro con studi precedenti che mostrano come il PhA degli arti inferiori correli in maniera robusta con la forza isometrica della gamba dominante [56]. Tendenzialmente, quindi, un'asimmetria del PhA nelle gambe si potrebbe tradurre come uno sbilanciamento nella forza tra gamba destra e sinistra. In linea con altri lavori [28], gli uomini sono invece molto più proporzionati: la moderata asimmetria destra-sinistra non distingue tra sprinter più veloci e più lenti (**Figura 3D**).

In sintesi, sebbene siano necessari ulteriori studi, l'asimmetria laterale (da tradursi in termini fisiologici primariamente come asimmetria strutturale e funzionale delle cellule muscolari) dovrebbe essere considerata un'indicazione importante quando si valuta la specialità (100 vs 200 metri), soprattutto per le atlete donne. In particolare, uno squilibrio nei valori BIVA regionali potrebbe essere predittivo di un declino della forza e delle prestazioni di sprint, nonché del rischio di infortuni [57, 58]. In generale, inoltre, sarebbe ragionevole fare sempre la media delle misurazioni effettuate sui due lati del corpo invece di affidarsi solo al lato destro, come proposto finora dalla maggior parte dei protocolli [34].

La valutazione longitudinale dei parametri bioelettrici regionali, abbinata ai dati antropometrici, mostra importanti variazioni durante il macrociclo stagionale

Tradizionalmente, la composizione corporea è stabilita sulla base della distribuzione dei fluidi (ECW/ICW) e delle componenti tissutali FM, FFM, LST (tutti valori indiretti, derivati da formule predittive più o meno specifiche per gli atleti). Per la comprensione delle proprietà elettriche e biologiche delle cellule muscolari è necessario però riferirsi ai singoli parametri bioelettrici diretti, come R, Xc, e PhA [3].

Nel nostro studio, abbiamo misurato l'andamento longitudinale dei singoli valori BIVA, oltre alle variabili di composizione corporea, mostrando come le velociste vanno incontro a una maggiore fluttuazione durante l'intero macrociclo rispetto ai velocisti. Per entrambi i gruppi, le variazioni bioelettriche che si verificano nel corso dell'anno sembrano rispecchiare i cambiamenti ipertrofici dovuti alla preparazione invernale (tra T1 e T2), in linea con un miglioramento del BMI e BCM; le variazioni che si verificano soprattutto tra T2 e T3, quando l'allenamento è incentrato sullo sviluppo della capacità anaerobica e della tolleranza al lattato, coincidono con una diminuzione della FM.

Nella transizione verso il periodo agonistico (tra T3 e T4), le donne mostrano un progressivo declino degli indici di qualità muscolare, che potrebbe essere compatibile con il calo di prestazione osservato. I valori prin-

principalmente alterati nelle donne, cui associare di conseguenza i cambiamenti in composizione corporea, riguardano gli arti inferiori e in particolare la Xc (**Figura 4**). Scostamenti della Xc dai livelli di riferimento potrebbero essere sintomatici di cambiamenti nelle proprietà dielettriche delle fibre muscolari (e quindi della capacità contrattile), oltre a far supporre alterazioni di natura elettrolitica a livello delle interfacce tissutali [3].

Analogamente a quanto osservato per le donne, i maschi che non hanno sostenuto alcun regime dietetico mostrano una sostanziale fluttuazione delle misure biometriche tra i vari mesocicli, con un certo decremento della FM che avviene nella transizione da T1 a T3 (**Figura 4**). Al contrario, coloro seguiti dal punto di vista alimentare mantengono una generale stabilità di tutte le variabili bioelettriche nell'intero periodo da T1 a T4, fatta eccezione per una più consistente e significativa riduzione della FM che si protrae anche nel periodo T3-T4 (**Figura 4**). Cambiamenti di peso e composizione corporea che si sono tradotti in un miglioramento significativo del tempo di gara rispetto alla stagione precedente (**Figura 5**), come atteso [64]. Pensiamo che la minor fluttuazione dei parametri bioelettrici negli atleti che hanno beneficiato del *follow-up* nutrizionale possa in parte essere spiegata con un contenimento dei processi infiammatori, legati all'aumento dell'ipertrofia sarcoplasmatica e dei volumi di fluidi tissutali e intracellulari nelle fasi T2 e T3 [67].

Per quanto riguarda le misurazioni antropometriche, abbiamo considerato lo stesso gruppo di individui per confrontare variazioni della localizzazione del grasso sottocutaneo tra l'inizio del macrociclo (T1) e la fase di competizione (T4). Le velociste mostrano una significativa diminuzione del tessuto adiposo sottocutaneo, principalmente legata alla riduzione di alcune singole pliche (SISF, CSF e ASF), accompagnata comunque da un significativo aumento del BMI, indipendentemente dall'alimentazione (**Figura 5A e 5B**). Una moderata fluttuazione della composizione corporea durante l'anno è considerata normale per le atlete donne [59, 60]. Accoppiando le misurazioni antropometriche con la BIVA (**Figura 4**), possiamo stimare che, mentre



le atlete subiscono un moderato aumento della FM all'inizio della preparazione (da T1 a T2), che potrebbe essere conseguente all'ipertrofia dovuta all'allenamento di forza invernale [62, 63], si verifica invece (come atteso) un calo della FM durante la seconda metà del macrociclo (principalmente nella transizione da T2 a T3). Per altro, una diminuzione della FM sembra influire positivamente sulle prestazioni in modo più marcato rispetto all'aumento della FFM [61]. In definitiva, comunque, le velociste non mostrano nessuna significativa differenza da T1 a T4 quando viene presa in considerazione la sommatoria delle pliche (**Figura 5C**), in linea con gli studi precedenti [24, 62].

Per quanto riguarda gli uomini, la riduzione complessiva del grasso sottocutaneo è significativa solo nel gruppo di velocisti che hanno seguito un piano alimentare preciso (formulato soprattutto per mantenere un adeguato equilibrio di nutrienti ed energia, adattandolo alle diverse esigenze di allenamento, e secondariamente per definire il peso) in confronto al gruppo di controllo (**Figura 5A-C**).

Nel complesso, i dati antropometrici da noi raccolti si rivelano molto utili a integrare le informazioni esistenti in letteratura e potrebbero essere di utilizzo pratico agli allenatori per la valutazione dei propri atleti all'inizio della preparazione rispetto al periodo agonistico, fornendo degli intervalli di riferimento accurati e specifici per velociste e velocisti (**Tabelle 2-3**).

Nelle velociste, variazioni dei valori bioelettrici regionali evidenziano un declino della forza e della velocità

Precedenti lavori sulle velociste, basandosi su misurazioni effettuate solo durante la fase di costruzione muscolare (da ottobre a dicembre) e confrontate a distanza di un anno, mostravano (tramite DEXA) una correlazione inversa tra la riduzione di FM nelle gambe e i miglioramenti delle prestazioni [59]. Questi dati davano sostanza a dei risultati analoghi, ottenuti tramite BIVA regionale, in cui il PhA delle gambe correlava direttamente con test relativi ai movimenti esplosivi [29].

I dati da noi raccolti e fin qui presentati sottolineano la necessità di considerare gli adattamenti fisiologici e le risposte all'allenamento nel corso di un'intera stagione preparatoria e agonistica. Qui ci siamo concentrati specificamente sulle velociste e abbiamo correlato le misurazioni longitudinali regionali BIVA con i test di 1-RM per la stima della forza massimale, classicamente utilizzati per prevedere le prestazioni di sprint [26, 65, 68]. Passando da T1 a T4 si osserva un picco della forza a T3 seguito da un declino a T4, significativo per quanto riguarda le braccia (BP) e lo stacco da terra (BD), sebbene i test di DS e BD effettuati a T4 rimangano quelli più importanti nella correlazione con il SB, soprattutto sui 200 metri (**Figura 6A**).

Questo andamento della forza, in realtà, sembra rispecchiare le prestazioni misurate in pista, con tempi più lenti tra T3 e T4. Contemporaneamente, in **Figura 6B** si osserva una tendenza, speculare ai test di 1-RM, delle R/H e Xc/H delle gambe che crescono andando verso T3 per calare a T4. Normalmente, una riduzione di R è considerata un indicatore di miglioramento del metabolismo e della forza muscolare, ma solo quando questo cambiamento si verifica con un aumento compensatorio di Xc, altrimenti un calo simultaneo di entrambi i valori sottenderebbe una perdita di condizione fisica [3]. Anche il leggero calo da T3 a T4 del PhA delle gambe (**Figura 6B**) potrebbe essere predittivo del peggioramento del tempo gara, data l'importanza del PhA come indicatore primario della qualità muscolare [3], in associazione alle prestazioni di sprint [22]. Inoltre, il PhA regionale è considerato un potenziale indice predittivo dell'aumento della forza negli arti sia inferiori che superiori [51, 56, 69].

Nelle nostre velociste, si osserva una diminuzione di forza nelle braccia, sebbene il 1-RM nel test BP non correli direttamente con il SB. Parallelamente però, si nota nelle braccia il progressivo declino di R/H, che ha una forte correlazione inversa con BP, assieme alla crescita del PhA, che correla positivamente con BP, mentre Xc/H rimane perlopiù invariata (**Figura 6B**). Questo andamento, molto interessante, potrebbe suggerire che il miglioramento metabolico e strutturale della muscolatura delle braccia avvenuto tra T1 e T3 (riduzione di R, aumento del PhA, e quindi miglioramento della capacità di sollevare il peso nel test BP), non sia stato accompagnato da una progressiva acquisizione di capacità contrattile riferibile all'aumento di Xc (ipoteticamente dipendente dalla struttura e organizzazione delle placche motrici, numerosità dei canali di membrana coinvolti nel potenziale d'azione, ecc.). Ciò giustificherebbe la perdita di forza nelle braccia osservata a T4, dovuta al calo della capacità neuromuscolare [3, 51].

Alcuni studi suggeriscono che l'LST degli arti inferiori possa essere predittivo del calo di forza [70], anche se modificazioni del LST non sembrano associarsi al PhA, che rimane il fattore predittivo più importante in relazione alla forza [69]. Noi non abbiamo osservato alcun cambiamento significativo dell'LST nel tempo; nonostante ciò, a T4, l'LST delle braccia correla positivamente con BP e negativamente con BD (**Figura 6C**). In generale, non abbiamo misurato alcuna correlazione significativa tra LST e SB (**Tabella 1**). Vale comunque la pena considerare che diversi test di forza reclutano diversi gruppi muscolari, con le proprie caratteristiche in termini di proprietà elettriche delle cellule muscolari, indipendentemente dalla componente magra liquida [70].

Riassumendo, il declino prematuro della forza osservato in queste velociste è soprattutto associabile al calo simultaneo di R/H e Xc/H, in parte di PhA, per quanto riguarda l'azione di spinta delle gambe (misurabile con il test BD); il mancato miglioramento della capacità neuromuscolare nelle braccia, associabile allo scarso aumento di Xc/H, potrebbe inoltre contribuire al calo di prestazione in gara avvenuto tra T3 e T4. Sulla base di queste informazioni e assumendo che questi parametri bioelettrici, se rilevati con maggiore frequenza temporale, possano avere un valore predittivo della condizione di forma stagionale, abbiamo sviluppato un indice di prestazione specifico per gli sprinter denominato SPI, basato sulla combinazione delle variabili bioelettriche grezze più rilevanti (come indicato nei metodi). L'SPI, che si dimostra particolarmente utile per le donne, potrebbe essere utilizzato come indicatore dello stato di prestazione indipendente dal genere, una volta normalizzato su H (**Tabella 1**).

La resistenza agli sprint ripetuti è un metodo di allenamento consolidato per indurre diversi adattamenti neuromuscolari e migliorare la velocità massima [71]. Nel test da noi eseguito si possono dedurre importanti informazioni collegate ai parametri BIVA regionali e alle differenze fisiologiche tra velociste e velocisti (**Figura 7**). Come atteso, le principali alterazioni nei valori bioelettrici grezzi non sono dovute alla disidratazione (infatti non sono rilevabili variazioni di BM e TBW) ma alla rapida alterazione delle proprietà elettriche delle membrane delle cellule muscolari, tra cui l'attività Na/K-ATPasi, il ricambio dei canali ionici e la generazione del potenziale d'azione della membrana [72].

Nei maschi, la maggior parte dei parametri rimane praticamente invariata, fatta eccezione per una netta diminuzione di Xc e PhA, assieme a un modesto aumento di XcP nelle braccia. Al contrario, le femmine subiscono notevoli alterazioni: la maggior parte dei valori sia degli arti superiori che inferiori aumentano post vs pre test, con l'XcP delle braccia che si impenna in maniera significativa, mentre il PhA delle gambe cala bruscamente.

Si ritiene che, in base alla legge di Ohm, mentre il contributo principale alla corrente resistiva, dipendente dal contenuto di elettroliti negli spazi extracellulari e nel citoplasma, provenga da R, le alterazioni della capacità di propagazione elettrica, che si verificano nel doppio strato lipidico delle membrane cellulari, siano spiegabili principalmente dalle alterazioni subite da Xc [3].

Ipotizziamo che la diminuzione di Xc delle braccia, osservata nei maschi del nostro studio, in concomitanza con l'abbassamento del PhA (**Figura 7**), potrebbe essere riferita alla diminuzione della capacità di generare un nuovo potenziale d'azione sulla superficie della fibra muscolare in seguito all'affaticamento prematuro delle braccia per il ruolo svolto nella stabilizzazione della spinta orizzontale [73, 74]. Negli uomini non si rilevano cambiamenti importanti per quanto concerne i parametri BIVA delle gambe, lasciando intendere una buona capacità di sopportare a livello energetico e di forza lo sforzo degli sprint ripetuti.

Al contrario, le notevoli alterazioni misurate nelle donne possono essere spiegate dall'insorgenza di danni alle membrane cellulari e al sarcolemma generati dal rapido affaticamento dovuto alla mancanza di forza, e quindi di scarsa resistenza alla velocità [75]. Inoltre, a causa della debolezza delle braccia, i muscoli delle gambe devono compensare l'azione di spinta ed esauriscono ancor più rapidamente la loro capacità energetica [51]. Di conseguenza, la brusca precipitazione del PhA delle gambe osservata in **Figura 7**.

Ipotizziamo inoltre che l'aumento di XcP delle braccia, osservato sia nei maschi che nelle femmine, sia riferibile ai cambiamenti nella concentrazione di ioni e metaboliti che si verificano nel citosol (ridistribuzione sarcoplasmatica degli ioni Ca²⁺), oltre che al consumo delle molecole energetiche [76, 77]. Infatti, se misurate in funzione della capacità parallela combinata, le variazioni di reattanza possono essere interpretate come un adattamento del volume di ICW, che può anche essere indotto da un esaurimento o ridistribuzione delle molecole cariche elettricamente [37].

In conclusione, PhA e XcP, in particolare, possono fungere da indicatori a breve termine dell'affaticamento muscolare dovuto all'esaurimento del potenziale d'azione e al depauperamento delle riserve di glicogeno inter-fibrillare, nonché alla ridistribuzione degli ioni Ca²⁺, durante la contrazione rapida e ripetuta, sottolineando inoltre l'importanza della spinta delle braccia nel contribuire allo sforzo propulsivo [3, 77].

Punti salienti

- I criteri BIVA formulati in questo studio longitudinale possono fornire utili informazioni al fine di pianificare la periodizzazione dell'allenamento, in particolare per le sprinter.
- La BIVA regionale rappresenta un valido strumento da campo per stimare l'affaticamento durante gli allenamenti. In tal senso, il test pre e post sprint ha confermato che le principali variazioni nei valori bioelettrici grezzi femminili dipendono fortemente da risposte transitorie, indicative di alterazioni fisiologiche e metaboliche muscolari.

- L'asimmetria fisiologica e strutturale tra lato destro e sinistro evidenziata dai parametri BIVA è fortemente associata alla prestazione delle velociste.
- I parametri bioelettrici delle gambe correlano con i tempi in gara e sono utili nel valutare la resistenza alla velocità.
- I parametri bioelettrici delle braccia evidenziano l'importante ruolo della forza e della simmetria degli arti superiori nella spinta propulsiva (considerando anche il rapporto massa-forza e la sezione muscolare).
- Abbiamo sviluppato un indice di prestazione per velocisti (SPI), indipendente dal sesso e potenzialmente predittivo dello stato di forma individuale durante la stagione.

Debolezze dello studio

Il principale limite dello studio risiede nel ristretto numero di casi, anche se in linea con altri studi sull'atletica leggera. In base ai calcoli di potenza statistica (0,8 per un effetto statistico grande), idealmente servirebbero 26 partecipanti per gruppo per ottenere informazioni generalizzabili. Con la nostra dimensione campionaria, la potenza effettiva per la significatività statistica si è ridotta a <0,5.

Un'altra debolezza potrebbe derivare dalla mancata sincronizzazione delle fasi del ciclo mestruale per le velociste. Tuttavia, c'è un ampio disaccordo sull'argomento. In linea teorica, la fase follicolare precoce può portare ad accumuli di liquidi e accorciamento del vettore BIVA, mentre gli allungamenti del vettore possono essere associati sia alla fase follicolare che alla fase di ovulazione [27]. Nella nostra esperienza, non è possibile individuare una connessione chiara per stabilire una regola generale, poiché ogni atleta ha una risposta ormonale individuale e la variazione del vettore BIVA durante il ciclo mestruale è per lo più soggettiva. Noi abbiamo preferito sincronizzare i giorni di allenamento e di riposo in base alla settimana di recupero, piuttosto che in base ai singoli periodi mestruali.

Infine, le misurazioni longitudinali sono state prese ogni tre mesi, limitando la possibilità di rilevare cambiamenti più ravvicinati (settimanali). Sebbene i modelli ottapolari, come il dispositivo utilizzato in questo studio, mostrino una maggiore affidabilità nel ridurre la variabilità intra e inter individuale nel tempo [78], sarebbe comunque ottimale derivare per ogni atleta un punteggio Z specifico, calcolato sulle medie di più giorni ravvicinati, rispetto a raccogliere singole misurazioni distanziate.

CONCLUSIONI

Gli elementi che influenzano la prestazione di velocità sono molteplici, dalla reattività neuromuscolare al metabolismo cellulare, all'elasticità tendinea, a fattori di natura psicoemotiva. Definire dunque alcuni precisi parametri fisiologici legati alle componenti bioelettriche permetterebbe di completare la valutazione della condizione generale dell'atleta. In particolare, da un punto di vista biologico, e al netto dell'influenza della sezione degli arti, una riduzione della resistenza elettrica (R) si potrebbe associare a una migliore struttura muscolare e capacità metabolica, mentre un aumento della reattanza (Xc) potrebbe indicare un maggiore conduttività elettrica legata all'azione neuromuscolare.

Questo studio, che include atleti di entrambe i sessi di livello intermedio e non élite, fornisce nuovi spunti per l'interpretazione delle modificazioni bioelettriche regionali (riferite a specifiche aree anatomiche) legate alla forza e allo sprint, con importanti informazioni sulla capacità di prestazione.

La correlazione tra qualità muscolare e prestazione è più marcata nelle atlete, evidenziandone la specifica fisiologia e composizione corporea. I nostri risultati rivelano inoltre come una forte asimmetria tra i due lati del corpo sia legata a tempi in gara più lenti, sia nei 100 che nei 200 metri. I dati indicano anche l'importante ruolo delle braccia nella spinta propulsiva. Da questo punto di vista, velociste e velocisti dovrebbero essere analizzati come due popolazioni distinte. Noi, quindi, proponiamo l'indice SPI, normalizzato sull'altezza del singolo atleta (SPI/H), come possibile parametro univoco per ridurre le differenze osservate tra i due sessi e valutare longitudinalmente la condizione fisiologico-muscolare del singolo atleta.

I criteri proposti potrebbero in futuro essere inclusi in strategie di allenamento distinte e individualizzate durante la periodizzazione stagionale, specialmente rivolti alle discipline legate alla velocità.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori esprimono la loro gratitudine a tutti gli atleti coinvolti nelle valutazioni. Si ringraziano inoltre i dirigenti della squadra ASD S.E.F. Virtus Atletica (Bologna, Italia), nella persona del presidente Stefano Cuccoli, per la disponibilità e per la collaborazione. Un ringraziamento speciale va a Moreno Cevenini, allenatore del settore velocità, per il prezioso aiuto e i consigli forniti.

Tabelle supplementari: Tutti i dati grezzi raccolti e le analisi statistiche correlate sono disponibili su richiesta all'autore (info@luigipasini.com).

BIBLIOGRAFIA

- [1] H. C. Lukaski, N. V. Diaz, A. Talluri, and L. Nescolarde, "Classification of Hydration in Clinical Conditions: Indirect and Direct Approaches Using Bioimpedance," *Nutrients*, vol. 11, no. 4, p. 809, 2019, doi: 10.3390/nu11040809.
- [2] A. Piccoli, B. Rossi, L. Pillon, and G. Bucciante, "A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph," *Kidney Int.*, vol. 46, no. 2, pp. 534-539, 1994, doi: 10.1038/ki.1994.305.
- [3] L. B. Sardinha and G. B. Rosa, "Phase angle, muscle tissue, and resistance training," *Rev. Endocr. Metab. Disord.*, vol. 24, no. 3, pp. 393-414, 2023, doi: 10.1007/s11154-023-09791-8.
- [4] F. Campa et al., "High-standard predictive equations for estimating body composition using bioelectrical impedance analysis: a systematic review," *J. Transl. Med.*, vol. 22, no. 1, p. 515, 2024, doi: 10.1186/s12967-024-05272-x.
- [5] F. Campa et al., "Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes," *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 122, no. 3, pp. 561-589, 2022, doi: 10.1007/s00421-021-04879-y.
- [6] C. Petri, F. Campa, F. Holway, L. Pengue, and L. S. Arrones, "ISAK-Based Anthropometric Standards for Elite Male and Female Soccer Players," *Sports*, vol. 12, no. 3, p. 69, 2024, doi: 10.3390/sports12030069.
- [7] G. Coratella et al., "Generalized bioelectric impedance-based equations underestimate body fluids in athletes," *Scand. J. Med. Sci. Sports*, vol. 31, no. 11, pp. 2123-2132, 2021, doi: 10.1111/sms.14033.
- [8] F. Campa, A. M. Silva, J. Talluri, C. N. Matias, G. Badicu, and S. Toselli, "Somatotype and Bioimpedance Vector Analysis: A New Target Zone for Male Athletes," *Sustainability-basel*, vol. 12, no. 11, p. 4365, 2020, doi: 10.3390/su12114365.
- [9] F. Campa et al., "Classic Bioelectrical Impedance Vector Reference Values for Assessing Body Composition in Male and Female Athletes," *Int. J. Environ. Res. Public Heal.*, vol. 16, no. 24, p. 5066, 2019, doi: 10.3390/ijerph16245066.
- [10] Y. Liu, X. Xu, and A. Yang, "Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sports science: Applications, insights and future directions," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 20, no. 12, p. 101222, 2025, doi: 10.1016/j.ijeos.2025.101222.
- [11] Y. M. Dupertuis, W. Jimaja, C. B. Levoy, and L. Genton, "Bioelectrical impedance analysis instruments: how do they differ, what do we need for clinical assessment?," *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, vol. 28, no. 5, pp. 379-387, 2025, doi: 10.1097/mco.0000000000001142.
- [12] F. Campa, G. Mascherini, G. Polara, D. Chiodo, and L. Stefani, "Association of Regional Bioelectrical Phase Angle with Physical Performance: a Pilot Study in Elite Rowers," *Muscle Ligaments Tendons J.*, vol. 11, no. 03, p. 449, 2021, doi: 10.32098/mltj.03.2021.09.
- [13] O. D. Vincenzo, M. Marra, R. Sammarco, E. Speranza, I. Cioffi, and L. Scalfi, "Body composition, segmental bioimpedance phase angle and muscular strength in professional volleyball players compared to a control group," *J. Sports Med. Phys. Fit.*, vol. 60, no. 6, pp. 870-874, 2020, doi: 10.23736/s0022-4707.20.10548-6.
- [14] T. Bongiovanni et al., "Regional Bioelectrical Phase Angle Is More Informative than Whole-Body Phase Angle for Monitoring Neuromuscular Performance: A Pilot Study in Elite Young Soccer Players," *Sports*, vol. 10, no. 5, p. 66, 2022, doi: 10.3390/sports10050066.
- [15] T. Bongiovanni, A. Trecroci, A. Rossi, F. M. Iaia, G. Pasta, and F. Campa, "Association between Change in Regional Phase Angle and Jump Performance: A Pilot Study in Serie A Soccer Players," *Eur. J. Investig. Heal., Psychol. Educ.*, vol. 11, no. 3, pp. 860-865, 2021, doi: 10.3390/ejihpe11030063.
- [16] G. B. Rosa, H. C. Lukaski, and L. B. Sardinha, "The science of bioelectrical impedance-derived phase angle: insights from body composition in youth," *Rev. Endocr. Metab. Disord.*, vol. 26, no. 4, pp. 603-624, 2025, doi: 10.1007/s11154-025-09964-7.
- [17] Í. M. Pérez-Castillo, A. Valiño-Marques, J. López-Chicharro, F. Segura-Ortiz, R. Rueda, and H. Bouza-mondo, "Bioelectrical Impedance Analysis in Professional and Semi-Professional Football: A Scoping Review," *Sports*, vol. 13, no. 10, p. 348, 2025, doi: 10.3390/sports13100348.
- [18] R. de C. Honorato, A. S. M. Ferraz, W. Kassiano, P. C. Martins, D. A. S. Silva, and V. M. Ceccatto, "Regional phase angle, not whole-body, is augmented in response to pre-season in professional soccer players," *Res. Sports Med.*, pp. 1-15, 2022, doi: 10.1080/15438627.2022.2052069.
- [19] C. Petri, G. Mascherini, L. Pengue, and G. Galanti, "Dietary habits in elite soccer players," *Sport Sci. Heal.*, vol. 12, no. 1, pp. 113-119, 2016, doi: 10.1007/s11332-016-0264-2.
- [20] G. Mascherini, H. Gatterer, H. Lukaski, M. Burtcher, and G. Galanti, "Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season," *J. sports Med. Phys. Fit.*, vol. 55, no. 7-8, pp. 749-55, 2014.

- [21] M. L. Micheli et al., "Bioimpedance and Impedance Vector Patterns as Predictors of League Level in Male Soccer Players," *Int J Sport Physiol*, vol. 9, no. 3, pp. 532-539, 2014, doi: 10.1123/ij-spp.2013-0119.
- [22] H. Nabuco et al., "Phase Angle is Moderately Associated with Short-term Maximal Intensity Efforts in Soccer Players," *Int. J. Sports Med.*, vol. 40, no. 11, pp. 739-743, 2019, doi: 10.1055/a-0969-2003.
- [23] D. Barbieri, L. Zaccagni, V. Babić, M. Rakovac, M. Mišigoj-Duraković, and E. Gualdi-Russo, "Body composition and size in sprint athletes," *J. Sports Med. Phys. Fit.*, vol. 57, no. 9, pp. 1142-1146, 2017, doi: 10.23736/s0022-4707.17.06925-0.
- [24] D. A. Santos et al., "Reference Values for Body Composition and Anthropometric Measurements in Athletes," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 5, p. e97846, 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0097846.
- [25] D. Aerenhouts, P. Clarys, J. Taeymans, and J. V. Cauwenberg, "Estimating Body Composition in Adolescent Sprint Athletes: Comparison of Different Methods in a 3 Years Longitudinal Design," *PLoS ONE*, vol. 10, no. 8, p. e0136788, 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0136788.
- [26] S. Pedersen et al., "Associations between maximal strength, sprint, and jump height and match physical performance in high-level female football players," *Scand. J. Med. Sci. Sports*, vol. 32, no. S1, pp. 54-61, 2022, doi: 10.1111/sms.14009.
- [27] F. Campa et al., "The Influence of Menstrual Cycle on Bioimpedance Vector Patterns, Performance, and Flexibility in Elite Soccer Players," *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 17, no. 1, pp. 58-66, 2022, doi: 10.1123/ij-spp.2021-0135.
- [28] Á. Cebrián-Ponce et al., "Bioelectrical impedance vector analysis and track and field jump performance across different specialties: Sex differences and electrode configuration," *Physiol. Rep.*, vol. 12, no. 17, p. e70035, 2024, doi: 10.14814/phy2.70035.
- [29] G. Mascherini et al., "Raw bioelectrical data and physical performance in track and field athletes: Are there differences between the sexes in the relationship?," *Heliyon*, vol. 10, no. 15, p. e35754, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e35754.
- [30] E. Marini et al., "Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes," *Clin Nutr*, vol. 39, no. 2, pp. 447-454, 2020, doi: 10.1016/j.clnu.2019.02.016.
- [31] S. Cuschieri, "The STROBE guidelines," *Saudi J. Anaesth.*, vol. 13, no. Suppl 1, pp. S31-S34, 2019, doi: 10.4103/sja.sja_543_18.
- [32] W. M. Association, "World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects," *JAMA*, vol. 310, no. 20, pp. 2191-2194, 2013, doi: 10.1001/jama.2013.281053.
- [33] A. K. A. McKay et al., "Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework," *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 17, no. 2, pp. 317-331, 2022, doi: 10.1123/ij-spp.2021-0451.
- [34] F. Campa, S. Toselli, M. Mazzilli, L. A. Gobbo, and G. Coratella, "Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis," *Nutrients*, vol. 13, no. 5, p. 1620, 2021, doi: 10.3390/nu13051620.
- [35] F. Campa, H. Gatterer, H. Lukaski, and S. Toselli, "Stabilizing Bioimpedance-Vector-Analysis Measures With a 10-Minute Cold Shower After Running Exercise to Enable Assessment of Body Hydration," *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 14, no. 7, pp. 1006-1009, 2019, doi: 10.1123/ij-spp.2018-0676.
- [36] H. C. Lukaski and A. Piccoli, "Handbook of Anthropometry, Physical Measures of Human Form in Health and Disease," pp. 287-305, 2012, doi: 10.1007/978-1-4419-1788-1_16.
- [37] R. Francisco et al., "Comparison of series and parallel reactance to identify changes in intracellular water in response to physical training in athletes during a sports season," *Nutrition*, vol. 123, p. 112414, 2024, doi: 10.1016/j.nut.2024.112414.
- [38] C. N. Matias et al., "Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models," *Clin. Nutr.*, vol. 35, no. 2, pp. 468-474, 2016, doi: 10.1016/j.clnu.2015.03.013.
- [39] C. Matias, F. Campa, D. Santos, H. Lukaski, L. Sardinha, and A. Silva, "Fat-free Mass Bioelectrical Impedance Analysis Predictive Equation for Athletes using a 4-Compartment Model," *Int J Sports Med*, vol. 42, no. 01, pp. 27-32, 2020, doi: 10.1055/a-1179-6236.
- [40] M. Dittmar and H. Reber, "Validation of different bioimpedance analyzers for predicting cell mass against whole-body counting of potassium (^{40}K) as a reference method," *Am. J. Hum. Biol.*, vol. 16, no. 6, pp. 697-703, 2004, doi: 10.1002/ajhb.20078.
- [41] I. Janssen, S. B. Heymsfield, R. N. Baumgartner, and R. Ross, "Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis," *J. Appl. Physiol.*, vol. 89, no. 2, pp. 465-471, 2000, doi: 10.1152/jap-pl.2000.89.2.465.

- [42] M. L. Micheli, R. Cannataro, M. Gulisano, and G. Mascherini, "Proposal of a New Parameter for Evaluating Muscle Mass in Footballers through Bioimpedance Analysis," *Biology*, vol. 11, no. 8, p. 1182, 2022, doi: 10.3390/biology11081182.
- [43] T. A. Perini, G. L. de Oliveira, J. dos S. Ornellas, and F. P. de Oliveira, "Cálculo do erro técnico de medição em antropometria," *Rev. Bras. Med. Esporte*, vol. 11, no. 1, pp. 81-85, 2005, doi: 10.1590/s1517-86922005000100009.
- [44] G. M. Sullivan and R. Feinn, "Using Effect Size—or Why the P Value Is Not Enough," *J. Grad. Méd. Educ.*, vol. 4, no. 3, pp. 279-282, 2012, doi: 10.4300/jgme-d-12-00156.1.
- [45] F. Faul, E. Erdfelder, A.-G. Lang, and A. Buchner, "G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences," *Behav. Res. Methods*, vol. 39, no. 2, pp. 175-191, 2007, doi: 10.3758/bf03193146.
- [46] A. K. A. McKay et al., "Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework," *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 17, no. 2, pp. 317-331, 2022, doi: 10.1123/ijspp.2021-0451.
- [47] L. C. Hallam and F. T. Amorim, "Expanding the Gap: An Updated Look Into Sex Differences in Running Performance," *Front. Physiol.*, vol. 12, p. 804149, 2022, doi: 10.3389/fphys.2021.804149.
- [48] D. M. Mirkov, O. M. Knezevic, A. Garcia-Ramos, M. Čoh, and N. Šarabon, "Gender-Related Differences in Mechanics of the Sprint Start and Sprint Acceleration of Top National-Level Sprinters," *Int. J. Environ. Res. Public Heal.*, vol. 17, no. 18, p. 6447, 2020, doi: 10.3390/ijerph17186447.
- [49] Ø. Sandbakk, G. S. Solli, and H.-C. Holmberg, "Sex Differences in World-Record Performance: The Influence of Sport Discipline and Competition Duration," *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, vol. 13, no. 1, pp. 2-8, 2018, doi: 10.1123/ijspp.2017-0196.
- [50] A. M. Silva, "Structural and functional body components in athletic health and performance phenotypes," *Eur J Clin Nutr.*, vol. 73, no. 2, pp. 215-224, 2019, doi: 10.1038/s41430-018-0321-9.
- [51] M. Hetherington-Rauth, C. G. Leu, P. B. Júdice, I. R. Correia, J. P. Magalhães, and L. B. Sardinha, "Whole body and regional phase angle as indicators of muscular performance in athletes," *Eur. J. Sport Sci.*, vol. 21, no. 12, pp. 1684-1692, 2021, doi: 10.1080/17461391.2020.1858971.
- [52] X. Martínez-Mireles et al., "The Shape of Success: A Scoping Review of Somatotype in Modern Elite Athletes Across Various Sports," *Sports*, vol. 13, no. 2, p. 38, 2025, doi: 10.3390/sports13020038.
- [53] N. E. Bezodis, S. Willwacher, and A. I. T. Salo, "The Biomechanics of the Track and Field Sprint Start: A Narrative Review," *Sports Med.*, vol. 49, no. 9, pp. 1345-1364, 2019, doi: 10.1007/s40279-019-01138-1.
- [54] P. C. Martins, T. R. de Lima, A. M. Silva, and D. A. S. Silva, "Association of phase angle with muscle strength and aerobic fitness in different populations: A systematic review," *Nutrition*, vol. 93, p. 111489, 2022, doi: 10.1016/j.nut.2021.111489.
- [55] T. Bongiovanni et al., "Bioimpedance Vector References Need to Be Period-Specific for Assessing Body Composition and Cellular Health in Elite Soccer Players: A Brief Report," *J. Funct. Morphol. Kinesiol.*, vol. 5, no. 4, p. 73, 2020, doi: 10.3390/jfmk5040073.
- [56] K. Hirata, M. Ito, Y. Nomura, T. Yoshida, Y. Yamada, and R. Akagi, "Can phase angle from bioelectrical impedance analysis associate with neuromuscular properties of the knee extensors?," *Front. Physiol.*, vol. 13, p. 965827, 2022, doi: 10.3389/fphys.2022.965827.
- [57] P. Pakosz, A. Lukanova-Jakubowska, E. Łuszczki, M. Gnoiński, and O. García-García, "Asymmetry and changes in the neuromuscular profile of short-track athletes as a result of strength training," *PLoS ONE*, vol. 16, no. 12, p. e0261265, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0261265.
- [58] A. B. Stella, A. Galimi, M. Martini, L. D. Lenarda, L. Murena, and M. Deodato, "Muscle Asymmetries in the Lower Limbs of Male Soccer Players: Preliminary Findings on the Association between Countermovement Jump and Tensiomyography," *Sports*, vol. 10, no. 11, p. 177, 2022, doi: 10.3390/sports10110177.
- [59] Y. Tsukahara et al., "Changes in Body Composition and Its Relationship to Performance in Elite Female Track and Field Athletes Transitioning to the Senior Division," *Sports*, vol. 8, no. 9, p. 115, 2020, doi: 10.3390/sports8090115.
- [60] M. T. Stratton, S. L. Holden, A. T. Massengale, R. Davis, J. Strate-Lutzow, and K. Evenson-McMurtry, "Changes in body composition across a competitive season among three division 1 female sports," *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, vol. 22, no. sup2, p. 2550209, 2025, doi: 10.1080/15502783.2025.2550209.
- [61] T. Abe et al., "Longitudinal associations between changes in body composition and changes in sprint performance in elite female sprinters," *Eur. J. Sport Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 100-105, 2020, doi: 10.1080/17461391.2019.1612950.
- [62] A. Stachoń, J. Pietraszewska, and A. Burdukiewicz, "Anthropometric profiles and body composition of male runners at different distances," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, p. 18222, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-45064-9.

- [63] P. Pietraszewski, A. Maszczyk, A. Zając, and A. Gołaś, "Muscle Activity and Biomechanics of Sprinting: A Meta-Analysis Review," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 9, p. 4959, 2025, doi: 10.3390/app15094959.
- [64] G. Caparello et al., "Evaluation of Body Composition Changes by Bioelectrical Impedance Vector Analysis in Volleyball Athletes Following Mediterranean Diet Recommendations during Italian Championship: A Pilot Study," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 5, p. 2794, 2023, doi: 10.3390/app13052794.
- [65] N. A. Maffiuletti, P. Aagaard, A. J. Blazevich, J. Folland, N. Tillin, and J. Duchateau, "Rate of force development: physiological and methodological considerations," *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 116, no. 6, pp. 1091-1116, 2016, doi: 10.1007/s00421-016-3346-6.
- [66] Y. Akamatsu et al., "Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality," *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, vol. 13, no. 1, pp. 180-189, 2022, doi: 10.1002/jcsm.12860.
- [67] M. D. Roberts, C. T. Haun, C. G. Vann, S. C. Osburn, and K. C. Young, "Sarcoplasmic Hypertrophy in Skeletal Muscle: A Scientific 'Unicorn' or Resistance Training Adaptation?," *Front. Physiol.*, vol. 11, p. 816, 2020, doi: 10.3389/fphys.2020.00816.
- [68] U. Wisløff, C. Castagna, J. Helgerud, R. Jones, and J. Hoff, "Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players," *Br. J. Sports Med.*, vol. 38, no. 3, p. 285, 2004, doi: 10.1136/bjsm.2002.002071.
- [69] G. B. Rosa, M. Hetherington-Rauth, J. P. Magalhães, I. R. Correia, A. V. Bernardino, and L. B. Sardinha, "Limb-specific isometric and isokinetic strength in adults: The potential role of regional bioelectrical impedance analysis-derived phase angle," *Clin. Nutr.*, vol. 43, no. 1, pp. 154-162, 2024, doi: 10.1016/j.clnu.2023.11.039.
- [70] B. Bourgeois et al., "Improved strength prediction combining clinically available measures of skeletal muscle mass and quality," *J. Cachexia, Sarcopenia Muscle*, vol. 10, no. 1, pp. 84-94, 2019, doi: 10.1002/jcsm.12353.
- [71] J. Bangsbo, J. Kissow, and M. Hostrup, "Speed Endurance Training to Improve Performance," *Scand. J. Med. Sci. Sports*, vol. 35, no. 7, p. e70091, 2025, doi: 10.1111/sms.70091.
- [72] G. G. Matthews, "Cellular Physiology of Nerve and Muscle," pp. 216-224, 2013, doi: 10.1002/9781118687864.app3.
- [73] Y. Yamada, B. Buehring, D. Krueger, R. M. Anderson, D. A. Schoeller, and N. Binkley, "Electrical Properties Assessed by Bioelectrical Impedance Spectroscopy as Biomarkers of Age-related Loss of Skeletal Muscle Quantity and Quality," *J. Gerontol. Ser. A: Biomed. Sci. Méd. Sci.*, vol. 72, no. 9, pp. 1180-1186, 2017, doi: 10.1093/gerona/glw225.
- [74] J. A. B. Smith, K. A. Murach, K. A. Dyar, and J. R. Zierath, "Exercise metabolism and adaptation in skeletal muscle," *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, vol. 24, no. 9, pp. 607-632, 2023, doi: 10.1038/s41580-023-00606-x.
- [75] S. Yamaguchi et al., "Bioimpedance analysis for identifying new indicators of exercise-induced muscle damage," *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, p. 15299, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-66089-8.
- [76] O. Girard, A. Mendez-Villanueva, and D. Bishop, "Repeated-Sprint Ability — Part I," *Sports Med.*, vol. 41, no. 8, pp. 673-694, 2011, doi: 10.2165/11590550-000000000-00000.
- [77] Ørtenblad et al., "Muscle glycogen stores and fatigue," *Physiol* 591.18 (2013) pp 4405-4413, doi: 10.1113/jphysiol.2013.251629.
- [78] M. R. Siedler et al., "Assessing the reliability and cross-sectional and longitudinal validity of fifteen bioelectrical impedance analysis devices," *Br. J. Nutr.*, vol. 130, no. 5, pp. 827-840, 2023, doi: 10.1017/S0007114522003749.



SIGMOIDE E PUNTEGGIO NELLE PROVE MULTIPLE

Salvatore 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 ASD Freelance Athletics Paesi Etni, successivamente nella ASD Freelance AZ. Ha seguito e segue vari atleti 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.

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 atleti di livello nazionale nelle prove multiple.

Sveva Gerevini, Campionati europei, Birmingham 2026

Le prove multiple sono forse le gare più affascinanti e impietose dell'atletica leggera: dieci specialità per gli uomini, sette per le donne, ciascuna con le proprie leggi biomeccaniche, i propri tempi di adattamento, i propri costi biologici. Governare questa complessità con metodo, trasformandola in vantaggio competitivo, è da sempre la sfida più alta per tecnici e atleti. A questa sfida risponde, con rigore matematico e visione pratica, la ricerca che il lettore si appresta a leggere.

Quello che qui si presenta è il terzo capitolo di un percorso scientifico originale, avviato con il numero 2/2025 di AtleticaStudi e proseguito nel numero 1/2026: una trilogia coerente e progressiva, che ha introdotto il concetto di efficienza di prestazione sigmoidea - strumento capace di descrivere il profilo individuale del multi-atleta attraverso tutte le specialità - e ha via via affinato gli indicatori di controllo e ottimizzazione della prestazione. Se i primi due articoli hanno posto le fondamenta teoriche e definito parametri fondamentali come l'EPM, il Fattore

di Qualità FQ e il Fattore di Conformità FC, questo terzo contributo compie un passo decisivo: entra nel cuore delle formule di punteggio della World Athletics, ne svela la struttura matematica, e ne deriva la variazione fine del punteggio al variare della prestazione percentuale in ogni singola specialità.

Il risultato più concreto di questo percorso è l'Indice di Priorità Strategica (PS), uno strumento diagnostico che non prescrive dall'alto, ma orienta: indica al tecnico, specialità per specialità, dove conviene investire le risorse di allenamento per avvicinarsi al punteggio obiettivo nel modo più efficiente, tenendo conto al contempo della leva matematica delle formule WA e dello sforzo biologico dell'atleta. Una bussola, non un algoritmo. Un supporto alle decisioni, non un sostituto dell'intelligenza tecnica. Con questo terzo articolo, la metodologia si chiude in un sistema completo, applicabile e verificabile stagione dopo stagione.

Federico Pasquali

Alice Leonardi

Dietista e nutrizionista clinica. Laurea magistrale in Scienze della nutrizione umana, dottoranda in Basic and Applied Biomedical Sciences presso il dipartimento di Scienze biomediche di Catania. Ex atleta di livello nazionale, istruttore primo livello, vanta una consolidata esperienza nell'ambito della nutrizione clinica. Segue atleti dal punto di vista nutrizionale e tecnico.

Letizia Leonardi

Ricercatrice e docente presso l'Università di Aberdeen. Tutor, teaching assistant e honorary assistant presso la School of Language dell'Università in mediazione e traduzione linguistica. Ex atleta e attuale dirigente societaria della Freelance Az.

INTRODUZIONE

Nel numero 2/2025 e nel numero 1/2026 di AtleticaStudi, è stata proposta una nuova metodologia finalizzata al controllo e l'ottimizzazione della prestazione nelle prove multiple, valida sia per il decathlon che per l'eptathlon. In sintesi, gli articoli mostrano come attraverso l'Efficienza di Prestazione E_p , data dal rapporto tra il valore medio della prestazione in una data specialità ottenuta da atleti dediti alle prove multiple X_{PM} e il valore medio della prestazione della medesima specialità ottenuta da atleti che praticano specialità individuali X_{PI} , definita dalla 1], sia possibile descrivere le presunte prestazioni dei multi-atleti tramite una funzione sigmoidea (Figure 1A e 1B).

$$1] \quad E_p = \frac{\overline{X_{PM}}}{\overline{X_{PI}}}$$

La E_p è stata elaborata su un'ampia popolazione di atleti dal 2015 al 2024, estratti dalle graduatorie della WA (World Athletics), rispettivamente fino a 4400 punti per l'eptathlon e fino a 6400 punti per il decathlon. In questo, come nei precedenti articoli, i dati dello studio sono stati identificati per sintesi didattica con il termine statistica ITA 15-24.

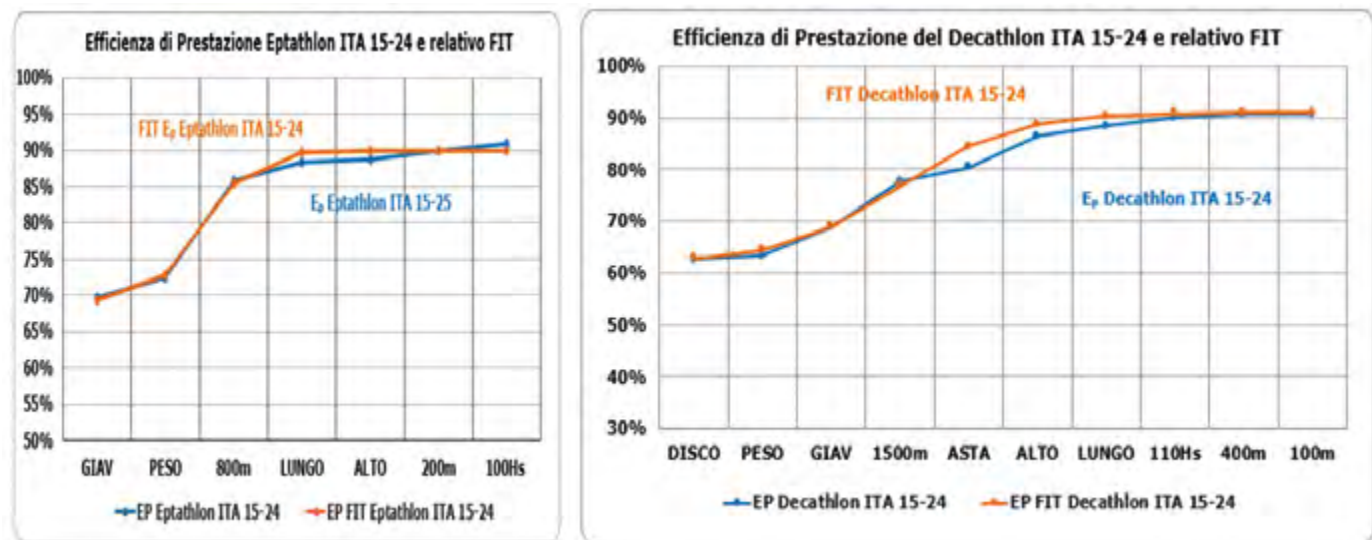


Figura 1A - E_p eptathlon e FIT sigmoideo

Figura 1B - E_p decathlon e FIT sigmoideo

La funzione sigmoidea, applicata con lo stesso criterio della 1] individualmente per ogni atleta, consente di valutare l'Efficienza di Prestazione Individuale E_{pi} trasversalmente a tutte le specialità rispetto alla E_p media, e quindi di focalizzare i punti di forza e di debolezza dell'atleta, fondamentali per il controllo e l'ottimizzazione della prestazione. Nelle successive immagini (Figure 2A e 2B) è stato riportato il fascio di curve della E_{pi} estratta dalla statistica ITA 15-24, sia per l'eptathlon (colore rosa), sia per il decathlon (colore azzurro). Il fascio di curve è delimitato dalle curve sigmoidee di errore di colore verde e rosso che definiscono i limiti statistici della E_{pi} in grado di descrivere una percentuale della popolazione statisticamente significativa di oltre il 90%.

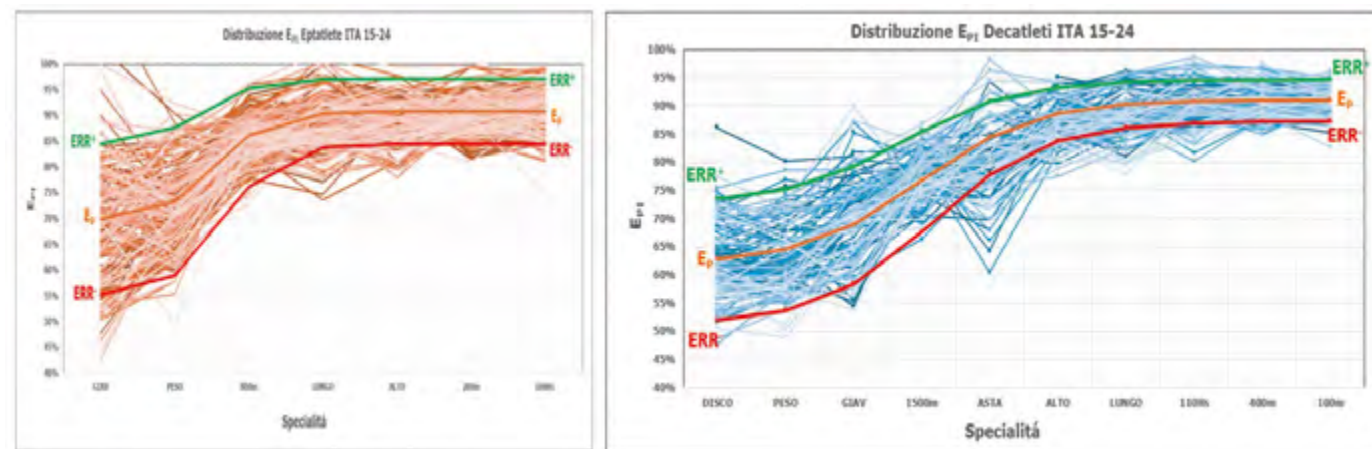


Figura 2A - Fascio curve E_{pi} eptathlon

Figura 2B - Fascio curve E_{pi} decathlon

Nel secondo articolo, sempre nel contesto della statistica ITA 15-24, la funzione sigmoidea nel dominio delle E_{pi} rispetto alle varie specialità delle multiple, è stata elaborata ulteriormente. Sono stati definiti importanti concetti quali l'Efficienza di Prestazione Media E_{pm} , il Fattore di Qualità F_q , il Fattore di Conformità F_c e il Fattore di Dispersione F_d , attraverso i quali sono stati definiti ulteriori tipologie di sigmoide come, il sigmoide conforme, il sigmoide ibrido, i sigmoide notevoli. Questi sigmoide consentono di identificare la caratteristica predominante del multi-atleta (lanciatore, velocista, saltatore) e di correlarne la prestazione globale associata al proprio sigmoide conforme rispetto al Punteggio Obiettivo PO desiderato. Le successive Figure 3A e 3B, mostrano la tabella di riepilogo che correla il PO corrispondente alla EPM a cui corrisponde a sua volta il valore di F_q , da cui è possibile estrarre le prestazioni presunte dell'atleta nelle varie specialità.

Sigmoide	Punteggio Obiettivo	Efficienza Prestazione Media	Fattore Qualità	Estremi Sigmoide Conforme	Estremi Sigmoide Conforme	PRESTAZIONE Specialità								PUNTEGGIO Specialità								Punteggio IAAF	GAP Punteggio PO-PT
N	PO	E _{pm}	F _q	A _c	B _c	GIAY	PESO	800m	LUNGO	ALTO	200m	100Hs	GIAY	PESO	800m	LUNGO	ALTO	200m	100Hs	PT	PUNTI		
1	7100	1.055	1.25	1.05	1.05	52.11	15.16	118.11	6.59	1.93	22.28	12.82	901	871	1146	1036	1142	1152	1152	7400	-100		
2	7300	1.054	1.64	1.03	1.05	50.75	14.89	119.56	6.51	1.91	22.54	12.97	875	854	1123	1012	1113	1126	1129	7232	-68		
3	7100	1.036	1.54	1.00	1.04	49.36	14.57	121.12	6.44	1.88	22.80	13.12	848	832	1099	987	1084	1098	1106	7054	-46		
4	6900	1.010	1.44	0.97	1.03	47.96	14.23	122.79	6.36	1.86	23.08	13.28	821	809	1073	962	1056	1071	1082	6874	-26		
5	6700	1.001	1.35	0.95	1.02	46.57	13.86	124.58	6.28	1.84	23.36	13.44	794	785	1045	938	1027	1043	1058	6690	-10		
6	6500	0.983	1.25	0.92	1.00	45.17	13.49	126.48	6.20	1.82	23.65	13.61	767	760	1017	913	999	1015	1034	6505	5		
7	6300	0.965	1.15	0.89	0.99	43.78	13.11	128.51	6.13	1.79	23.94	13.78	740	735	987	889	970	986	1010	6317	17		
8	6100	0.947	1.05	0.86	0.98	42.38	12.72	130.67	6.05	1.77	24.24	13.95	713	709	955	865	943	958	985	6128	28		
ERR ⁺	5988	0.937	1.00	0.84	0.97	41.60	12.51	131.94	6.01	1.76	24.42	14.05	698	695	936	851	927	941	971	6019	31		
9	5900	0.929	0.96	0.83	0.97	40.98	12.34	132.97	5.97	1.75	24.55	14.13	686	683	922	840	915	928	960	5934	34		
10	5700	0.911	0.86	0.80	0.95	39.59	11.94	135.41	5.89	1.73	24.87	14.31	659	657	887	816	887	899	934	5739	39		
11	5500	0.893	0.76	0.78	0.94	38.19	11.55	138.00	5.81	1.70	25.20	14.50	633	631	851	793	860	869	909	5546	46		
12	5300	0.876	0.66	0.75	0.93	36.79	11.15	140.75	5.73	1.68	25.53	14.69	606	605	813	769	833	839	882	5347	47		
13	5100	0.858	0.57	0.72	0.92	35.39	10.76	143.68	5.65	1.66	25.87	14.89	579	579	774	745	806	808	856	5147	47		
E _{pm}	4968	0.846	0.50	0.70	0.91	34.47	10.50	145.71	5.60	1.64	26.11	15.03	562	562	748	730	788	788	838	5016	48		
14	4900	0.840	0.47	0.69	0.90	34.00	10.36	146.78	5.57	1.64	26.23	15.10	553	553	734	722	779	777	829	4947	47		
15	4700	0.822	0.37	0.66	0.89	32.60	9.96	150.08	5.50	1.61	26.59	15.30	526	527	692	699	753	746	802	4745	45		
16	4500	0.804	0.27	0.63	0.88	31.20	9.56	153.59	5.41	1.59	26.96	15.52	499	501	649	675	727	715	774	4540	40		
17	4300	0.786	0.18	0.60	0.87	29.81	9.16	157.33	5.33	1.57	27.35	15.74	473	475	604	652	701	683	747	4335	35		
18	4100	0.769	0.08	0.58	0.86	28.41	8.76	161.31	5.25	1.55	27.74	15.97	447	449	558	630	675	651	718	4128	28		
ERR ⁻	3936	0.754	0.00	0.55	0.85	27.27	8.43	164.76	5.19	1.53	28.07	16.16	425	427	519	611	654	625	695	3956	20		
19	3900	0.751	-0.02	0.55	0.84	27.01	8.36	165.56	5.17	1.53	28.15	16.20	420	423	511	607	649	619	690	3919	19		
20	3700	0.733	-0.12	0.52	0.83	25.62	7.96	170.09	5.09	1.50	28.57	16.44	394	397	463	584	624	587	661	3710	10		
21	3500	0.715	-0.21	0.49	0.82	24.22	7.56	174.94	5.01	1.48	29.00	16.69	368	371	414	562	599	554	632	3500	0		

Figura 3A - Punteggio Obiettivo, E_{pm} e F_q dei sigmoide conformi vs specialità dell'eptathlon

Sigmoide	Punteggio Obiettivo	Efficienza Prestazione Media	Fattore Qualità	Estremi Sigmoide Conforme	Estremi Sigmoide Conforme	PRESTAZIONE Specialità										PUNTEGGIO Specialità										Punteggio IAAF	GAP Punteggio PO-PT
N	PO	E _{pm}	F _q	A _c	B _c	DISCO	PESO	GIAY	1500m	ASTA	ALTO	LUNGO	110Hs	400m	100m	DISCO	PESO	GIAY	1500m	ASTA	ALTO	LUNGO	110Hs	400m	100m	PT	PUNTI
1	9500	0.953	1.58	0.86	0.99	49.50	16.35	66.56	231.33	5.16	2.17	7.70	14.12	46.80	10.38	860	873	837	1018	960	965	983	959	968	1003	9426	-74
2	9300	0.941	1.49	0.84	0.98	48.41	16.01	65.31	224.56	5.11	2.16	7.64	14.21	47.12	10.45	837	852	818	994	945	949	970	947	952	987	9251	-49
3	9100	0.929	1.40	0.82	0.98	47.33	15.66	64.06	227.97	5.06	2.14	7.59	14.31	47.43	10.52	815	830	799	968	929	933	957	935	937	970	9073	-27
4	8900	0.917	1.31	0.80	0.97	46.24	15.31	62.79	241.56	5.01	2.12	7.53	14.41	47.76	10.59	792	809	780	942	913	917	943	923	921	953	8893	-7
5	8700	0.905	1.22	0.78	0.96	45.16	14.96	61.51	245.34	4.96	2.10	7.48	14.51	48.08	10.66	770	787	761	915	897	900	930	910	905	937	8712	12
6	8500	0.894	1.14	0.76	0.96	44.07	14.61	60.22	249.31	4.90	2.09	7.43	14.61	48.41	10.74	748	766	741	886	881	884	917	897	889	920	8529	29
7	8300	0.882	1.05	0.75	0.95	42.99	14.26	58.92	253.48	4.85	2.07	7.37	14.71	48.75	10.81	725	744	722	857	864	868	903	885	873	903	8344	44
ERR+	8194	0.875	1.00	0.74	0.95	42.41	14.08	58.22	255.77	4.82	2.06	7.34	14.77	48.93	10.85	714	733	711	841	855	859	878	865	854	8246	52	
9	8100	0.870	0.96	0.73	0.94	41.90	13.91	57.61	257.85	4.79	2.05	7.32	14.82	49.09	10.89	703	723	702	826	847	851	890	872	857	886	8157	57
10	7900	0.858	0.87	0.71	0.94	40.81	13.56	56.30	262.45	4.74	2.03	7.26	14.92	49.43	10.96	681	702	682	795	830	835	877	859	841	869	7971	71
11	7700	0.846	0.78	0.69	0.93	39.73	13.21	54.98	267.27	4.68	2.02	7.21	15.03	49.78	11.04	659	680	663	763	813	818	864	846	825	852	7783	83
12	7500	0.834	0.69	0.67	0.92	38.64	12.86	53.66	272.34	4.62	2.00	7.15	15.14	50.14	11.12	637	659	643	729	796	802	850	833	808	835	7592	92
13	7300	0.822	0.61	0.65	0.92	37.55	12.51	52.33	277.66	4.56	1.98	7.10	15.25	50.50	11.20	615	637	623	695	778	785	837	820	792	817	7399	99
14	7100	0.810	0.52	0.63	0.91	36.47	12.16	50.99	283.24	4.50	1.96	7.04	15.36	50.86	11.28	593	616	603	660	760	768	824	806	775	800	7205	105
EP	7080	0.809	0.51	0.63	0.91	36.36	12.12	50.86	283.81	4.49	1.96	7.04	15.37	50.90	11.29	591	614	601	657	759	767	822	805	774	798	7188	108
16	6900	0.798	0.43	0.61	0.90	35.38	11.81	49.66	289.11	4.44	1.94	6.99	15.48	51.23	11.36	571	595	584	624	743	752	810	793	759	782	7013	113
17	6700	0.786	0.34	0.59	0.90	34.29	11.45	48.32	295.29	4.38	1.92	6.93	15.59	51.61	11.44	550	573	564	587	725	735	797	779	742	765	6817	117
18	6500	0.775	0.25	0.57	0.89	33.21	11.10	46.98	301.78	4.32	1.91	6.87	15.71	51.99	11.53	528	552	544	550	707	718	784	766	725	747	6621	121
19	6300	0.763	0.16	0.55	0.88	32.12	10.75	45.63	308.62	4.25	1.89	6.82	15.83	52.38	11.61	506	531	524	511	689	701	771	752	708	729	6422	122
20	6100	0.751	0.07	0.54	0.88	31.03	10.40	44.28	315.83	4.19	1.87	6.76	15.95	52.78	11.70	485	510	504	472	670	684	758	738	691	711	6223	123
ERR-	5931	0.741	0.00	0.52	0.87	30.11	10.10	43.14	322.24	4.13	1.85	6.71	16.06	53.11	11.77	467	492	480	438	655	670	746	726	677	696	6055	124
23	5900	0.739	-0.01	0.52	0.87	29.95	10.05	42.93	323.43	4.12	1.85	6.70	16.08	53.18	11.79	463	488	485	432	652	668	744	724	674	693	6023	123
23	5700	0.727	-0.10	0.50	0.87	28.86	9.70	41.58	331.46	4.06	1.83	6.65	16.20	53.58	11.88	442	467	465	392	634	651	731	710	675	675	5824	124
24	5500	0.715	-0.19	0.48	0.86	27.77	9.34	40.23	339.95	3.99	1.81	6.59	16.33	54.00	11.97	421	446	445	352	615	634	718	696	640	657	5624	124

re il divario tra la prestazione presunta e la prestazione obiettivo, è auspicabile conoscere anche la struttura del punteggio stesso allo scopo di valutare se, in funzione delle caratteristiche dell'atleta dedotte dai coefficienti F_Q , F_C e F_D , rispetto alle infinite soluzioni matematiche che garantiscono il PO, conviene seguire alcune scelte tecniche e atletiche piuttosto che altre.

In definitiva, la E_{pi} dell'atleta misurata trasversalmente a tutte le specialità delle multiple, consente di dedurre le principali caratteristiche dell'atleta e di controllarne e ottimizzarne la prestazione che indirettamente stabilisce il punteggio. Oltre alla struttura del punteggio, anche la conoscenza della variazione fine del punteggio, come vedremo più avanti, si presta a delle speculazioni che possono significare per l'atleta il raggiungimento di prestazioni migliori e quindi punteggi più alti.

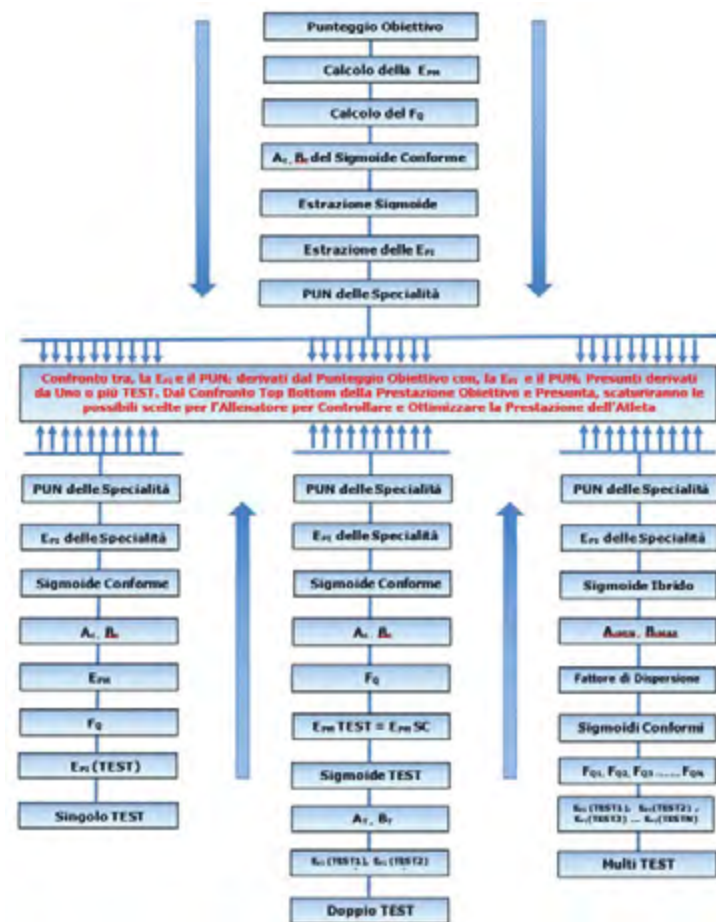


Figura 4 - Quadro sinottico per il controllo e l'ottimizzazione della prestazione globale dell'atleta

ALCUNE CARATTERISTICHE DELLE FUNZIONI CRESCENTI

Prima di addentrarci nel mondo del punteggio delle prove multiple, conviene fare delle brevi considerazioni di carattere matematico di supporto alla comprensione del contenuto dei paragrafi successivi e in particolare sulle funzioni monotone crescenti.

Se si ha una funzione del tipo $Y=KX$, con $K>0$, nel dominio delle X positive, essendo la funzione crescente, da $X_1<X_2$ segue $kX_1<kX_2$ ossia $Y_1<Y_2$. Vediamo adesso di valutare il rapporto X_1/X_2 rispetto al rapporto Y_1/Y_2 . Scriviamo pertanto $Y_1/Y_2 = KX_1/KX_2 = X_1/X_2 < 1$. Come si può osservare, per questa funzione, il rapporto tra due valori X_1 e X_2 sulle ascisse è uguale al rapporto dei corrispondenti valori Y_1 e Y_2 sulle ordinate.

Consideriamo adesso la funzione $Y=AX+B$ con $A>0$ e $B>0$ e come per il caso precedente valutiamo il rapporto X_1/X_2 rispetto al rapporto Y_1/Y_2 . In altre parole, si vuole capire se il rapporto X_1/X_2 è minore, uguale o maggiore del rapporto Y_1/Y_2 . Si osservi intanto che essendo per ipotesi $X_1<X_2$ segue $AX_1<AX_2$ da cui $AX_1+B<AX_2+B$ ossia $Y_1<Y_2$. Supponiamo che sia $Y_1/Y_2>X_1/X_2$. Dalla precedente relazione segue $AX_1+B/AX_2+B>X_1/X_2$ da cui $X_2*(AX_1+B)>X_1*(AX_2+B)$ ossia segue $X_2*AX_1+X_2*B>X_1*AX_2+X_1*B$ ossia $X_2*B>X_1*B$ da cui $X_2>X_1$ come da ipotesi. Abbiamo pertanto validato che la relazione $Y_1/Y_2>X_1/X_2$ è vera.

Consideriamo adesso la funzione $Y=A(X-B)^C$ con $A>0$ $B>0$ e $C>1$. La funzione è definita per $X-B>0$ ossia

$X>B$. Anche in questo caso vogliamo confrontare il rapporto tra due punti sulle ascisse con il rapporto tra i due corrispondenti valori sulle ordinate. La funzione è crescente con concavità verso l'alto, dalle ipotesi $B>0$ segue $B*X_1<B*X_2$ da cui segue anche che $-B*X_1>-B*X_2$. Essendo $X_1*X_2>0$, segue che $X_1*X_2-B*X_1>X_1*X_2-B*X_2$ da cui segue che $X_1*(X_2-B)>X_2*(X_1-B)$ da cui $(X_1-B)/(X_2-B)<X_1/X_2<1$ e, essendo $C>1$, segue allora anche che $[(X_1-B)/(X_2-B)]^C<[(X_1-B)/(X_2-B)]$ da cui segue $[(X_1-B)/(X_2-B)]^C<X_1/X_2<1$. Da $Y_1=A*(X_1-B)^C$ e $Y_2=A*(X_2-B)^C$, consegue $Y_1/Y_2=[A*(X_1-B)^C]/[A*(X_2-B)^C]$, ossia $Y_1/Y_2=[(X_1-B)/(X_2-B)]^C$. Per la precedente disuguaglianza segue $Y_1/Y_2<X_1/X_2$.

Riepilogando, abbiamo visto che data una generica funzione $Y=f(X)$ crescente in un certo intervallo di valori di X , dati due punti sulle ascisse X_1 e X_2 con $X_1<X_2$, il rapporto Y_1/Y_2 tra i due valori sulle ordinate Y_1 e Y_2 , in funzione del tipo di funzione, può essere maggiore uguale o minore del rapporto X_1/X_2 tra i corrispondenti valori sulle ascisse.

$$\text{Tipo 1)} \quad Y=AX+B \quad \Rightarrow \quad Y_1/Y_2 > X_1/X_2$$

$$\text{Tipo 2)} \quad Y=KX \quad \Rightarrow \quad Y_1/Y_2 = X_1/X_2$$

$$\text{Tipo 3)} \quad Y=A(X-B)^C \quad \Rightarrow \quad Y_1/Y_2 < X_1/X_2$$

Vedremo come nel prosieguo dell'articolo questo breve excursus sulle caratteristiche del rapporto tra valori della variabile dipendente rispetto ai corrispondenti valori della variabile indipendente di alcune funzioni monotone crescenti sarà molto utile per comprendere determinate caratteristiche legate alle relazioni della WA che nelle prove multiple esprimono il punteggio in funzione della prestazione.

RENDIMENTO DI CONVERSIONE DEL PUNTEGGIO

Analogamente a quanto fatto per l'Efficienza di Prestazione E_p , sempre nel contesto della statistica ITA 15-24, definiamo in maniera analoga il parametro Rendimento di Conversione del Punteggio R_p . La relazione 1] definita precedentemente, viene pertanto riproposta anche nel caso dei punteggi attraverso la relazione 2].

$$2] \quad R_p = \frac{\overline{P_{PM}}}{\overline{P_{PI}}}$$

In questo caso R_p rappresenta il 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 la medesima specialità o alcune specialità individuali appartenenti però tutte allo stesso gruppo di specialità. Le formule 1] e 2] sono sostanzialmente identiche nella definizione e nella forma, la differenza sostanziale risiede in ciò che viene misurato. Va detto però che il parametro P_{PI} , per omogeneità di confronto con il parametro P_{PM} , viene generato utilizzando le tabelle della WA e non le tabelle di punteggio individuali.

Nelle figure 5A e 5B è stato riportato il valore di R_p per ogni specialità delle prove multiple, sovrapposto per confronto alla E_p , quest'ultima riportata per valori crescenti.

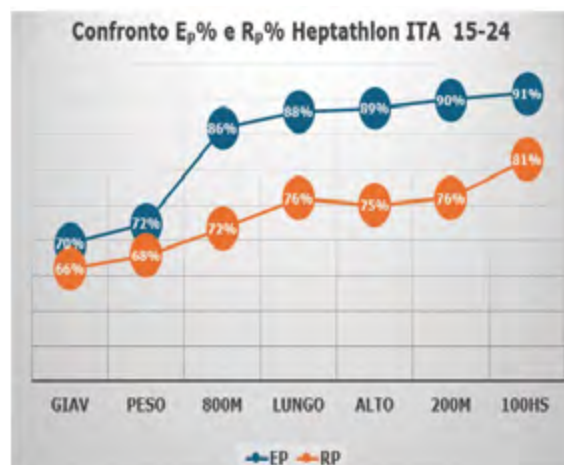


Figura 5A - Confronto E_p e R_p eptathlon

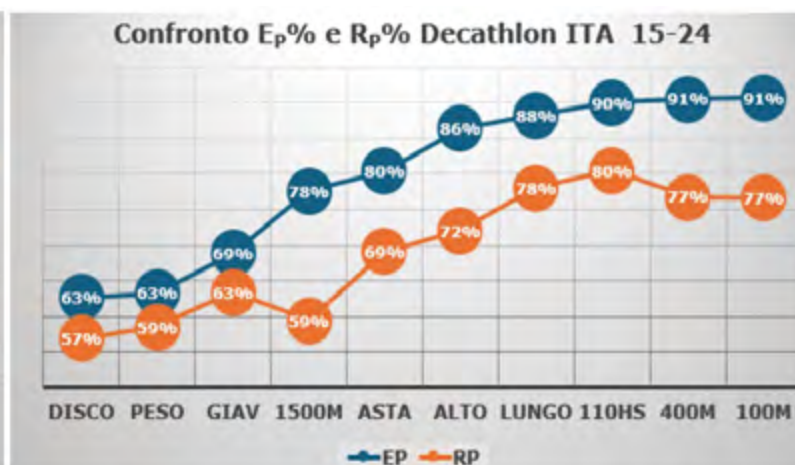


Figura 5B - Confronto E_p e R_p decathlon

I grafici di Figura 5A e 5B si prestano a delle interessanti considerazioni. Intanto si osserva che per tutte le specialità, e sia nel caso dell'eptathlon che del decathlon, come ampiamente descritto nel caso del primo articolo del numero 2/2025 di AtleticaStudi, i lanci mostrano E_p inferiore a quella dei salti che a loro volta mostrano valori inferiori a quella delle corse veloci. Il valore della E_p del mezzofondo si attesta tra quella dei lanci e quella dei salti.

A differenza della E_p , il valore di R_p non mantiene l'andamento monotono lungo tutte le specialità delle multiple. R_p si discosta sensibilmente per difetto e in maniera non costante rispetto alla E_p . Questa caratteristica, come si vedrà più avanti, è un fattore intrinseco alle formule della WA utilizzate per l'assegnazione dei punteggi.

I valori di R_p , pur non rispettando lo stesso andamento monotono della E_p , tranne per la specialità dei 100 metri, dei 400 metri e dei 1500 metri del decathlon, mantengono valori distinti per gruppi di specialità. In altre parole, analogamente a quanto accade per la E_p , anche i valori di R_p dei gruppi di specialità omogenei non si sovrappongono.

Le Figure 5A e 5B sono pertanto molto interessanti perché fanno vedere in maniera diretta quali sono le specialità delle multiple la cui E_p è migliore e, al contempo, quali sono le specialità in cui R_p è più alto. Tuttavia, si faccia molta attenzione al fatto che, intrinsecamente alla definizione di R_p , come vedremo bene più avanti, valori più alti di R_p non significano per il multi-atleta un rendimento di punteggio più efficiente. Nei prossimi paragrafi verrà spiegato il significato di questa discrepanza tra E_p e R_p e di come questa caratteristica possa tornare utile per delle speculazioni mirate a ottenere il più alto punteggio possibile per l'atleta.

LE TABELLE DI PUNTEGGIO

Come descritto nel sito della WA, l'assegnazione del punteggio rispetto alla prestazione conseguita dagli atleti nelle varie specialità delle multiple ha una storia abbastanza travagliata che nel corso degli anni ha visto il susseguirsi di diversi criteri e modifiche.

In questo paragrafo ci limiteremo a illustrare qual è lo stato dell'arte del criterio dei punteggi attualmente utilizzati dalla WA e quali sono le implicazioni rispetto a R_p .

Il criterio di assegnazione dei punteggi outdoor, ad oggi prevede tre diverse formule: una per il gruppo delle specialità dei lanci, una per il gruppo dei salti e una per le gare di corsa (Equazioni 3], 4], e 5]). Ogni formula genera un punteggio P in funzione della prestazione X conseguita dall'atleta. Per ogni specialità delle prove multiple, il punteggio P viene determinato in maniera univoca da tre diversi parametri A, B e C specifici, secondo le formule e la relativa tabella di seguito indicati.

SPE	A	B	C
GIAV	15.98030	3.80	1.040
PESO	56.02110	1.50	1.050
800m	0.11193	254.00	1.880
LUNGO	0.18881	210.00	1.410
ALTO	1.84523	75.00	1.348
200m	4.99087	42.50	1.810
100Hs	9.23076	26.70	1.835

Figura 6A - Coefficienti A, B e C dell'eptathlon

Specialità dei Lanci

$$3] \quad P = A * (X - B)^{\wedge} C$$

Specialità dei Salti

$$4] \quad P = A * (X - B)^{\wedge} C$$

Specialità della Corsa

$$5] \quad P = A * (B - X)^{\wedge} C$$

SPE	A	B	C
100m	25.4347	18.00	1.81
Lungo	0.14354	220.00	1.40
Peso	51.39	1.50	1.05
Alto	0.8465	75.00	1.42
400m	1.53775	82.00	1.81
110Hs	5.74352	28.50	1.92
Disco	12.91	4.00	1.10
Asta	0.2797	100.00	1.35
Giav	10.14	7.00	1.08
1500m	0.03768	480.00	1.85

Figura 6B - Coefficienti A, B e C del decathlon

Le tre formule soddisfano a nove requisiti che sono maturati nel corso della riunione del gruppo di lavoro del comitato tecnico della WA riunitosi a Praga il 2 e 3 marzo del 1983, allo scopo di rendere l'attribuzione del punteggio quanto più equo possibile rispetto a discipline sportive che sono diverse tra loro e che per la valutazione richiedono l'utilizzo di strumenti diversi, nella fattispecie riconducibili a regoli e cronometri e pertanto non direttamente confrontabili. Nel caso delle specialità dei lanci, la prestazione X deve essere espressa in metri, nel caso dei salti in centimetri, nel caso della corsa in secondi.

Come si può osservare dalle formule, l'attribuzione del punteggio in funzione della prestazione non è lineare, bensì dipende da un esponente. In pratica, il punteggio cresce in maniera progressiva al migliorare della prestazione secondo una curva che ha concavità verso l'alto, con l'intento di premiare le prestazioni più performanti.

Nei grafici delle successive Figure 7A, 7B e 7C, per ogni gruppo di specialità è stato riportato l'andamento dei punteggi di almeno una delle specialità di quel dato gruppo, nella fattispecie il giavellotto per il gruppo dei lanci, il salto in alto per il gruppo dei salti, i 100 metri per la specialità della corsa.

Nel caso dei 100 metri, la Figura 7D riporta l'andamento di punteggio definito come rapporto tra le velocità piuttosto che rispetto al tempo, allo scopo di poter avere $E_p < 1$ in maniera omogenea per tutte le specialità delle multiple.

Come si può osservare dai grafici, tutte e tre le formule restituiscono un andamento crescente progressivo con concavità accennata leggermente verso l'alto. Il grado di concavità dipende dal valore dell'esponente definito dal parametro C. Il confronto della concavità rilevata nelle figure non è immediato, in quanto bisognerebbe confrontare l'andamento di funzioni che però hanno una scala di ascisse differente e pertanto non direttamente confrontabile. Tuttavia, si percepisce comunque anche visivamente che nel caso del giavellotto ($C=1.08$), la concavità dell'andamento del punteggio è meno evidente rispetto alla concavità dell'andamento del salto in alto ($C=1.42$) e dei 100 metri ($C=1.81$), proprio perché nel giavellotto, il valore di C, essendo prossimo a 1, la curva di punteggio restituisce un andamento pressoché lineare.

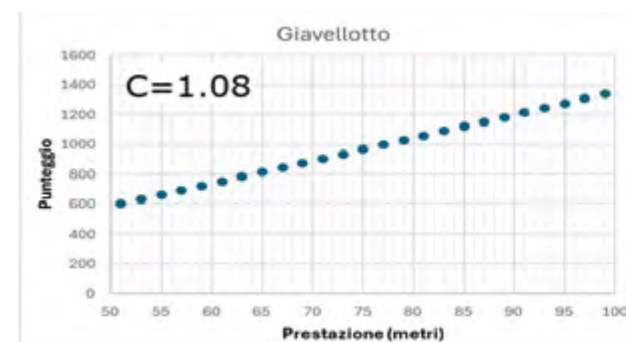


Figura 7A - Punteggio giavellotto vs prestazione (m)

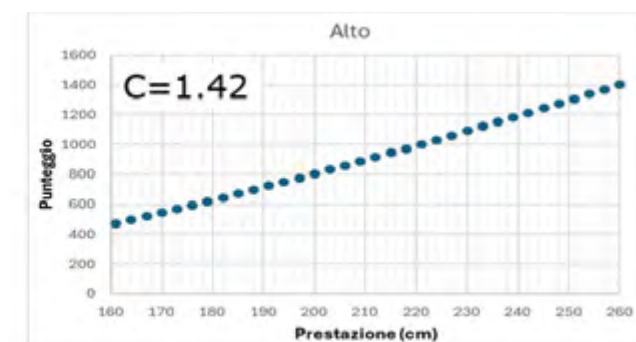


Figura 7B - Punteggio alto vs prestazione (cm)

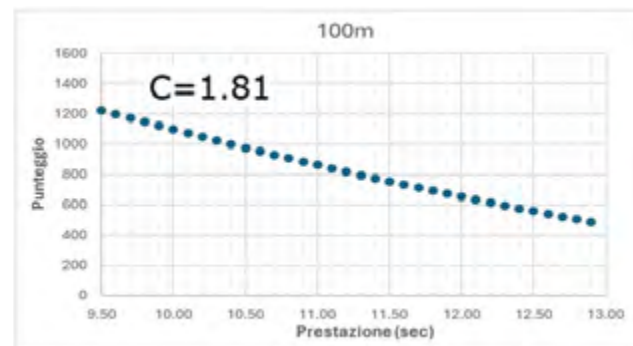


Figura 7C - Punteggio 100m vs prestazione (sec)

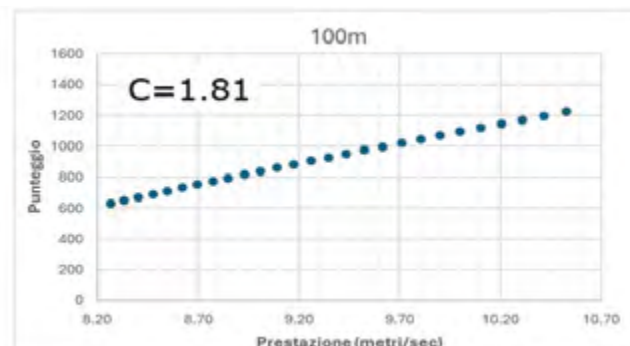


Figura 7D - Punteggio 100m vs prestazione (m/sec)

PRESTAZIONE E PUNTEGGIO

L'andamento di punteggio crescente progressivo rispetto alla prestazione, mostrato nei grafici delle Figure 7A, 7B e 7D, comporta matematicamente il fatto che il rapporto tra due distinti valori della prestazione sull'asse delle ordinate è inferiore a quello tra i corrispondenti punteggi sull'asse delle ascisse. Questa affermazione non è scontata ma, per le formule che assegnano il punteggio in funzione della prestazione relative ai lanci e ai salti espresse dalle equazioni 3] e 4] del precedente paragrafo, è stato dimostrato nel paragrafo 2] essere vera. Nel caso del salto in alto, per esempio, nella Figura 8 è stato riportato l'andamento della formula 4] del paragrafo precedente per il quale è stato dimostrato appunto nel paragrafo 2] che $P_1/P_2 < X_1/X_2$.

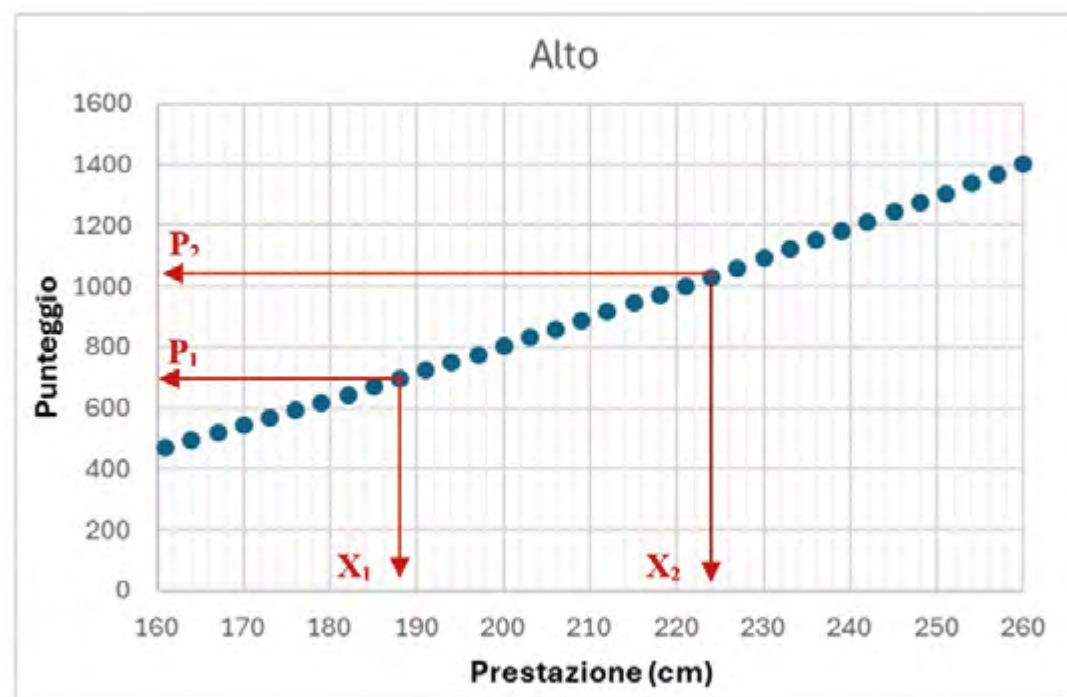


Figura 8 - Andamento crescente progressivo punteggio salto in alto vs prestazione

Consideriamo adesso il caso della corsa e prendiamo a tal proposito il grafico inerente all'andamento del punteggio nei 100 metri rispetto alla prestazione (Figura 9) e dimostriamo anche in questo la veridicità della relazione $P_1/P_2 < V_1/V_2$.

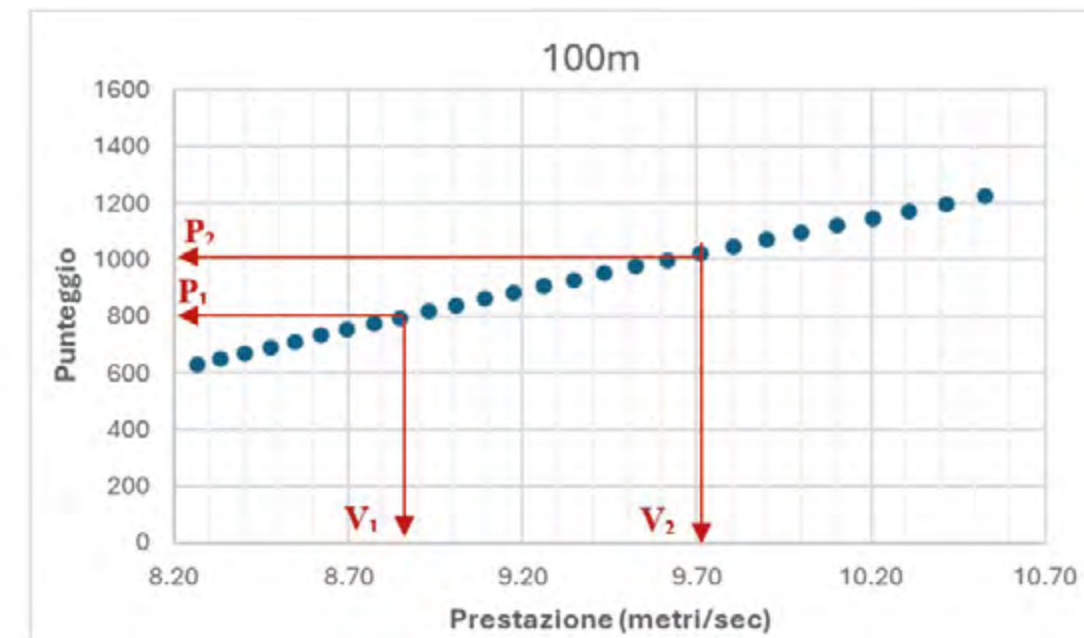


Figura 9 - Andamento crescente progressivo punteggio 100 metri vs prestazione

Poiché il punteggio viene espresso in questo caso rispetto alla velocità, le considerazioni in merito alla veridicità della relazione da dimostrare deve essere provata esprimendo nella relazione 5] la prestazione in termini di velocità e non di tempo. Poniamo pertanto nella 5] $X=S/V$, dove S è la distanza coperta nella specialità, V la velocità della prestazione e X ovviamente il tempo della prestazione espresso in secondi.

$$6] \quad P = A * (B - \frac{S}{V})^C$$

Per ipotesi abbiamo che $0 < V_1 < V_2$ con $A > 0$, $B > 0$ e $C > 1$. Dalle ipotesi segue che $V_1/V_2 < 1$, da cui segue $1/V_1 > 1/V_2$, da cui segue $S/V_1 > S/V_2$ da cui segue $-S/V_1 < -S/V_2$ da cui segue $B - S/V_1 < B - S/V_2$ da cui $B - S/V_1 / B - S/V_2 < 1$ ed essendo per ipotesi $C > 1$, segue anche che $[B - S/V_1 / B - S/V_2]^C < [B - S/V_1 / B - S/V_2] < 1$ da cui segue $[B - S/V_1]^C / [B - S/V_2]^C < 1$ ossia $[B - S/V_1]^C / [B - S/V_2]^C < [B - S/V_1 / B - S/V_2] < 1$ ossia $P_1/P_2 < [B - S/V_1 / B - S/V_2] < 1$.

Per completare la dimostrazione bisogna infine verificare che $[B - S/V_1 / B - S/V_2] < V_1/V_2$. Procedendo, segue $V_2 * [B - S/V_1] < V_1 * [B - S/V_2]$ da cui $B * [V_2 - V_1] < S * V_2/V_1 - S * V_1/V_2$ da cui segue $B * [V_2 - V_1] < S * [(V_2)^2 - (V_1)^2] / V_1 * V_2$ da cui $B * [V_2 - V_1] < S * [(V_2 - V_1) * (V_2 + V_1)] / V_1 * V_2$ ossia $B < S * (1/V_1 + 1/V_2)$ ossia $B < (X_1 + X_2)$ dove $X_1 = S/V_1$ e $X_2 = S/V_2$ sono le prestazioni iniziali espresse in tempo. Ma le prestazioni iniziali, anche nel caso di valori eccellenti di record mondiale, non potranno essere inferiori a 9.1 secondi, ed essendo dalla tabella 6 per la gara dei 100 metri nel caso del Decathlon $B=18$, ne consegue che la relazione $B < (X_1 + X_2)$ è verificata e quindi è verificata anche la relazione $P_1/P_2 < V_1/V_2$.

In definitiva, è stato pertanto dimostrato che per tutte e tre le formule della WA delle prove multiple vale la seguente relazione

$$7] \quad P_1/P_2 < X_1/X_2$$

Dal punto di vista statistico, l'estensione della disuguaglianza $P_1/P_2 < X_1/X_2$ da valori singoli a valori medi conserva piena validità. Sebbene la natura non lineare delle formule della WA generi una microscopica differenza teorica se si calcola il punteggio prima o dopo aver fatto la media delle prestazioni, fenomeno noto come disuguaglianza di Jensen, tale sfasamento matematico risulta del tutto trascurabile sul campo. Questo accade per due ragioni pratiche. In primo luogo, gli atleti individuali d'élite si muovono in un range di prestazioni estremamente compatto, dove la curva del punteggio è quasi rettilinea. In secondo luogo, il

distacco cronometrico e di misura tra la media dei multiplisti e quella degli specialisti puri è abbastanza netta da assorbire qualsiasi millimetrica variazione statistica. Di conseguenza, la relazione 7] può essere estrapolata anche per i gruppi di popolazione di atleti della statistica ITA 15-24.

Si possono pertanto sostituire nella relazione 7] i valori medi, ossia al posto di X_1 il valore medio della data specialità della prestazione conseguito dai multi-atleti X_{PM} e al posto di X_2 il valore medio della medesima data specialità della prestazione X_{PI} conseguito dagli atleti individuali nelle corrispondenti specialità delle multiple della 1].

Analogamente si può sostituire al posto di P_1 il valore medio del punteggio conseguito dai multi-atleti P_{PM} e al posto di P_2 il valore medio del punteggio degli atleti conseguito nelle corrispondenti prove individuali P_{PI} nelle corrispondenti specialità delle multiple della precedente relazione 2].

$$8] \quad \overline{P_{PM}} / \overline{P_{PI}} < \overline{X_{PM}} / \overline{X_{PI}}$$

Quindi, per le 1] e 2], si può scrivere

$$9] \quad R_P < E_P$$

Si giunge pertanto alla conclusione che il valore di R_p delle formule della WA è inferiore alla E_p , come riscontrato attraverso l'analisi dei dati riportati nelle precedenti Figure 5. Il divario tra le due curve assume pertanto adesso pieno significato.

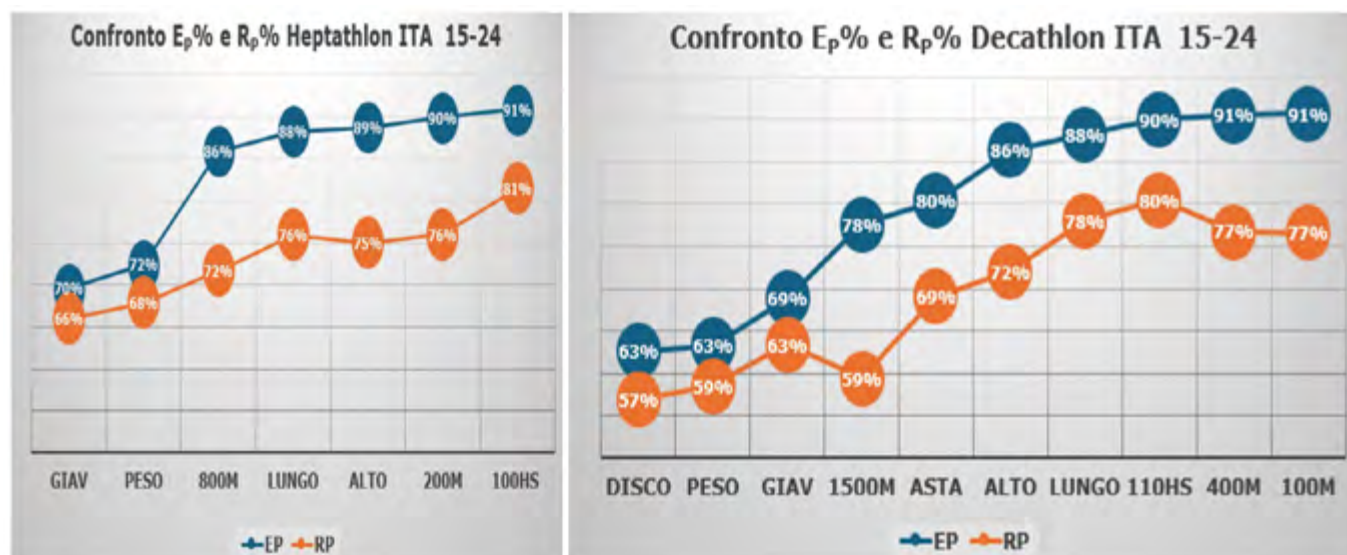


Figura 10 - Divario tra Efficienza di prestazione EP e Rendimento di conversione del punteggio RP

Si osservi anche che il parametro R_p rispetto alla E_p mostra uno scostamento maggiore per i gruppi di specialità che hanno coefficiente C più grande, come per esempio i salti e le corse. Anche questa caratteristica trova spiegazione intrinseca nelle formule di conversione della prestazione in punteggio perché nel paragrafo 2 è stato dimostrato che vale la seguente relazione $[(X_1-B)/(X_2-B)]^C < [(X_1-B)/(X_2-B)] < 1$ e quindi per $C1 > C2$, si può anche scrivere che $[(X_1-B)/(X_2-B)]^{C1} < [(X_1-B)/(X_2-B)]^{C2}$.

Questa caratteristica si può mettere in evidenza anche osservando l'andamento dei grafici della Figura 11, dove è stata riportata la variazione $E_p - R_p$ rispetto al valore dei coefficienti C delle formule di conversione della prestazione in punteggio.

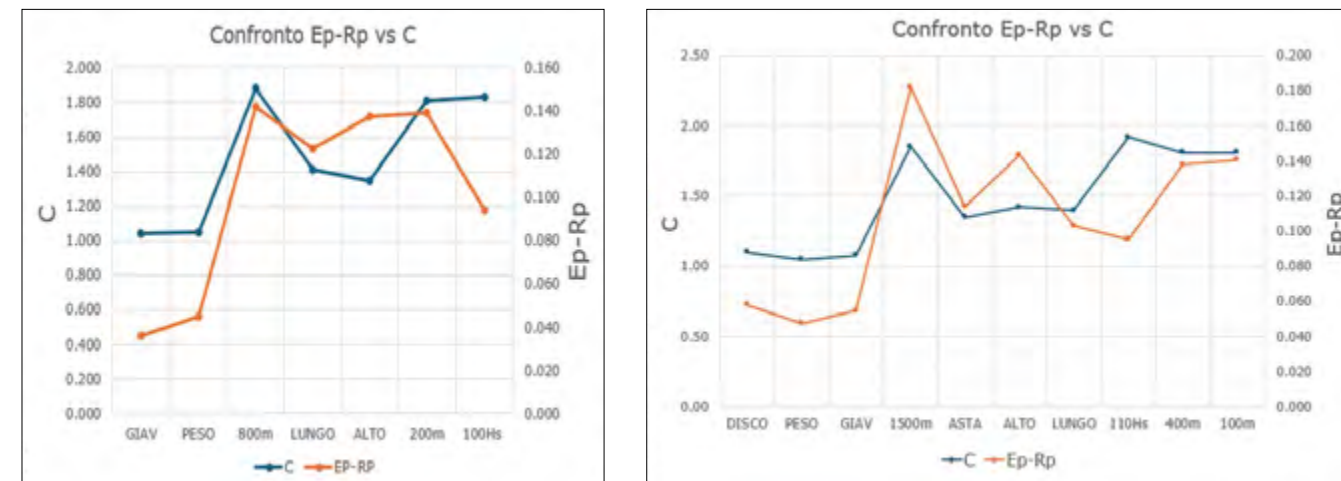


Figura 11 - Divario $E_p - R_p$ rispetto ai valori di C

Come si può osservare dalla Figura 11, anche se le scale alla destra e alla sinistra non sono in correlazione, il divario $E_p - R_p$ tende a seguire il valore dei coefficienti C per quasi tutte le specialità delle multiple. Le poche discrepanze sono dovute al fatto che il confronto dell'andamento del divario tra $R_p - E_p$ indicato nella Figura 10 dipende da R_p attraverso le varie specialità per valori non costanti della E_p . Questo implica che, più bassa è la prestazione e quindi la E_p e meno redditizio intrinsecamente alla concavità verso l'alto delle formule di conversione sarà il corrispondente punteggio, e quindi meno evidente sarà il divario.

Tale divario tende a sua volta invece ad essere più pronunciato intra specialità all'aumentare della prestazione e attraverso le specialità all'aumentare del valore di C . In altre parole, il peso fine dei coefficienti C delle formule di conversione sarebbe rilevato in maniera più evidente se pesato su tutte le specialità a parità di E_p . Ai fini quindi dell'ottimizzazione del punteggio dei multi-atleti, quando si valuta il potenziale obiettivo da raggiungere, come si vedrà più in avanti, bisogna tenere conto pertanto della E_p su cui viaggia l'atleta nelle varie specialità, perché magari potrebbe essere più conveniente racimolare più punti nelle specialità a bassa efficienza, dove piccoli accorgimenti magari mirati a migliorare la tecnica potrebbero rivelarsi più redditizi, piuttosto che ricercare dei miglioramenti in quelle specialità dove l'atleta mostra alta efficienza, il cui miglioramento della prestazione richiederebbe un impegno considerevole in termini di risorse energetiche non indifferenti o non disponibili.

In questo contesto, il sigmoide ed i parametri di controllo ad esso associati come la E_{PM} , F_Q , F_C e F_D , descritti nei precedenti articoli, aiutano a discernere dove l'atleta potrebbe migliorare la prestazione in funzione delle proprie caratteristiche. Questa analisi di compromesso alla ricerca del punteggio migliore è molto utile perché il multi-atleta intrinsecamente non gareggia in un contesto di equa E_p rispetto a tutte le specialità ma in un contesto dove la sua E_{PM} è determinata da un ventaglio di efficienze di prestazioni descrivibili statisticamente da un sigmoide.

IL CONTROLLO FINE DEL PUNTEGGIO

Per quanto illustrato nel quadro sinottico e per quanto visto nel precedente paragrafo, l'ottimizzazione del punteggio del multi-atleta passa attraverso il compromesso di dover allocare risorse finite alla preparazione tecnica e atletica che, come visto nei precedenti articoli, generano una E_p intrinseca che non è costante su tutte le specialità, e quindi il raggiungimento del PO determinato dalle formule di punteggio della WA si presta a delle valutazioni di compromesso che dipendono anche dalla struttura del punteggio stesso.

Risulta utile, pertanto, conoscere come varia il punteggio specialità per specialità in tutto lo spettro dei punteggi in maniera fine, dai valori più bassi ai più alti valori di E_p .

Le formule di punteggio espresse dalla 3] 4] e 5] forniscono la corrispondenza del punteggio in funzione della prestazione, ma non ci dicono direttamente come varia il punteggio al variare della prestazione stessa. Conoscere come varia il punteggio in funzione della prestazione è di fondamentale importanza, perché questo significa avere uno strumento di diagnostica istantaneo che non dipende più dalla scelta arbitraria di un target fisico futuro, ma rispecchia fedelmente la sensibilità marginale al punteggio nel punto esatto in cui l'atleta si trova in quel periodo della preparazione.

Riprendiamo a tal proposito le formule le formule 3] 4] e 5] del paragrafo 4].

$$\text{Salti e lanci} \rightarrow 10] \quad P = A * (X - B)^C \quad \text{Corse} \rightarrow 11] \quad P = A * (B - X)^C$$

Per calcolare il tasso di variazione istantaneo del punteggio rispetto a un incremento della prestazione, basta fare la derivata prima delle 10] e 11]. Poiché le funzioni puntano a quantità diverse espresse in metri (lanci), centimetri (salti) e secondi (corse), valutare le variazioni di punteggio in funzione della prestazione non sarebbe utile in quanto ci troveremmo a confrontare variazioni di prestazioni diverse misurate da grandezze diverse. Torna invece utile rappresentare la variazione del punteggio rispetto alla variazione percentuale della prestazione, cosicché le diverse specialità sono tutte confrontabili tra esse, tenendo però bene a mente che la stessa variazione percentuale in una data prestazione della data specialità richiede un costo energetico e biologico molto diverso in funzione della specialità stessa.

Per valutare la variazione di punteggio della variazione percentuale della prestazione delle varie specialità, definiamo la variabile adimensionale u che rappresenta lo scostamento percentuale dal valore di partenza X_0 . Nel caso dei lanci e salti la variazione percentuale di prestazione $X(u)$ è espressa dalla seguente relazione 12].

$$12] \quad X(u) = X_0 * (1 + u/100)$$

Sostituendo la 12] nella formula del punteggio 10], si ottiene la 13].

$$13] \quad P(u) = A * [X_0 * (1 + u/100) - B]^C$$

Calcoliamo la derivata prima rispetto ad u nel punto di partenza dell'atleta per $u = 0$.

$$14] \quad [dP/du]_{u=0} = A * C * (X_0 - B)^{C-1} * (X_0 / 100)$$

Poiché il punteggio di partenza è $P_0 = A(X_0 - B)^C$, possiamo isolare il parametro di scala $A = P_0 / (X_0 - B)^C$ e sostituirlo nella derivata 14] ottenendo la seguente espressione.

$$15] \quad L_{\text{Concorsi}} = [dP/du]_{u=0} = [P_0 / (X_0 - B)^C] * C * [(X_0 - B)^{C-1}] * (X_0 / 100) = [(C * P_0) / 100] * [X_0 / (X_0 - B)]$$

Definiamo la 15] come Leva Matematica L del punteggio rispetto alla prestazione perché ci dice di quanto aumenta il punteggio per la variazione percentuale della prestazione.

La stessa cosa possiamo fare per le specialità delle corse partendo dalla relazione 11] sostituendo T al posto di X . Nelle discipline di corsa, un miglioramento prestazionale corrisponde a una riduzione del tempo cronometrico. Definiamo quindi la variazione percentuale $T(u)$ come contrazione del tempo di partenza T_0 , ripetendo il ragionamento.

$$16] \quad T(u) = T_0 * (1 - u/100) \quad 17] \quad P(u) = A * [B - T_0 * (1 - u/100) - B]^C$$

$$18] \quad [dP/du]_{u=0} = A * C * (B - T_0)^{C-1} * (T_0 / 100)$$

$$19] \quad L_{\text{Corse}} = [dP/du]_{u=0} = [P_0 / (B - T_0)^C] * C * [(B - T_0)^{C-1}] * (T_0 / 100) = [(C * P_0) / 100] * [T_0 / (B - T_0)]$$

Si osservi la simmetria del modello delle derivate rispetto ai concorsi e alle corse.

$$20] \quad L_{\text{Concorsi}} = [(C * P_0) / 100] * [X_0 / (X_0 - B)] \quad 21] \quad L_{\text{Corse}} = [(C * P_0) / 100] * [T_0 / (B - T_0)]$$

Questo significa che la leva L di punti per ogni % di incremento fisico dipende da tre fattori, ossia l'esponente progressivo C definito dalla WA per governare l'incremento dei punti, il punteggio attuale P_0 che premia gli atleti di alto livello grazie alla progressività della curva e la distanza relativa dal valore di zero-punti ($X_0 - B$) oppure ($B - T_0$) che funge da fattore di scala asimmetrico e biomeccanico per ogni singola disciplina. Nelle espressioni 20] e 21] non figura più il coefficiente A presente delle 3] 4] e 5] del paragrafo 4] poiché inglobato nel termine P_0 .

Fissata pertanto la prestazione globale di partenza dell'atleta data dalle prestazioni X_i e quindi dei corrispondenti punteggi P_i , l'utilizzo delle formule 20] e 21] consente di capire quali sono le prestazioni più redditizie nell'intorno dei valori X_i e P_i di partenza. A tale scopo, nella tabella di Figura 12A e Figura 12B sono stati riportati rispettivamente i valori della leva di punteggio per l'eptathlon e per il decathlon da 500 fino a 1000 punti, per ogni % di variazione della prestazione in metri, centimetri o secondi rispettivamente per i lanci, salti e corse, calcolata dalle 20] e 21].

EPTA	100Hs (sec)		ALTO (cm)		PESO (m)		200m (sec)		LUNGO (cm)		GIÀV (m)		800m (sec)	
PUN	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %
500	17.89	19	138.8	15	9.54	6	29.75	21	477.7	13	31.21	6	166.6	18
600	16.97	19	148.0	16	11.07	7	28.40	22	514.6	14	36.46	7	157.7	18
700	16.12	20	156.9	18	12.58	8	27.15	22	549.8	16	41.68	8	149.47	19
800	15.32	20	165.4	20	14.08	9	25.97	23	583.6	18	46.87	9	141.78	19
900	14.57	20	173.7	21	15.58	10	24.86	23	616.1	19	52.03	10	134.52	19
1000	13.85	20	181.7	23	17.06	12	23.80	23	647.6	21	57.17	11	127.64	19

Figura 12A - Variazione punteggio fine eptathlon corrispondente alla variazione del 1% della prestazione

DECA	100m (sec)		LUNGO (cm)		PESO (m)		ALTO (cm)		400m (sec)		110Hs (sec)		DISCO (m)		ASTA (cm)		GIÀV (m)		1500m (sec)	
PUN	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %	PRE	VAR 1 %
500	12.82	22	558.8	12	10.23	6	164.5	13	57.57	21	18.26	17	31.78	6	356.5	9	43.94	6	310.7	17
600	12.27	23	606.0	13	11.89	7	176.7	15	54.98	22	17.24	18	36.78	7	393.6	11	50.74	8	293.2	17
700	11.76	24	650.9	15	13.53	8	188.4	17	52.58	23	16.3	18	41.72	9	429.1	12	57.45	9	277.0	18
800	11.28	24	694.0	16	15.16	9	199.6	18	50.33	23	15.42	18	46.58	10	463.3	14	64.09	10	261.8	18
900	10.83	25	735.6	18	16.78	10	210.3	20	48.20	23	14.59	18	51.40	11	496.4	15	70.66	11	247.4	18
1000	10.40	25	775.9	20	18.39	11	220.8	22	46.17	23	13.81	18	56.16	12	528.6	17	77.19	12	233.8	18

Figura 12B - Variazione punteggio fine decathlon corrispondente alla variazione del 1% della prestazione

Come si può osservare, le variazioni della leva sono molto diverse in funzione della specialità. Primeggiano i valori di corsa, seguono poi i salti e infine i lanci, come del resto era atteso in funzione di quanto già descritto nei precedenti paragrafi. Si osservi in particolare come a parità di punteggio di partenza, i lanci mostrano variazioni di circa meno di 1/3 rispetto a quelle delle corse e di circa meno di 1/2 circa rispetto ai salti, mentre i salti mostrano variazioni di circa meno di 2/3 rispetto a quelle delle corse.

La variazione di punteggio, inoltre, come descritto nel paragrafo 5], cresce al crescere del punteggio stesso, fino ad arrivare a 25 punti nella corsa dei 100 metri nell'intorno di 1000 punti, mentre a punteggi bassi il minimo del punteggio della leva è dato dai lanci.

OTTIMIZZAZIONE DEL PUNTEGGIO

Ottenere il punteggio più alto è obiettivo di tutti gli atleti che si dedicano alle multiple. Come descritto negli articoli precedenti e per quanto ribadito in questo articolo, le possibilità matematiche con cui questo può essere ottenuto sono infinite ma, quelle realmente percorribili sul campo, poi, sono quelle che dipendono dalle caratteristiche dell'atleta e di come varia il punteggio per ogni specialità.



Dario Dester, Campionati europei, Birmingham 2026

Se del nostro atleta non conoscessimo alcuna prestazione di partenza e non avessimo contezza della distribuzione della E_p nelle multiple, fissato un PO da ottenere saremmo tentati di ripartire il punteggio in maniera equa su tutte le specialità e quindi dalle formule inverse della 3] 4] e 5] calcolare le corrispondenti prestazioni a cui ambire.

Tuttavia, poiché la E_p intrinsecamente alle multiple è descrivibile da una funzione sigmoidea che può variare di diversi punti percentuale tra le varie specialità, anche il relativo punteggio derivato dalle formule della WA non si distribuisce in maniera uniforme. Scegliere pertanto a monte una ripartizione equa del punteggio su tutte le specialità, anche di un atleta di cui non abbiamo alcun dato, sarebbe un azzardo, perché in talune specialità, statisticamente l'atleta potrebbe non raggiungere mai quella data prestazione.

Soltanto nei rarissimi casi in cui le prestazioni di partenza dell'atleta stanno pressoché su un sigmoide, vale a dire F_D non superiore a 0.1 (che nel dominio dei sigmoidi della E_{pi} corrisponde ad una variazione di circa 200 punti totali tra due sigmoidi consecutivi) e il PO da colmare non sia superiore alla stessa variazione di 200 punti, la distribuzione dei punteggi nelle varie specialità può essere ripartita in maniera equa, perché l'errore commesso rispetto al divario reale da colmare per ogni specialità è di pochi punti.

Fissato il PO, nasce pertanto l'esigenza di inquadrare la prestazione iniziale dell'atleta e individuare quale percorso metodologico seguire per potenziarne le specialità che richiedono più attenzione.

Come ampiamente descritto nel 2° articolo, il quadro sinottico richiamato anche nel primo paragrafo del presente articolo, viene incontro alla questione. Se dell'atleta non sappiamo praticamente nulla, bisogna effettuare dei test specifici per valutare almeno alcune prestazioni, altrimenti lo stato di partenza è definito dallo spettro delle prestazioni ottenute nella precedente stagione agonistica o disponibili alla data della verifica. Note le prestazioni iniziali si può definire il sigmoide individuale che descrive la E_{pi} in tutte le specialità e dalle formule di conversione della WA risalire al punteggio.

Dalla differenza dei valori di punteggio nelle varie specialità, ottenuta dal PO calcolato dalle prestazioni delle specialità del sigmoide conforme e, dal punteggio calcolato dal sigmoide individuale che rispecchia le prestazioni di partenza, è possibile risalire per ogni specialità al divario di punteggio da colmare.

L'ottimizzazione del punteggio consiste pertanto nel valutare il divario di punteggio per ogni specialità e

approcciare quindi le azioni che conducono alla preparazione atletica e tecnica stagionale più appropriata. In linea di principio, potremmo rinunciare al calcolo del sigmoide individuale e utilizzare direttamente i punteggi ottenuti nella stagione precedente nelle varie specialità. Seppure pratico, questo approccio però non permetterebbe di conoscere a monte i fattori F_Q e F_C che inquadrano la caratteristica iniziale dell'atleta, vale a dire, lanciatore se $F_C < 1$, velocista se $F_C > 1$, oppure conforme alla statistica se $F_C \sim 1$, mentre F_Q ci dice per ogni specialità dove si colloca la prestazione rispetto alla statistica stessa. Si ricordi infatti che per definizione, il sigmoide conforme è quello per cui tutte le diverse E_{pi} delle varie specialità hanno lo stesso F_Q , ossia, caratterizzate dal fascio di curve della statistica ITA 15-24 che meglio descrive gli sforzi biologici in maniera statisticamente equilibrata.

Nota pertanto la distribuzione dei punteggi da colmare nelle singole specialità delle multiple, nasce l'esigenza di capire anche l'ordine di priorità di potenziamento del lavoro da campo delle specialità nelle attività in funzione del punteggio stesso.

Se volessimo indirizzare il potenziamento atletico e tecnico più redditizio dell'atleta in funzione del divario del punteggio da colmare per ogni specialità lasciandoci guidare soltanto dalla leva, saremmo tentati di stabilirne l'ordine di priorità discriminando le specialità come indicato nel paragrafo 6], vale a dire, prima le corse, poi i salti e infine i lanci, inseguendo quanto suggerito dalle formule della WA.

Se volessimo invece indirizzare il potenziamento lasciandoci guidare soltanto dal fattore F_Q e quindi di come la prestazione globale dell'atleta si posiziona rispetto alla statistica ITA 15-24 e quindi in ultima analisi dalle caratteristiche stesse dell'atleta, l'ordine di priorità di potenziamento delle specialità sarebbe indirizzato da quelle specialità che mostrano un punteggio da colmare più alto.

Le conclusioni a cui arriveremmo seguendo i due approcci potrebbero pertanto non essere coerenti in quanto, alti valori di E_p e quindi di punteggio, non significano necessariamente anche alti valori di F_Q .

Dietro questo compromesso nasce pertanto l'esigenza di stabilire quale sia il criterio più appropriato da seguire per indirizzare il lavoro di potenziamento prioritario dell'atleta in funzione del PO da colmare per ogni specialità.

L'INDICE DI PRIORITÀ STRATEGICA P_s

Come già detto nei paragrafi precedenti, l'ottimizzazione delle risorse di allenamento in vista del PO non può essere un processo basato sulla semplice intuizione o su una ripartizione equa dei carichi di lavoro. Poiché il sistema di punteggio della WA non è lineare e presenta costi di guadagno in punti variabili tra le diverse specialità, è necessario uno strumento che guidi il tecnico verso la scelta più efficiente.

Per risolvere questo compromesso, definiamo l'indice di Priorità Strategica P_s come un indicatore che quantifica l'allocazione ottimale delle risorse di allenamento.

$$22] \quad P_s = G / L$$

Il termine G è definito come l'urgenza prestazionale e rappresenta il divario in punti tra la prestazione iniziale e la prestazione di arrivo fissata dal PO sul sigmoide conforme.

Il termine L rappresenta la leva definita dalle tabelle WA espresse dalle derivate 20 e 21, misura in pratica di quanto aumenta il punteggio per una variazione percentuale della prestazione e indica quindi il costo necessario per scalare la classifica.

In pratica P_s descrive di quanto deve essere incrementata la percentuale di prestazione in quella data disciplina a partire dalla prestazione iniziale per raggiungere il PO.

La P_s non deve essere interpretata come una prescrizione automatica, ma come una bussola di navigazione. Essa non misura la fatica biologica in senso assoluto ma la difficoltà che il tecnico deve considerare per riequilibrare la performance complessiva dell'atleta verso l'armonia del sigmoide conforme di arrivo.

La tabella della Figura 13 e la relativa didascalia della Figura 14 mostrano come lavora l'indice P_s in funzione del divario di punteggio G da colmare e della L definita dalle equazioni 20] e 21] per ogni specialità.

P _s = G/L			L		
			Piccola	Media	Alta
			<12	12÷18	>18
G	Piccolo	< 50	Rifinitura Tecnica > 4.2	Mantenimento 4.2 ÷ 2.8	Consolidamento < 2.8
	Medio	50 ÷ 100	Intervento Mirato 8.3 ÷ 4.2	Sviluppo Standard 8.3 ÷ 2.8	Espansione Fluida 5.6 ÷ 2.8
	Alto	> 100	Focus Critico > 8.3	Alta Priorità 8.3 ÷ 5.6	Sviluppo Strategico < 5.6

Figura 13 – Valori di PS in funzione del divario da colmare G e della leva matematica L

Focus Critico Ps Alto > 8.3	Massima allerta. Il Gap è ampio e la Leva è estremamente punitiva. Il tecnico deve abbandonare la routine per un approccio "strutturale". Revisione completa della tecnica, analisi del movimento, incremento del tempo dedicato al lavoro di qualità superiore. È la specialità che, se non curata, trascina verso il basso la prestazione totale.
Alta Priorità Ps Medio-Alto 8.3 ÷ 5.6	Area di forte impegno strategico. La specialità richiede un'allocazione di tempo importante. Il tecnico deve inserire la disciplina come "evento principale" nelle sessioni in cui l'atleta è più fresco, assicurandosi che il carico di lavoro sia sufficiente a colmare il divario in tempi certi.
Intervento Mirato Ps Medio 8.3 ÷ 4.2	Area di lavoro serio e costante. Il divario è sensibile o la resistenza del sistema di punteggio richiede un impegno superiore alla media. Il tecnico deve pianificare blocchi di lavoro dedicati, focalizzati sulla capacità di prestazione (condizionale o tecnica), mantenendo un monitoraggio costante dei progressi.
Sviluppo Standard Ps Medio 8.3 ÷ 2.8	Il cuore operativo della preparazione. Il rapporto tra Gap e Leva è bilanciato. Qui si applica il protocollo di allenamento standard, finalizzato al miglioramento lineare e costante. È l'area che garantisce la solidità complessiva della prova multipla.
Sviluppo Strategico Ps Medio < 5.6	Area di impegno programmato. Sebbene il Gap sia alto, la Leva favorevole permette un miglioramento costante. Non richiede un intervento d'emergenza come il Focus Critico, ma una pianificazione a lungo termine ("a tappe") per portare l'atleta al potenziale desiderato.
Rifinitura Tecnica Ps Basso > 4.2	Il divario è minimo e la leva è bassa. L'obiettivo non è il volume, ma la precisione chirurgica. Si lavora su dettagli esecutivi, ritmi di gara o aggiustamenti biomeccanici minimi. L'impegno richiesto è mirato e di breve durata per non affaticare l'atleta in una specialità dove ogni piccolo errore pesa sul punteggio.
Espansione Fluida Ps Basso 5.6 ÷ 2.8	Area di alta redditività. Nonostante il Gap medio, la Leva alta rende il miglioramento "economico". Il tecnico può pianificare volumi di lavoro elevati perché il sistema di punteggio premia rapidamente i progressi. È il settore dove l'atleta può scalare la classifica con facilità.
Mantenimento Ps Basso 4.2 ÷ 2.8	Area di alta efficienza. L'atleta ha raggiunto una buona stabilità e il sistema WA favorisce il mantenimento del punteggio. Sono sufficienti richiami periodici per preservare il livello prestativo. Le risorse temporali qui risparmiate vanno reindirizzate verso le specialità in zona critica.
Consolidamento Ps Basso < 2.8	Zona di "Comfort Strategico". Il Gap è irrilevante o la Leva è molto favorevole. Non sono richiesti sforzi aggiuntivi; la specialità si sostiene con l'attività di base. È la zona dove l'atleta "guadagna" punti con il minimo sforzo biologico.

Figura 13B – Didascalia dei valori di PS in funzione del divario da colmare G e della leva matematica L

Noto per ogni specialità il valore di P_s che possiamo identificare con P_{si}, possiamo calcolare la P_{si}%, ossia la percentuale di incremento della data prestazione pesata rispetto alle specialità delle multiple, del decathlon nella fattispecie, ma vale lo stesso ragionamento anche per le specialità dell'eptathlon.

$$23] \quad P_{si}\% = [P_i / (P_{i1} + P_{i2} + \dots + P_{i10})] \cdot 100$$

P_{si}% rappresenta in pratica la torta di allocazione percentuale delle risorse globali delle prove multiple. Nel caso dell'eptathlon P_{si}% viene ovviamente ripartita su sette specialità, nel caso del decathlon, come nella 23], su dieci specialità.

Il tecnico definisce gli ingredienti quali la metodologia e il tipo di allenamento in base al livello di E_p di partenza e al margine biologico F_q residuo dell'atleta lasciandosi guidare dal valore di P_{si}%. In sintesi, l'uso della P_s permette al tecnico di superare l'arbitrarietà delle scelte, fornendo un mezzo di controllo diagnostico istantaneo che rispecchia la sensibilità marginale al punteggio nel punto esatto della preparazione in cui l'atleta si trova e quindi di allocare la percentuale di risorse proporzionale al valore di P_{si}% (tempo, volume, intensità, tecnica).

Seguono due esempi di utilizzo della metodologia di controllo e ottimizzazione della prestazione e del punteggio nell'eptathlon e nel decathlon.

EPTATHLON

Nella pagina successiva sono riportati i dati dell'eptatleta Maria Rossi organizzati secondo quanto indicato nei paragrafi precedenti con l'intento di arrivare a definire le possibili strategie per ottenere il punteggio obiettivo.

Atleta Maria Rossi → Punteggio reale 5085 punti → Punteggio obiettivo 5900 punti.

Nelle colonne della Tabella 15A sono riportati i seguenti dati.

- Colonna 1 → Specialità dell'eptathlon per valori crescenti di E_p.
- Colonna 2 → Dati specialità acquisiti in gare o da test.
- Colonna 3 → Prestazione media statistica P_{pi} ITA 15-25 specialità individuali.
- Colonna 4 → EP delle singole specialità dell'eptathlon per ogni colonna E_p=DATI/P_{pi}.
- Colonna 5 → Fattore di qualità F_q calcolato per la colonna DATI delle specialità.
- Colonna 6 → E_p del sigmoide ibrido (s_{dati}) dei dati di partenza.
- Colonna 7 → E_p del sigmoide conforme (s_{con}) dei dati di partenza.
- Colonna 8 → E_p del sigmoide della statistica ITA 15-24 ERR⁻.
- Colonna 9 → E_p del sigmoide della statistica ITA 15-24 media.
- Colonna 10 → E_p del sigmoide della statistica ITA 15-24 ERR⁺.
- Colonna 11 → E_p del sigmoide obiettivo estratto dalla statistica ITA 15-24.

Nelle colonne della Tabella 15B sono riportati i seguenti dati.

- Colonna 1 → Specialità dell'eptathlon per valori crescenti di E_p.
- Colonna 2 → Dati specialità acquisiti in gare o da test.
- Colonna 3 → Punteggio corrispondente ai dati della colonna 2 (DATI).
- Colonna 4 → PO estratto dalla riga del sigmoide 9 della Tabella di Figura 3A.
- Colonna 5 → Prestazione del PO estratta dalla colonna 4 PO Tabella di Figura 3B.
- Colonna 6 → Variazione prestazione tra colonna PRE OB e colonna DATI.
- Colonna 7 → GAP di punteggio tra colonna PUN OB e colonna PUN.
- Colonna 8 → Leva matematica calcolata rispetto alla colonna 3 PUN e colonna 2 DATI.
- Colonna 9 → Indice di Priorità strategica P_s calcolato per ogni specialità.
- Colonna 10 → Indice di Priorità strategica P_s% per ogni specialità.
- Colonna 11 → Ordine di % di impegno delle risorse per arrivare al PO.

Nel grafico di Figura 15C sono riportati il sigmoide della E_p della colonna 4 della Tabella 15A, i sigmoidi ERR⁻ (rosso) e ERR⁺ (verde) che abbracciano oltre il 90% della dei dati della statistica ITA 15-24, il sigmoide della E_p media statistica (arancio), il sigmoide individuale (nero) della colonna 6 della Tabella 15A, il sigmoide conforme (blu) dei dati di partenza, il sigmoide obiettivo del PO di arrivo porpora. La tabella accanto al grafico riporta i parametri di controllo E_{pm}, F_q, F_c e F_d, nonché altri parametri che consentono di descrivere le caratteristiche dell'atleta rispetto alla statistica ITA 15-24 e quindi di indirizzare le scelte del coach per l'ottenimento del PO.

SPE	DATI	P _{PI}	E _{PI} DATI	F _Q	S_DATI	S_CON	ERR ⁺ _M	E _{PH}	ERR ⁺	E _P OB
GIAV	38.00	49.09	0.774	0.758	0.777	0.734	0.555	0.702	0.847	0.835
PESO	12.00	14.24	0.843	0.884	0.808	0.769	0.592	0.737	0.878	0.866
800m	146.00	125.81	0.862	0.522	0.890	0.884	0.764	0.863	0.953	0.946
LUNGO	5.50	6.19	0.889	0.382	0.909	0.920	0.838	0.905	0.971	0.965
ALTO	1.58	1.81	0.873	0.221	0.910	0.923	0.845	0.909	0.972	0.966
200m	26.00	23.73	0.913	0.532	0.910	0.923	0.845	0.909	0.972	0.966
100Hs	15.00	13.66	0.910	0.515	0.910	0.923	0.845	0.909	0.972	0.966

Figura 15A - Dati efficienza di prestazione atleta Maria Rossi

SPE	DATI	PUN	PUN OB	PRE OB	D_PRE	GAP	Leva WA 1%	P _S	P _S %	POT
GIAV	38.00	629	686	40.98	2.98	57	7.27	7.8	15.2	4
PESO	12.00	661	683	12.34	0.34	22	7.93	2.8	5.4	7
800m	146.00	744	922	132.97	-13.03	178	18.91	9.4	18.2	2
LUNGO	5.50	700	840	5.97	0.47	140	15.97	8.8	17.0	3
ALTO	1.58	712	915	1.75	0.17	203	18.27	11.1	21.5	1
200m	26.00	797	928	24.55	-1.45	131	22.73	5.8	11.2	6
100Hs	15.00	842	960	14.13	-0.87	118	19.81	6.0	11.5	5

Figura 15B - Punteggi, leva e P_S e atleta Maria Rossi

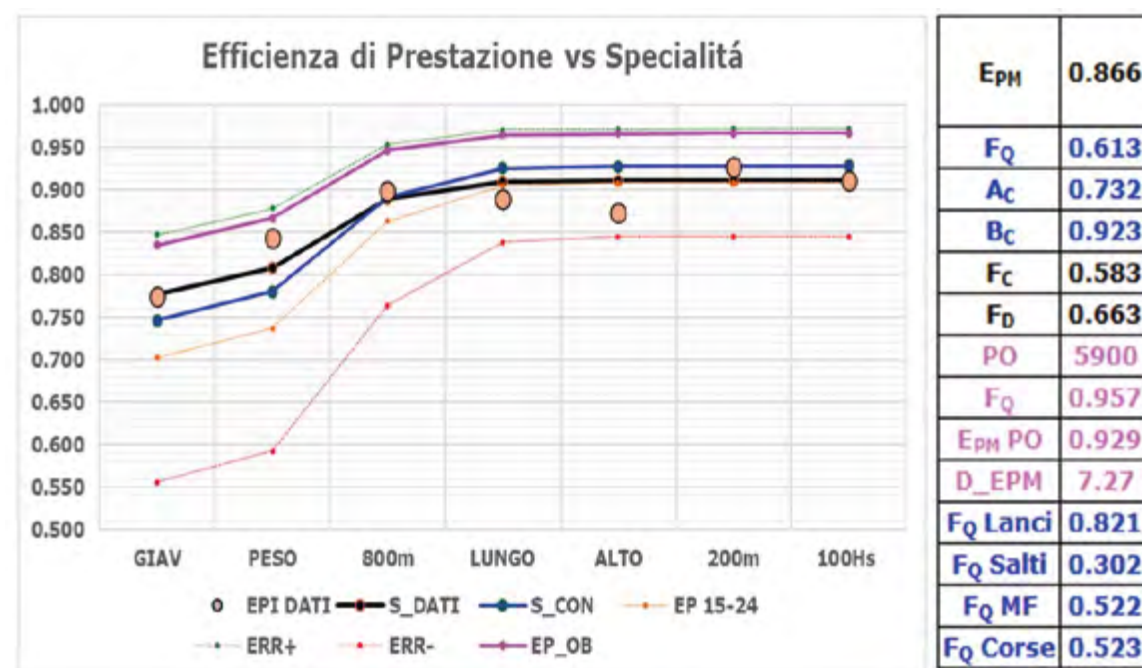


Figura 15C - Sigmoide efficienze e parametri di controllo della prestazione e del punteggio

ANALISI DATI

Nel grafico di Figura 15C i marker circolari di colore arancio indicano la E_{PI} della colonna 4 della Figura 15A estratta dai dati di prestazione della colonna 2. La E_{PI} mostra valori non inferiori al 77%. Lungo e alto mostrano valori di E_P maggiori del 87% ma F_Q non supera il valore di 0.4. I valori di FQ della tabella di Figura 15A variano da 0.2 a 0.8, dispersione elevata, F_D = F_{QMAX} - F_{QMIN} = 0.663 ossia, una dispersione nell'area della

E_{PI} di oltre il 50% della statistica ITA 15-24. Si ricordi che tanto più piccolo è F_D tanto più tutte le specialità tendono ad assumere lo stesso valore di F_Q.

Il fattore F_Q del sigmoide conforme blu ha valore F_Q=0.653, ossia, la prestazione globale dell'atleta sta poco oltre la media della statistica ITA 15-24 con F_Q=0.5. Il sigmoide individuale di colore nero interseca il sigmoide conforme blu, F_C=0.583 indica che l'atleta tende ad avere caratteristica da lanciatore, confermato anche dai dati di F_Q medio dei lanci della tabella accanto il grafico della Figura 15C, più alto anche agli altri gruppi di specialità.

Se guardiamo la E_{PI} della colonna 4 della Tabella 15A e il relativo punteggio della colonna 3 e della colonna 4 della Tabella 15B, mostrando peso e giavellotto valori più bassi rispetto alle altre specialità, probabilmente arriveremmo alla conclusione che queste sono le specialità dove l'atleta dovrebbe migliorare per ottenere il punteggio obiettivo PO.

Se guardiamo invece il Fattore F_Q della colonna 5 della tabella di Figura 15A e il divario di punteggio della colonna 7 della tabella di Figura 15B, nel contesto della statistica ITA 15-24 peso e giavellotto mostrano performance migliori rispetto alle altre specialità.

Se guardiamo la colonna 7 della tabella di Figura 15B, il divario nelle varie specialità ci indurrebbe a potenziare prima le attività con divario di punteggio più alto ossia alto (203 punti), 800 metri (178 punti), poi il lungo e così via.

Se guardiamo alla variazione di punteggio fine della colonna 8 della Tabella 15B, saremmo indirizzati a potenziare le specialità con leva più alta e arriveremmo a conclusioni ancora diverse, ossia prima 200 metri, poi 800 metri, poi 100Hs, poi i salti e infine i lanci.

Quest'ultima scelta tiene conto della leva, ci dice quali sono le specialità più redditizie rispetto alle prestazioni di partenza ma non tiene conto del fattore F_Q di potenziamento biologico che necessita l'atleta per spostare la prestazione a una performance con F_Q più alto. Viceversa, la scelta di puntare prioritariamente a potenziare le specialità che mostrano divario di punteggio da colmare più alto, non tiene conto della leva. Appare evidente, pertanto, nel contesto di ottimizzazione del PO, come la definizione del parametro P_S, rispetto alle varie scelte strategiche possibili, tiene conto dei pesi delle scelte prima descritte, indirizzando il tecnico in maniera univoca prioritariamente alle specialità che offrono il miglior compromesso tra leva matematica e sforzo biologico.

Le colonne 9 e 10 della tabella di Figura 15B, riportano il valore di P_S e il valore di P_S%, mentre la colonna 11 stabilisce l'ordine di priorità di distribuzione del lavoro di potenziamento, risultando nell'ordine prima il salto in alto, 800m, lungo, giavellotto, 100Hs, 200m e peso. I salti sono quelli che richiedono più lavoro, poi le specialità di corsa veloce ma il giavellotto si inserisce al quarto posto in quanto pur avendo un buon F_Q, ha una leva L bassa.

Il tecnico periodicamente controlla il parametro P_S e ottimizza le scelte di impiego di risorse. La prestazione di una data specialità di oggi potrebbe avere valore di P_S diversa rispetto alla stessa tra due mesi. Il monitoraggio di PS supporta pertanto il tecnico nel perseguire le scelte durante la preparazione stagionale.

DECATHLON

Analogamente al caso dell'epathlon, a seguire e con la stessa didascalia delle tabelle e grafici del paragrafo 9] dell'epathlon, sono riportati i dati di un esempio di decathlon.

Atleta Mario Rossi → Punteggio reale 6985 punti → Punteggio obiettivo 7900 punti.

SPE	DATI	P _{PI}	E _{PI} DATI	F _Q	S_DATI	S_CON	ERR ⁺ _M	E _{PH}	ERR ⁺	E _P OB
DISCO	32.00	57.06	0.561	0.191	0.569	0.613	0.520	0.628	0.735	0.715
PESO	10.40	18.53	0.561	0.112	0.586	0.630	0.537	0.645	0.752	0.732
GIAV	47.00	72.89	0.645	0.292	0.634	0.674	0.584	0.689	0.792	0.772
1500m	300.0	219.8	0.733	0.318	0.727	0.754	0.676	0.768	0.854	0.837
ASTA	4.50	5.30	0.850	0.557	0.832	0.833	0.777	0.845	0.907	0.894
ALTO	1.96	2.21	0.888	0.533	0.896	0.876	0.837	0.887	0.933	0.922
LUNGO	7.00	7.79	0.898	0.457	0.921	0.892	0.861	0.903	0.942	0.932
110Hs	15.00	13.96	0.931	0.807	0.930	0.897	0.869	0.908	0.945	0.936
400m	50.00	46.29	0.926	0.725	0.932	0.899	0.872	0.909	0.946	0.936
100m	11.00	10.27	0.934	0.825	0.933	0.900	0.873	0.910	0.947	0.937

Figura 16A - Dati efficienza di prestazione atleta Mario Rossi

SPE	DATI	PUN	PUN OB	PRE OB	D_PRE	D_PUN	Leva WA 1%	P _s	P _s %	POT
DISCO	32.00	504	681	40.81	8.81	177	6	27.9	26.1	2
PESO	10.40	510	702	13.56	3.16	192	6	30.7	28.6	1
GIAV	47.00	544	682	56.30	9.30	138	7	20.0	18.7	3
1500m	300.0	560	795	262.4	-37.55	235	17	13.6	12.7	4
ASTA	4.50	760	830	4.74	0.24	70	13	5.3	5.0	5
ALTO	1.96	767	835	2.03	0.07	68	18	3.9	3.6	6
LUNGO	7.00	814	877	7.26	0.26	63	17	3.8	3.5	7
110Hs	15.00	850	859	14.92	-0.08	9	18	0.5	0.5	9
400m	50.00	815	841	49.43	-0.57	26	23	1.1	1.1	8
100m	11.00	861	869	10.96	-0.04	8	24	0.3	0.3	10

Figura 16B - Punteggi, leva e IP e atleta Mario Rossi

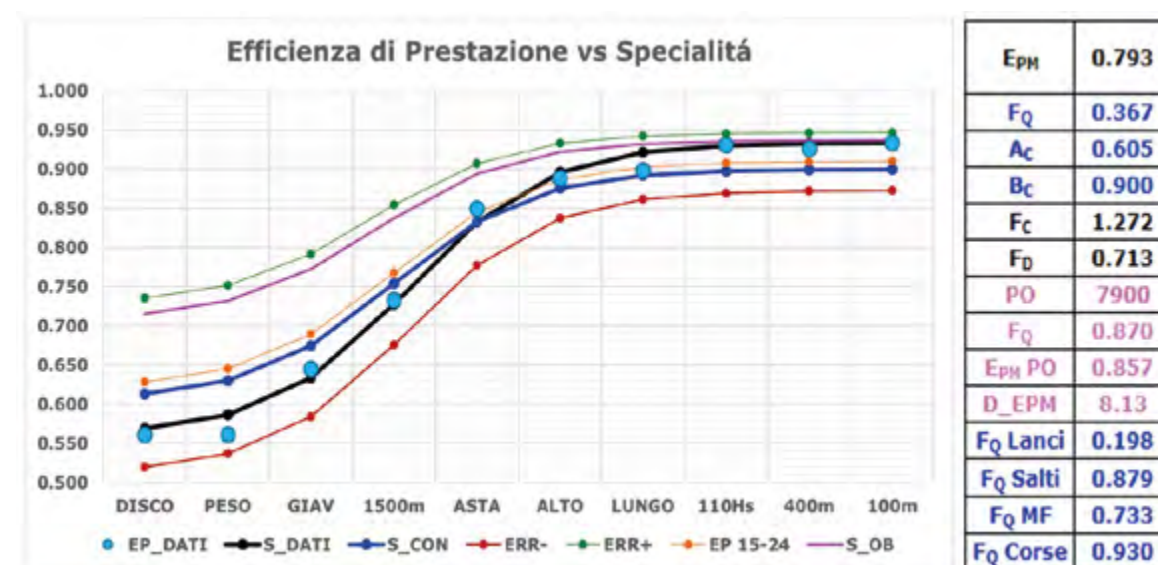


Figura 16C - Sigmoide efficienze e parametri di controllo della prestazione e del punteggio

ANALISI DATI

L'atleta mira ad ottenere un PO abbastanza ambizioso: migliorare la prestazione globale di quasi 1000 punti. Nel grafico di Figura 16C, i marker circolari di colore azzurro indicano, per ogni specialità la E_p , relativi al best dei dati conseguiti dall'atleta Mario Rossi, in gara oppure tramite test specifici. Ripetendo analogo ragionamento come nel caso dell'esempio precedente dell'eptathlon, si possono trarre le seguenti conclusioni.

Le prestazioni ottenute si distribuiscono a cavallo della E_p media relativa al caso della statistica ITA 15-24, al di sopra nel caso delle specialità delle corse veloci, al di sotto nel caso dei lanci e dei 1500m. Il sigmoide individuale nero, in effetti, confrontato con il sigmoide conforme blu fa vedere che l'atleta tende a mostrare caratteristiche da velocista, mentre esibisce prestazioni deficitarie nei lanci, come confermato anche dal $F_c=1.272$ e dal valore di F_q medio dei gruppi di specialità riportato nella tabella di Figura 15 accanto al grafico. Soltanto per la parte dei lanci il punteggio da recuperare per ottenere il PO ammonta a poco oltre 500 punti e poco meno di 250 nel mezzofondo, 201 punti nei salti e appena 43 punti nella corsa veloce, ma bisogna tenere conto della leva.

La colonna 10 della tabella di Figura 16B riporta il valore di $P_s\%$ e la colonna 11 l'ordine di priorità di distribuzione del lavoro di potenziamento, risultando nell'ordine prima i lanci e poi i 1500 metri. Questo accade perché oltre al divario notevole da recuperare per i lanci rispetto alle altre specialità, come è noto essi offrono bassa leva e pertanto per definizione il fattore P_s non può che indirizzare il tecnico a potenziale il lavoro dei lanci rispetto a quello delle corse veloci.

CONSIDERAZIONI GENERALI

Si osservi che la leva L matematica e lo sforzo biologico F_q non sono entità indipendenti, perché la leva matematica si riferisce al punteggio di partenza e quindi alla prestazione di partenza, così come lo sforzo

biologico pesa la E_p nel dominio della statistica ITA 15-24 e quindi in ultima analisi punta alla prestazione stessa. F_q ed L sono dei buoni indicatori per stabilire lo stato della prestazione globale di partenza dell'atleta ma ci dicono poco rispetto alla distribuzione del lavoro di potenziamento per arrivare a colmare il PO. L'indice P_s invece supporta il tecnico nell'indirizzare il lavoro di potenziamento nel corso della preparazione stagionale. Resta inteso che durante la preparazione, il tecnico e l'atleta possono sempre monitorare attraverso dei test o delle gare l'andamento dell'indice P_s e rimodulare il lavoro, o affinare o accorpare attività di allenamento specifiche finalizzate per esempio al miglioramento prioritario sui lanci piuttosto che sui salti. L'indice P_s pertanto fornisce la direzione su cui puntare inizialmente a partire da una ennupla di dati di prestazioni iniziali per ottenere il PO, ma non può essere del tutto esaustivo ai fini della predizione del punteggio finale. L'indice P_s , infatti, si basa sulla leva L che ci dice qual è il rendimento in punti per spostare della stessa variazione percentuale la prestazione di differenti specialità e del divario di punteggio G al tempo della prestazione iniziale dell'atleta, ma non può dirci cosa significa a livello di sforzo biologico, fisiologico e metabolico quanto pesa spostare per esempio l'1% della prestazione del salto in alto piuttosto che spostare l'1% del peso piuttosto che spostare l'1% dei 100Hs.

RIASSUNTO

Sulla base dei due precedenti articoli pubblicati nel numero 2/2025 e nel numero 1/2026 di AtleticaStudi inerenti al controllo e l'ottimizzazione del punteggio nelle prove multiple, in questo articolo è stata analizzata la struttura del punteggio definito dalle formule della WA e di come questo varia al variare dell'efficienza di prestazione. Sono state analizzate le formule della WA in dettaglio e come esse premiano, a parità di prestazione, il rendimento dell'atleta. In particolare, è stata analizzata per tutte le specialità delle prove multiple la variazione fine del punteggio al variare della prestazione percentuale. Fissato il punteggio obiettivo stagionale di arrivo e valutato il punteggio iniziale relativo allo stato prestazionale iniziale dell'atleta, in funzione dei dati disponibili alla data di valutazione, il quadro sinottico permette di stabilire la migliore metodologia operativa da seguire per arrivare al punteggio obiettivo. Il punteggio obiettivo desiderato viene estratto dalle curve sigmoidee che descrivono il fascio di curve dell'efficienza di prestazione della statistica ITA 15-24, la cui distribuzione di punteggio nelle singole specialità aventi tutte per definizione lo stesso fattore di qualità, rappresenta il miglior compromesso in termini di sforzo biologico possibile per l'atleta, essendo questo basato su dati statistici generati dalle prestazioni stesse degli atleti dediti alle prove multiple. In questo contesto, gli indicatori quali la leva matematica L , che misura il rendimento in funzione della prestazione iniziale, e lo sforzo biologico F_q , riferito alla statistica ITA 15-24, sono essenziali per definire il punto di partenza dell'atleta, pur non essendo sufficienti da soli per pianificare la distribuzione del carico di lavoro. A tale scopo, l'Indice di Priorità P_s funge da guida strategica, consentendo al tecnico di orientare e rimodulare gli allenamenti in modo dinamico sulla base dei riscontri ottenuti da test e gare. Pur offrendo una chiara direzione strategica per raggiungere il punteggio obiettivo (PO), l'indice P_s non esaurisce la complessità della preparazione. Esso quantifica il rendimento in punti rispetto al divario da colmare, ma non può misurare direttamente lo sforzo fisiologico e metabolico necessario per il miglioramento nelle specifiche specialità. In conclusione, come visto anche nei due esempi di eptathlon e di decathlon riportati alla fine del documento, il P_s nel contesto del controllo e l'ottimizzazione della prestazione nelle prove multiple si conferma un supporto decisionale prezioso per la gestione delle risorse stagionali, da integrare tuttavia con la valutazione delle capacità biologiche e metaboliche dell'atleta.

Il contenuto di questo terzo articolo, associato al contenuto dei due precedenti articoli, definisce e completa in pratica la nuova metodologia di controllo e ottimizzazione della prestazione basata sul concetto di efficienza di prestazione sigmoidea delle prove multiple. In particolare, gli indicatori definiti in questo ultimo articolo, P_s e $P_s\%$, nel contesto della statistica ITA 15-24, consentono di indirizzare le scelte strategiche sui carichi di lavoro per arrivare al punteggio obiettivo desiderato in maniera equilibrata tenendo conto delle caratteristiche dell'atleta.

BIBLIOGRAFIA

Il Sigmoide del decathlon e dell'eptathlon - N. 2/2025, Rivista Centro studi della FIDAL

IAAF Scoring Tables for Combined Events (Edition 2001, Reprint 2016)

Tesina Allenatori Specialisti 2025 - www.freelanceathleticsaferana.it

<https://worldathletics.org/records/toplist>

Introduzione e Sviluppo di una Metodologia per il Controllo e l'Ottimizzazione della Prestazione nelle Prove Multiple - N. 1/2026, Rivista Centro Studi FIDAL



LA PREVENZIONE DELLE LESIONI MUSCOLARI DEI MUSCOLI ISCHIOCRURALI

Simone Fedel

Laureato in Fisioterapia presso l'Università di Verona e in Exercise, sport and health sciences presso University of Idaho (USA), lavora come fisioterapista per l'US Quercia e per altre squadre sportive. Si occupa principalmente di prevenzione e riabilitazione di infortuni che colpiscono gli sportivi. Campione italiano nel salto triplo U20 nel 2019 e maglia azzurra nel 2019.

Gara dei 100 metri uomini,
Campionati italiani assoluti, Firenze 2026

Tra tutti gli infortuni che colpiscono gli atleti in pista, quelli ai muscoli ischiocrurali occupano un posto di assoluto rilievo: quasi uno su cinque riguarda i flessori di ginocchio, quei tre muscoli della coscia posteriore che ogni sprinter e ogni saltatore sollecita fino al limite in ogni allenamento e in ogni gara. Eppure, nonostante decenni di ricerca, prevenire questi infortuni resta una delle sfide più complesse della medicina e della preparazione atletica. Il contributo che pubblichiamo affronta il tema della prevenzione a partire da basi solide: l'anatomia dei muscoli ischiocrurali e la classificazione BAMIC delle lesioni muscolari, strumento diagnostico che permette di distinguere con precisione la zona colpita e la gravità del danno, superando ter-

minologie vaghe come "stiramento" o "elongazione". Sulle fondamenta di questa chiarezza concettuale, l'articolo costruisce un modello preventivo che abbraccia la multifattorialità dell'infortunio, la componente neuromuscolare e biomeccanica del gesto di sprint, e gli strumenti concreti di intervento sia in pista che in palestra. Il messaggio centrale è tanto semplice quanto spesso disatteso: per prevenire gli infortuni da sprint, bisogna sprintare, e farlo con la giusta intensità, continuità e intelligenza di programmazione. Una lettura necessaria per chiunque lavori quotidianamente con atleti veloci.

Federico Pasquali

INTRODUZIONE

Gli infortuni muscolari nell'atletica leggera compongono più di un terzo (37,6%) di tutti gli infortuni che accadono in pista (1). Se andiamo ancora più nel dettaglio, tra il 17 e il 21%, quindi quasi la metà, riguardano i muscoli flessori di ginocchio, gli ischiocrurali (2). I muscoli ischiocrurali sono tre: bicipite femorale (capo lungo e capo corto), semitendinoso e semimembranoso. Possono essere divisi in base alla loro inserzione in comparto mediale (semitendinoso e semimembranoso) e comparto laterale (bicipite femorale); questa suddivisione risulterà importante nel momento della scelta degli esercizi per la prevenzione. Sempre riguardo alla prevenzione è importante tenere nota dell'anatomia di questi muscoli. I libri illustrativi descrivono questi muscoli come entità separate tra di loro con tendini propri. La reale anatomia risulta però differente a partire dal bicipite femorale e dal semitendinoso che condividono il loro tendine all'origine (chiamato per l'appunto "common tendon"). Il semitendinoso ha anche la peculiarità di avere una piccola porzione muscolare che si inserisce direttamente sulla tuberosità ischiatica. Il semimembranoso è invece il muscolo più "classico" con il proprio tendine sia all'origine che all'inserzione (3) [foto1]. Ultima, ma non per importanza, nota anatomica, nonostante ci si riferisca ai muscoli ischiocrurali come "flessori di ginocchio" è fondamentale sapere che questo non è il loro unico ruolo, sono infatti muscoli fondamentali anche per l'azione di estensione d'anca.

Quando parliamo di lesioni muscolari intendiamo un'alterazione di continuità del tessuto muscolare. Per classificare una lesione muscolare il metodo migliore, sia a livello di diagnosi che di prognosi, è quello che segue la classificazione BAMIC (British Athletics Muscle Injury Classification) (4). Questo metodo di inquadramento della lesione permette di avere due informazioni chiave: la zona anatomica colpita,

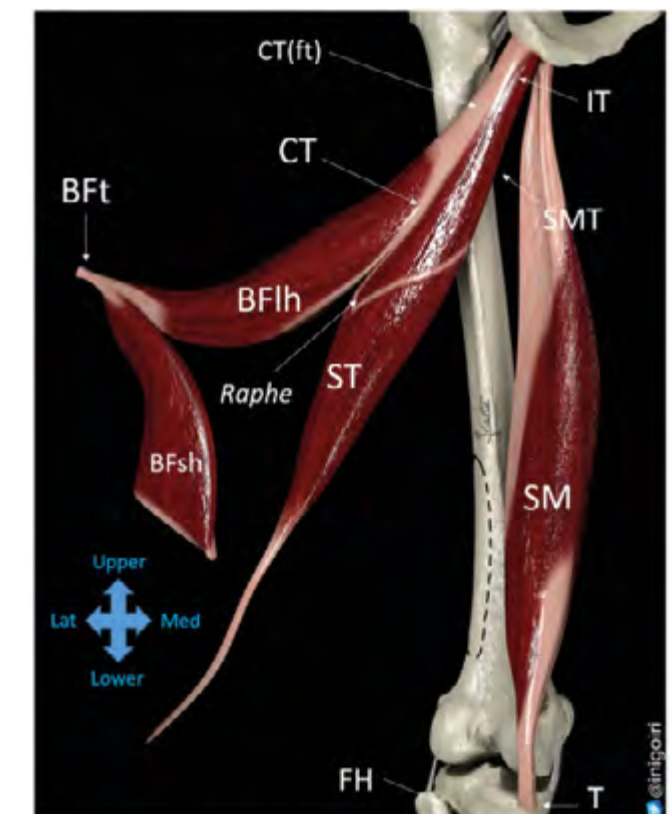


Fig. 2 Diagram of expanded hamstring muscles. BFh long head of the biceps femoris muscle, BFsh short head of the biceps femoris muscle, ST semitendinosus muscle, SM semimembranosus muscle, SMT semimembranosus tendon, CT common tendon, CT(ft) free-tendon part of the common tendon. The dotted line on the femoral diaphysis marks the linea aspera, the origin of the BFsh. IT ischial tuberosity, T medial side of the tibia, BFt distal BF tendon

Foto 1

che può essere il muscolo, la giunzione tra muscolo e tendine o il tendine (in questa classificazione una lesione tendinea rientra come lesione muscolare) e l'estensione della lesione, che va dal grado 0 (DOMS)

al grado 4 (rottura completa). A differenza di terminologie come “stiramento”, “elongazione” e “risentimento” questa classificazione permette di avere informazioni molto chiare e soprattutto interpretabili nella stessa maniera da diversi professionisti sia per la prognosi che per lo sviluppo del piano riabilitativo prima e preventivo poi. Per quanto riguarda la gravità della lesione, al di là del grado, che è facile intuire che più alto sia e più grave sarà l'infortunio, l'informazione più importante è in quale zona anatomica sia avvenuta la lesione. Partendo dalla lesione meno grave, abbiamo quella miofasciale, ovvero la lesione della

sola componente muscolare (lesione “a”), abbiamo poi la lesione muscolotendinea, una lesione che avviene dove il muscolo si inserisce sul tendine (lesione “b”). Infine, la lesione tendinea (lesione “c”) è quella lesione che penetra nel tendine e risulta essere la più grave, quella con la prognosi peggiore. Questo inquadramento diagnostico è il motivo del perché sia fondamentale l'utilizzo della classificazione BAMIC, l'unica che fornisce questo tipo di informazioni; altre terminologie rischiano di creare confusione e di omettere dettagli fondamentali per il recupero e la prevenzione [foto2].

Foto 2

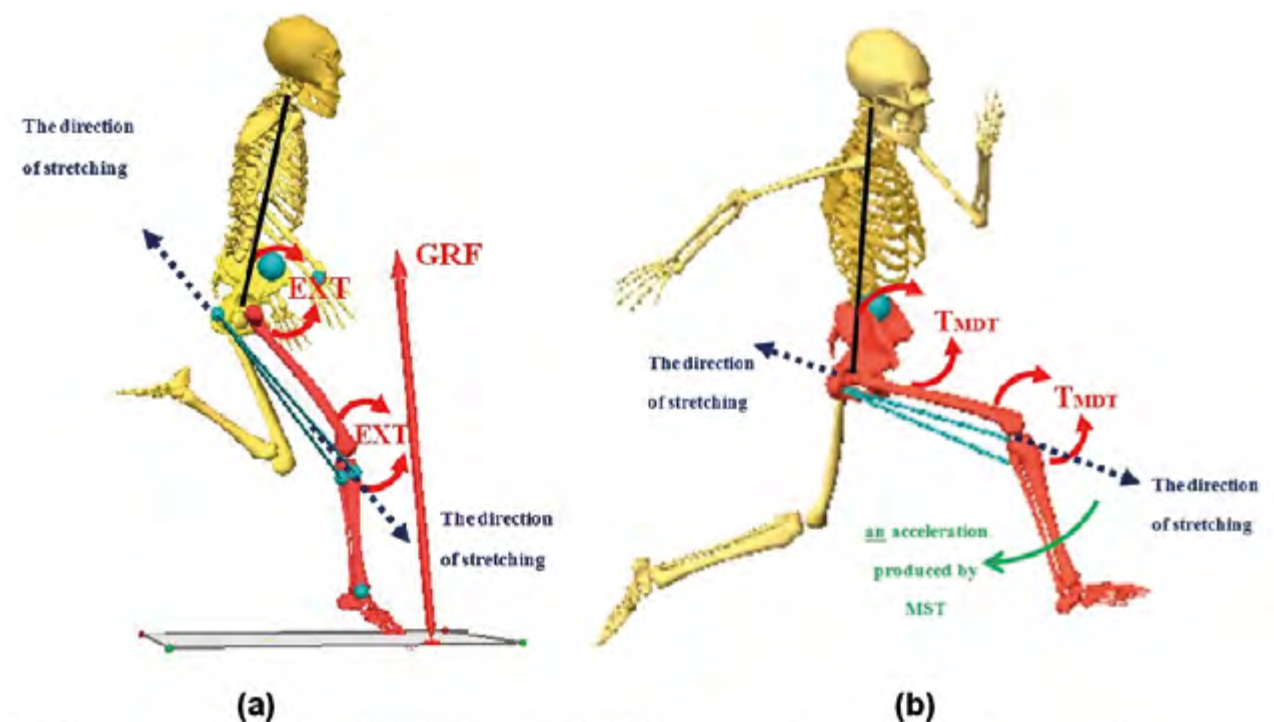


Foto 3

LA MULTIFATTORIALITÀ DELL'INFORTUNIO

È d'obbligo una breve parentesi su un concetto che molto spesso viene tralasciato non solo dallo staff di un atleta ma anche dall'atleta stesso: la multifattorialità dell'infortunio. Tralasciando il fatto che tutte le analisi e le colpe vengono tendenzialmente messe sul tavolo post-infortunio e non pre-infortunio, per via della quasi impossibilità nel prevedere l'evento, si tende a soffermarsi e a colpevolizzare un singolo fattore. Il busto era troppo inclinato, la corsa non era fluida, il piede era poco reattivo e altri fattori, quasi sempre biomeccanici, che risultano essere la goccia che ha fatto traboccare il vaso più che i colpevoli veri e propri dell'infortunio. Quando guardiamo alla prevenzione è quindi fondamentale avere una visione a 360 gradi dell'atleta, in pista e fuori. Parametri come volumi e intensità di allenamento, tecnica di corsa e gestione dei giorni di allenamento e riposo devono essere inseriti in un sistema bilanciato con la vita dell'atleta. Il sonno, il lavoro, la scuola, lo stress e altri parametri che sono difficili da quantificare, hanno un peso che varia da atleta ad atleta su quella che è la capacità di carico psico-fisico-emotivo del corpo. Per quanto sia complesso e meno lineare rispetto alla sola componente biomeccanica, questo modello permette di gestire l'atleta in maniera più sicura ed efficace a lungo a termine, permette di avere un'idea migliore del perché un certo evento sia accaduto e permette la messa in atto di una strategia preventiva migliore.

IL MECCANISMO DI INFORTUNIO - LA COMPONENTE NEUROMUSCOLARE

Gli infortuni che colpiscono questo gruppo muscolare accadono principalmente durante due scenari che possiamo trovare frequentemente durante lo sprint e durante la fase di stacco di un salto. Il primo scenario è quello del “late swing”, ovvero quella fase aerea dello sprint che avviene poco prima dell'appoggio del piede a terra dove la tibia raggiunge il massimo della sua velocità angolare. Il secondo scenario riguarda invece l'inizio della “stance phase”, la fase in cui la gamba entra in contatto con il terreno (5) [foto3]. In queste due occasioni lo stress a carico dei flessori di ginocchio è incredibilmente alto e richiede un'importante attivazione del gruppo muscolare. Per quanto riguarda il “perché” queste lesioni accadono, le spiegazioni puramente neuromuscolari (quelle biomeccaniche verranno discusse nel paragrafo seguente) vanno ritrovate in quanta forza il muscolo riesce ad esprimere e quanto velocemente riesce ad esprimerla. Al momento non sappiamo ancora quale sia il meccanismo principale, non sappiamo se il muscolo non riesca ad esprimere abbastanza forza da contrastare lo stress posto su di esso o se avrebbe sì la forza necessaria ma non riesca ad esprimerla abbastanza velocemente da contrastarlo.

IL MECCANISMO DI INFORTUNIO - LA COMPONENTE BIOMECCANICA

La componente biomeccanica dell'infortunio è stata, è, e sarà sempre argomento di dibattito per via della sua complessità e della sua interazione con la compo-

nente performativa. Negli anni abbiamo visto sprinter e saltatori correre in maniera completamente diversa, vedi Michael Johnson e Marcell Jacobs, riuscendo comunque a raggiungere risultati straordinari, ma allo stesso modo senza riuscire ad eliminare il rischio di infortunio. Se guardiamo agli studi che hanno indagato la componente tecnica in relazione al rischio di infortunio, quello che possiamo trovare sono dati per lo più teorici. Uno studio del 2024 ha indagato il ruolo delle componenti biomeccaniche e il rischio di infortunio giungendo alla conclusione che *“Le attuali evidenze provenienti da modelli anatomici e biomeccanici sembrano supportare l’influenza della tecnica di corsa sulle forze che ricadono sugli ischiocrurali”* (6). Lo stesso anno viene fatto un passo avanti cercando di mettere in pratica le nozioni teoriche espresse nell’articolo precedente. Nasce così la S-MAS (Sprint – Mechanics Assessment Score) (7). La S-MAS è un modo per valutare la meccanica di sprint valutando le varie fasi della fase lanciata. Le fasi prese in considera-

zione sono cinque: la fase di distacco del piede della gamba opposta a quella analizzata, il punto di massima proiezione verticale, la fase di “late swing”, la fase di “touchdown” e la fase di “mid stance”. Per ogni fase sono presenti delle domande riguardanti la posizione del tronco, l’inclinazione del bacino, la posizione di femore e tibia rispetto allo spazio, alle quali si risponde “Sì” o “No”, con la risposta “Sì” che vale 1 punto e la risposta “No” che vale 0 punti [foto4]. A livello di applicazione sul campo, uno studio del 2026 su calciatori professionisti ha riportato che un punteggio totale sopra il valore di 5.5 aumenta il rischio di lesione muscolare. Questo risultato, per quanto interessante, va interpretato con cautela nel momento in cui lo si vuole applicare alla pista. In primis, le lesioni muscolari prese in considerazione sono sì avvenute durante lo sprint ma non sappiamo se fosse uno sprint lineare o curvo (e con che curvatura di corsa), come non sappiamo se l’infortunio sia avvenuto per via di perturbazioni esterne come il pressing di un avversario. In

Foto 4

The Sprint Mechanics Assessment Score ^a			
Phase	Parameter & Description	Score: Yes = 1, No = 0	
		Left	Right
Contralateral toe-off The point immediately before the contralateral foot leaving the ground	Trailing limb extension Does the athlete appear to be in excessive extension? This may be characterized by the trailing hip oriented at $\geq 45^\circ$ from the vertical, combined with a fully extended knee.		
MVP Midpoint between toe-off and touch-down; pelvis is at its highest point in the flight phase	Back kick Is the heel of the trailing limb above the calf of the trailing leg? Shin should not be higher than parallel with the floor. Trunk and pelvic rotation Does the athlete appear to rotate excessively through the trunk? This may appear as large arm movements or trunk twisting, with the upper arm and shoulder visible on the far side of the body.		
Late swing The point of maximal knee extension during the swing phase	Thigh separation Is the knee of the trailing leg behind the gluteal muscles?		
MVP to late swing	Lumbar extension/anterior pelvic tilt At any point between MVP and late swing, does the athlete appear to be in anterior pelvic tilt or lumbar extension? This may look like excessive lower back arching, elevated chest, or “hump behind the body.”		
Touch-down Point of first contact with the ground	Forward lean Does athlete appear to have an increased forward lean? This may look $> 15^\circ$ if a line is drawn from the vertical compared with one from the greater trochanter to the C7 vertebra. Lumbar extension/anterior pelvic tilt Does there look to be an increase in anterior pelvic tilt or lumbar extension? This may look like excessive lower back arching or “hump behind the body.” Thigh separation Is the gap between the thighs $> 20^\circ$ at the trailing knee behind the back? Foot contact vs CoM distance A line is drawn horizontally from the position of first contact to the CoM. Is there space for another foot? Shin angle Does the shin look to be extended? This may appear as an ankle joint center in front of the knee. Foot inclination Is there a visible gap between the forefoot and the floor, or the heel and the floor (excessive heel strike or forefoot strike)?		
Midstance The point where pelvis is positioned directly over the ankle joint	Vertical collapse/midstance collapse Is there increased knee flexion/ankle dorsiflexion? This may look like the athlete is “sinking” into the stride, “sitting down,” or the knee is translating over the toes with the foot flat.		
Total score			

^aCoM, center of mass; MVP, maximal vertical projection.



© Freepik

generale il valore di 5.5 potrebbe comunque rimanere un buon riferimento per allenatori, preparatori atletici e fisioterapisti per valutare la qualità della tecnica di sprint dell’atleta.

LA PREVENZIONE IN PISTA

“È la dose che fa il veleno”: questa famosa frase di Paracelso trova spazio in maniera perfetta nella componente preventiva da svolgere in pista. Abbiamo visto come la maggior parte delle lesioni muscolari accada durante lo sprint o la fase di stacco di un salto e che i momenti in cui avviene questa lesione sono le fasi di “stance” e “late swing”. Quindi, qual è la miglior strategia per prevenire questo tipo di infortunio? Sprintare e saltare. Tornando alla frase iniziale, il problema non riguarda tanto l’attività in sé ma l’intensità e i volumi con cui viene svolta. In gara l’intensità raggiunge il 100% e il corpo, e più nello specifico i flessori di ginocchio, deve essere pronto a contrastare tutte le enormi forze in gioco date dallo sprint o dallo stacco di un salto. Durante l’allenamento è quindi fondamentale cercare di toccare anche più volte a settimana, in base a programmazione, calendario ed eventi, un’intensità che si avvicini più possibile a quella toccata in gara (aggiustando i volumi sempre in base al momento della stagione e agli obiettivi del ciclo di allenamento). È inoltre

fondamentale l’utilizzo dello sprint massimale all’interno dell’allenamento per altre due ragioni: la prima è puramente performativa, lo sprint massimale è lo stimolo più simile a ciò che viene richiesto in gara; la seconda, preventiva, riguarda lo stress a cui i muscoli flessori di ginocchio vengono sottoposti a mano a mano che l’intensità dello sprint sale. Uno studio del 2007 ha messo in luce come l’aumento dell’intensità dello sprint e la richiesta sui muscoli ischiocrurali non sia lineare. I dati riportano come un aumento dall’80% al 100% di intensità porti ad un aumento del 40% del picco di forza sul bicipite femorale e del 47% sul semimembranoso. Ancora più interessante però è la differenza tra queste due intensità per quanto riguarda il carico a cui il muscolo viene sottoposto durante la fase eccentrica, ovvero di allungamento. Il bicipite femorale subisce uno stress eccentrico maggiore del 63% mentre il semimembranoso del quasi 100%, praticamente il doppio (8). Questi dati ci fanno capire l’enorme differenza tra uno sprint all’80% rispetto ad uno sprint massimale e di come per arrivare in gara pronti ci sia il bisogno di abituare il corpo ad una determinata intensità già in allenamento.

LA PREVENZIONE IN PALESTRA

È noto ormai da anni come l’utilizzo dell’allenamento della forza sia una strategia fondamentale per preve-

nire gli infortuni (9). Addentrandoci nello specifico della prevenzione per i flessori di ginocchio possiamo dividere gli esercizi in due categorie: anca dominanti e ginocchio dominanti. Tornando alle nozioni anatomiche è infatti importante ricordare che gli ischiocrurali non sono solo flessori di ginocchio ma anche estensori dell'anca. La "dominanza" dell'esercizio fa riferimento all'articolazione che svolge più movimento tra le due, ad esempio lo stacco rumeno è un esercizio anca dominante mentre il nordic hamstring è un esercizio ginocchio dominante. Un altro parametro da tenere in considerazione è la lunghezza muscolare a cui si lavora e che si raggiunge durante l'esercizio. Mantenendo gli esercizi dell'esempio precedente, lo stacco rumeno ha un'escursione che porta in massimo allungamento gli ischiocrurali, questo perché si raggiunge una posizione dove l'anca è flessa e il ginocchio esteso o quasi esteso. Durante il nordic hamstring, al contrario, non si raggiunge il massimo allungamento in quanto l'anca rimane sempre estesa. Oltre a queste prime due considerazioni, altri fattori fondamentali per la programmazione sono il carico con cui si svolge l'esercizio, le serie e le ripetizioni svolte, e la velocità alla quale si svolge l'esercizio. Quando guardiamo al volume di allenamento in palestra (carico x ripetizioni x serie) vediamo come tutte e tre le componenti si influenzino; un

carico elevato non permetterà di svolgere molte ripetizioni ma, dall'altro lato, per mantenere un volume sufficiente dovremo mantenere alte le serie. Un carico medio, invece, bilancia le tre variabili, per cui le ripetizioni saranno di più rispetto ad un carico elevato; discorso contrario per le serie che, tendenzialmente, per non far aumentare troppo il volume saranno meno. Una di queste variabili, il carico, ovvero ciò che determina la componente più importante, l'intensità, merita un approfondimento a riguardo. Quando parliamo di allenamento della forza dobbiamo tenere in considerazione che questa qualità può migliorare per due adattamenti che il nostro corpo mette in atto. L'adattamento a livello muscolare, il muscolo si ingrandisce e cambia morfologicamente, e l'adattamento nervoso, il nostro corpo diventa più efficiente a mandare il segnale al muscolo. Il carico è ciò che ci permette di indirizzare il corpo verso l'adattamento che più desideriamo. Da un articolo del 2023 su un campione molto ampio sappiamo che se vogliamo migliorare l'aspetto nervoso dovremo mantenere carichi elevati (>80% del proprio massimale), mentre se volessimo lavorare sull'ipertrofia del muscolo, servirebbe aumentare il numero di serie, il che ridurrebbe il carico utilizzato per far sì che l'atleta riesca a concludere un numero elevato di serie e che soprattutto si allenino ad un volume consono (10). Carico, domi-



© Freepik

nanza e lunghezza muscolare sono quindi considerazioni molto importanti da fare, in quanto esercizi diversi sottopongono il gruppo muscolare a stress diversi che, se applicati secondo modi e tempistiche corrette, hanno un ottimo potere preventivo, dall'altra, se dosati in maniera scorretta, hanno il potenziale di mettere l'atleta più a rischio.

CONCLUDENDO, QUANDO PISTA E PALESTRA SI INCONTRANO

Abbiamo visto come il comune denominatore tra pista e palestra sia uno: l'intensità. Questo parametro fondamentale va però gestito con cautela all'interno della periodizzazione annuale. In linea generale la maggior parte delle programmazioni prevede intensità minori con volumi più alti lontano dalle gare e intensità elevate e volumi ridotti in prossimità delle gare. Questa linea guida, per quanto corretta e valida, porta però spesso ad un ritardo nell'inserimento della componente qualitativa dei lavori, andando a creare due potenziali problemi: il primo è che l'atleta non è pronto a sostenere determinate intensità all'inizio del periodo competitivo; il secondo riguarda l'accumulo repentino di volume svolto ad alta intensità. Per ovviare a questo problema la soluzione è quella di mantenere lavori ad alta intensità sia in palestra che in pista durante tutto l'anno, ovviamente aggiustando gli altri parametri in corrispondenza dell'intensità utilizzata. Sprint ed esercizi con carichi elevati in palestra dovrebbero essere inseriti e mantenuti con costanza durante tutto l'anno, così da preservare le caratteristiche anatomiche e neuromuscolari che consentono al tessuto muscolare di rimanere sano.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Edouard P, Tsukahara Y, Mann RH, et al. Prevalence, incidence and characteristics of musculoskeletal injuries in Athletics (track and field): a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 2026;60:450-464.
- (2) Danielsson, A., Horvath, A., Senorski, C. et al. The mechanism of hamstring injuries - a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 21, 641 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03658-8>
- (3) Balias, R., Pedret, C., Iriarte, I. et al. Sonographic landmarks in hamstring muscles. *Skeletal Radiol* 48, 1675-1683 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03208-x>
- (4) Pollock N, et al. *Br J Sports Med* 2014;48:1347-1351. doi:10.1136/bjsports-2013-093302
- (5) Danielsson, A., Horvath, A., Senorski, C. et al. The mechanism of hamstring injuries - a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 21, 641 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03658-8>
- (6) Bramah, C., Mendiguchia, J., Dos'Santos, T. et al. Exploring the Role of Sprint Biomechanics in Hamstring Strain Injuries: A Current Opinion on Existing Concepts and Evidence. *Sports Med* 54, 783-793 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01925-x>
- (7) Bramah C, Rhodes S, Clarke-Cornwell A, et al. Sprint running mechanics are associated with hamstring strain injury: a 6-month prospective cohort study of 126 elite male footballers. *British Journal of Sports Medicine* 2026;60:178-185.
- (8) Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech.* 2007;40(16):3555-62. doi: 10.1016/j.jbiomech.2007.05.026. Epub 2007 Jul 19. PMID: 17659291.
- (9) Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871-877. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>
- (10) Currier BS, Mcleod JC, Banfield L, et al Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: a systematic review and Bayesian network meta-analysis *British Journal of Sports Medicine* 2023;57:1211-1220.



L'IMPATTO DELLE SUPER SPIKES NEI DETERMINANTI DELLA PRESTAZIONE DEI 400 OSTACOLI MASCHILI E FEMMINILI

Alessandro Sibilio, Campionati europei, Birmingham 2026

Quando Karsten Warholm abbatté il record mondiale dei 400 ostacoli a Tokyo 2021 con 45"94, il mondo dell'atletica rimase senza fiato. Ma dietro quel tempo si nascondeva una domanda che la comunità scientifica non poteva ignorare: quanto di quel risultato, e dell'ondata di record che ne seguì, era frutto del talento e dell'allenamento, e quanto delle nuove scarpe con piastra in carbonio e delle piste di ultimissima generazione? È a questa domanda che risponde, con ampiezza di sguardo, lo studio qui presentato.

Si tratta di un altro prezioso contributo pubblicato su AtleticaStudi che compie un salto di scala, confrontando sistematicamente i dati delle finali mondiali ed europee del quadriennio 2016-2019, prima dell'avvento delle super spikes, con quelli del quadriennio 2021-2024, quando la piastra in carbonio ha colonizzato anche le scarpe chiodate da pista.

I risultati sono eloquenti: miglioramenti statisticamente significativi dei tempi di gara in tutti i gruppi analizzati, sia al maschile che al femminile, con riduzioni medie superiori a un secondo tra i finalisti mondiali di entrambi i sessi. Ma la vera novità dell'analisi non è nel cronometro: è nella ritmica. Nei 400 ostacoli, il numero di passi tra una barriera e l'altra è il cuore pulsante della tattica di gara. E lo studio mostra come le nuove tecnologie stiano spostando questo equilibrio verso ritmiche più aggressive e meno passi totali, con episodi storicamente inediti che riscrivono i confini di ciò che era considerato biomeccanicamente possibile.

Un contributo che non si ferma alla descrizione, ma offre ai tecnici e agli atleti una lettura interpretativa degli scenari che li attendono.

Federico Pasquali

Luca Zoncu

Laurea magistrale in Scienza e Tecnica dello Sport con indirizzo atletica leggera presso Università degli studi di Roma 'Foro Italico'.

Daniel Buttari

Referente alto livello ostacoli, assoluto e giovanile, settore Tecnico FIDAL; Allenatore IV Livello Europeo CONI/FIDAL.

Maria Francesca Piacentini

Professore Ordinario in Sport individuali e metodologia dell'allenamento per la laurea triennale e magistrale presso Università degli studi di Roma 'Foro Italico'; Coordinatrice della Scuola di dottorato di ricerca presso l'Università degli studi di Roma 'Foro Italico'; Chair della Scientific Board dell'European College of Sport Science.

Claudio Quagliarotti

Ricercatore presso Università Telematica Giustino Fortunato; Dottorato in Scienze del movimento umano e dello sport presso Università degli studi di Roma 'Foro Italico'; Collaboratore del Settore Tecnico FIDAL; Allenatore specialista FIDAL.

INTRODUZIONE

I 400 metri ostacoli sono una delle discipline più complesse dell'atletica leggera, in quanto richiedono un fine equilibrio tra qualità fisiologiche, abilità tecniche e capacità tattiche. Oltre alla velocità, allo sviluppo del metabolismo anaerobico lattacido, alla resistenza aerobica e alla tecnica sugli ostacoli (Ozaki 2019), il fattore davvero determinante per la prestazione è la ritmica, ovvero la capacità di mantenere un numero di passi ottimale tra un ostacolo e il successivo (Quercetani 2004). Riuscire a mantenere questa ritmica significa limitare al minimo la perdita di velocità rispetto ai 400 metri piani e garantire fluidità ed efficienza in ogni fase della gara (Guex 2012). Il problema nasce nella parte finale, quando la fatica cresce e molti ostacolisti sono costretti ad adottare una ritmica non ottimale, perdendo velocità e aumentando il rischio di incorrere in errori nel passaggio dell'ostacolo che potrebbero compromettere la gara (Ditroilo 2001; Iskra 2015).

Negli ultimi anni, tuttavia, un ruolo significativo nel miglioramento delle prestazioni potrebbe essere attribuito all'evoluzione delle scarpe da gara e delle piste moderne. I nuovi materiali, più reattivi e in grado di restituire maggiore energia a ogni appoggio, offrono un impulso superiore (Gerlach 2025) e permettono agli atleti di mantenere più a lungo una ritmica "a meno passi", che potrebbe essere quella ideale dal punto di vista biomeccanico. Le superfici di ultima generazione, altamente elastiche e performanti, contribuiscono anch'esse a migliorare l'economia di corsa, riducendo l'impatto della fatica negli ultimi metri (<https://www.mondoworldwide.com/emea/it/spaziomondo/projects/mondotrack-ellipse-impulse-nuova-pista-atletica-olimpiadi-parigi-2024/>).

Pensando alle piste, possiamo immaginare quanto sia differente correre sulla cenere o sulla terra battuta

(materiali utilizzati per le piste fino a metà del 1900), rispetto al più moderno e prestante tartan che fu utilizzato a partire dai Giochi olimpici di Città del Messico 1968. La versione più aggiornata di questo materiale è stato presentato ai Giochi olimpici di Parigi 2024 con il nome di “Prefabbricata Mondotrack™ ellipse impulse”, la quale, rispetto alla sua versione precedente di Pechino 2008 (definita da tutti gli atleti e addetti ai lavori estremamente prestante), risulta essere più morbida, il che si traduce in una riduzione del rischio di infortuni (Ferro-Sánchez 2023), ma al tempo stesso con una capacità maggiore di restituzione di energia (impulso netto maggiore del 2.63%), permettendo quindi agli atleti di correre più veloci (<https://www.mondoworldwide.com/emea/it/spaziomondo/projects/mondotrack-ellipse-impulse-nuova-pista-atletica-olimpiadi-parigi-2024/>). Per un 400ostacolista avere un maggior impulso significa poter correre con una maggior ampiezza, ovvero riuscire a mantenere un minor numero di passi fra gli ostacoli, parametro associato a prestazioni migliori secondo diversi studi (Bandara 2022, Casal N. Lopez 2020, Cavalleri 2017, Iskra 2021). Anche le calzature hanno subito uno sviluppo tecnologico importantissimo. Le prime scarpe con chiodi sporgenti dalla suola si svilupparono tra la fine del 1800 e gli inizi del 1900. Più tardi, nel 1960, si svilupparono scarpe specifiche per la velocità distinte da un drop negativo tra tallone e avampiede, con una suola più rigida (ovvero maggiore stiffness) e più leggera. Queste caratteristiche sono ad oggi ancora ricercate e massimizzate dai biomeccanici, perché correlate a migliori prestazioni negli sprint (Molleda 2023, Stefanyshyn D. 2004); per tale scopo si è diffuso dal 2017 l'utilizzo della piastra in carbonio nell'intersuola. Inizialmente l'inserimento di questa piastra è stato utilizzato per le scarpe da corsa su strada, portando a miglioramenti compresi tra il 2,2 e il 3,5% in gare dai 5 km alla maratona (Willwacher S M. P. 2024) e abbassando il costo energetico del 4% in prove test di corsa della durata di cinque minuti (Senefeld JW 2021). A partire dal 2021, l'intersuola in carbonio ha invaso anche il mondo delle scarpe chiodate, e secondo diversi articoli ha cambiato alcuni parametri del gesto della corsa. Ad esempio, in uno studio di Russo et al. del 2022 è stato valutato che in prove di 80 metri corse alla stessa velocità, alternando prove con super spikes (utilizzerò questa nomenclatura per indicare le scarpe di nuova generazione con la piastra in carbonio) o scarpe chiodate tradizionali, rimanevano invariati i parametri di frequenza e ampiezza, ma i tempi di contatto a terra erano sensibilmente aumentati con le super spikes. Diversi altri studi riportano miglioramenti prestativi della velocità nella fase lanciata degli sprint con le super spikes (Herrero Molleda, García-Sancho and García-Lopez 2024, Bernuz B. 2024, Gerlach 2025), mentre solo uno studio non ha riscontrato differenze significative nella stessa (Mackala 2025).

SCOPO DELLO STUDIO

Alla luce di queste premesse, l'obiettivo dello studio è valutare se nel periodo 2021-2024 (Nuove Tecnologie, NT), cioè negli anni successivi all'introduzione delle super spikes, si sia registrato un miglioramento dei tempi in gara rispetto al quadriennio 2016-2019, (Vecchie Tecnologie, VT) precedente alla loro comparsa, e

Gara dei 400hs femminili,
Campionati del mondo, Tokyo 2025



valutare grazie a quali componenti tecniche della corsa si è ottenuto questo miglioramento. L'analisi prevede una prima valutazione complessiva dell'andamento dei tempi di gara delle graduatorie annuali mondiali, con l'obiettivo di verificare un effettivo miglioramento della prestazione a seguito dell'introduzione delle NT.

Successivamente, abbiamo effettuato una seconda analisi di approfondimento sui parametri spaziali e temporali che caratterizzano il modello prestativo dei 400 ostacoli. In particolare, si sono analizzate le riprese video delle finali di grandi manifestazioni, al fine di verificare quali componenti tecniche della corsa e della ritmica risultino essersi modificate con l'introduzione delle NT.

Le medesime valutazioni sono state effettuate sia al maschile che al femminile.

MATERIALI E METODI

L'analisi è strutturata in due sezioni principali.

- **La prima parte** prende in esame i migliori 50 tempi mondiali registrati nei 400 ostacoli, maschili e femminili, dal 2016 al 2024 (il 2020 è stato escluso dall'analisi poiché, a causa della pandemia molti atleti non hanno gareggiato e numerosi eventi internazionali sono stati annullati). I dati sono stati raccolti dalle graduatorie presenti sul sito della World Athletics (worldathletics.org). I dati sono stati quindi divisi in due quadrienni, ciascuno comprendente 200 prestazioni:

- 2016-2019: quadriennio precedente alla diffusione delle scarpe con piastra in carbonio (VT);
- 2021-2024: quadriennio successivo alla diffusione delle scarpe con piastra in carbonio (NT).

I dati sono stati elaborati tramite Excel e SPSS, con calcolo delle statistiche descrittive e applicazione del test non parametrico “U di Man Whitney”, in quanto i dati non rispettavano le assunzioni del t-test (la significatività del test è stata impostata a priori per $p < 0.05$), con l'obiettivo di valutare se le prestazioni abbiano subito variazioni statisticamente significative tra NT e VT. Successivamente, è stata calcolata la dimensione dell'effetto mediante correlazione biseriale (ES), al fine di quantificare l'entità della differenza tra i gruppi. In base al valore assunto, la dimensione dell'effetto è stata interpretata come trascurabile per valori compresi tra 0.00 e 0.10, piccola tra 0.10 e 0.30, media tra 0.30 e 0.50 e elevata per valori uguali o superiori a 0.50.

- **La seconda parte** dello studio approfondisce i determinanti spaziali e temporali della prestazione in gara, analizzando gli atleti e le atlete che hanno preso parte alle finali dei Campionati europei, Campionati del mondo e Giochi olimpici. Anche in questo caso i dati sono stati suddivisi in due gruppi principali:

- VT: finalisti dei campionati anni 2016-2019;
- NT: finalisti dei campionati anni 2021-2024.

A partire da questa prima classificazione, gli atleti di ciascun gruppo (VT e NT) sono stati ulteriormente suddivisi in base al livello della competizione:

- Mondiali: finalisti dei Campionati mondiali e dei Giochi olimpici.
- Europei: finalisti dei Campionati europei.

Da questa combinazione derivano quindi quattro gruppi distinti, sia al maschile che al femminile: Mondiali VT, Mondiali NT, Europei VT ed Europei NT.

I gruppi analizzati saranno così composti:

	Mondiali VT	Mondiali NT	Europei VT	Europei NT
Uomini	16	31	16	16
Donne	16	31	16	16

Tabella 1: In tabella sono presenti il numero di atleti/e per gruppo in base alle categorie stabilite, differenziati in uomini e donne. Mondiali VT: finalisti di Mondiali e Olimpiadi 2016-2019; Mondiali NT: finalisti di Mondiali e Olimpiadi 2021-2024; Europei VT: finalisti Europei 2016-2019; Europei NT: finalisti Europei 2021-2024.

L'analisi dei parametri tecnici è stata effettuata tramite i video ufficiali disponibili sul canale YouTube della WA, i quali mostravano un fotogramma ogni 3 centesimi di secondo, con una risoluzione del video in 1080p per la maggior parte di essi e 720p per i video meno recenti; o attraverso dei dati forniti dagli analisti della WA. L'utilizzo della funzione “modifica” del computer ha consentito un'osservazione che ha permesso di valutare i parametri di ritmica (ovvero numero di passi compiuti tra ogni ostacolo) e tempi parziali per ogni intervallo di gara. Inoltre, per alcune competizioni sono stati utilizzati dati forniti direttamente dalla WA, grazie al contributo

del dott. Sylvain Dubail, cui va un sentito ringraziamento per averci fornito i dati di queste analisi, anche se non pubblicati.

Nel mio studio di tesi per la laurea magistrale in scienze e tecniche dello sport sono stati raccolti tutti i tempi intermedi per analizzare le velocità nelle diverse parti di gara; per sintesi, in questo articolo, verranno riportati un confronto tra la prima e la seconda parte della gara e il loro differenziale. I due segmenti sono suddivisi come:

- la prima parte dalla partenza (tempo di reazione incluso) all'atterraggio della prima gamba dopo il 5° ostacolo (185 m);
- la seconda dall'atterraggio della prima gamba dopo il 5° ostacolo all'arrivo (215 m).

I parametri spaziali sono stati analizzati attraverso la quantificazione del numero di passi effettuati in ciascun intervallo tra gli ostacoli, al fine di descrivere la ritmica di corsa adottata dagli atleti nel corso della gara. La ritmica è stata riportata in forma tabellare mediante una notazione standardizzata.

La notazione "n+1" indica una ritmica iniziale di n passi nei primi intervalli di gara, seguita dall'aggiunta di un passo a partire da un determinato ostacolo. Ad esempio, la dicitura "13+1" identifica atleti che iniziano con 13 passi e successivamente adottano una ritmica di 14 passi.

La notazione "n+1+1" descrive una progressiva modifica della ritmica, in cui l'atleta parte con n passi, incrementa di un passo in un intervallo intermedio e aggiunge un ulteriore passo negli intervalli finali. Ad esempio, un atleta può passare da una ritmica iniziale di 14 passi a 15 e successivamente a 16 passi.

La notazione "n+2" indica un incremento diretto di due passi nello stesso intervallo rispetto alla ritmica iniziale; ad esempio, il passaggio diretto da 13 a 15 passi senza una fase intermedia.

Un'eccezione è rappresentata dagli atleti classificati con una ritmica di 12 passi (riportata come "12+1" o "12+1+1"), i quali effettuano sistematicamente 13 passi nel primo intervallo tra la partenza e il primo ostacolo, riducendo a 12 passi a partire dal secondo intervallo. Tale scelta metodologica riflette l'impossibilità di sviluppare immediatamente un'ampiezza di passo coerente con la ritmica prevista nella fase iniziale della gara, probabilmente influenzata dalle condizioni di avvio e dalla presenza della curva.

In questo articolo, oltre alle ritmiche maggiormente utilizzate mostreremo dati relativi al numero totale di passi per concludere il giro di pista e il numero di intervalli corsi con un determinato numero di passi.

Anche per questa seconda parte le elaborazioni sono state condotte con Excel e SPSS, calcolando le statistiche descrittive e applicando un test U di Man-Whitney (la significatività del test è stata impostata a priori per $p < 0.05$) per valutare se esistesse una differenza statisticamente significativa tra NT e VT, in quanto anche in questo caso i dati non rispettavano le assunzioni del t-test. Successivamente, è stata calcolata la dimensione dell'effetto mediante correlazione biseriale (ES), al fine di quantificare l'entità della differenza tra i gruppi, la quale è stata interpretata come trascurabile per valori compresi tra 0.00 e 0.10, piccola tra 0.10 e 0.30, media tra 0.30 e 0.50 e elevata per valori uguali o superiori a 0.50. E' stato inoltre effettuato il test chi-square per verificare la presenza di un'associazione significativa tra la ritmica e il gruppo NT e VT, sempre con una significatività impostata a $p < 0.05$.

Per favorire una lettura più agevole dei dati, nelle tabelle principali della sezione "Risultati" vengono riportati i valori di media $\pm$ deviazione standard. I valori di mediana e intervallo interquartile (IQR), utilizzati per descrivere le distribuzioni non parametriche e supportare le analisi effettuate mediante il test U di Mann-Whitney, sono presentati nelle tabelle riepilogative al termine della sezione "Conclusioni"; ad eccezione della sottosezione "Risultati - prima parte", nella quale sono riportati direttamente nella tabella principale.

RISULTATI (PRIMA PARTE)

	Tempi in gara (s) (Mediana $\pm$ IQR)	Tempi in gara (s) (Media $\pm$ Dev.st)	Minimo (s)	Massimo (s)
Uomini VT	49.00 $\pm$ 0.60	48.81 $\pm$ 0.50	46.92	49.38
Uomini NT	48.60 $\pm$ 0.76*	48.42 $\pm$ 0.69	45.94	49.38
Donne VT	55.20 $\pm$ 1.11	55.04 $\pm$ 0.84	52.16	56.14
Donne NT	54.80 $\pm$ 1.16*	54.55 $\pm$ 1.06	50.37	55.89

Tabella 2: La tabella riporta i tempi di gara dei rispettivi gruppi, espressi come: mediana $\pm$ IQR, media $\pm$ deviazione standard, minimo e massimo.

* nella colonna mediana $\pm$ IQR, indica una differenza statisticamente significativa tra VT e NT all'interno dello stesso sesso

In tabella 2 è possibile notare che, sia nei gruppi maschili che femminili, è stata rilevata una differenza statisticamente significativa tra i tempi in gara ottenuti dagli atleti del gruppo VT rispetto a quelli del gruppo NT, sia uomini che donne, per entrambi con un valore di $p < 0.001$.

In particolare, è possibile verificare un miglioramento medio delle prestazioni sia negli uomini (0.39 centesimi) che nelle donne (0.49 centesimi); successivamente è stata calcolata la dimensione dell'effetto, valutata media sia per i gruppi maschili (ES= 0.39) che per quelli femminili (ES=0.30).

RISULTATI (SECONDA PARTE)

UOMINI MONDIALI

	UOMINI MONDIALI VT (Media $\pm$ Dev.st)	UOMINI MONDIALI NT (Media $\pm$ Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT) (s)
Tempo in gara (s)	48.60 $\pm$ 0.73*	47.54 $\pm$ 0.77	1.06
Partenza-5hs (s)	21.20 $\pm$ 0.44*	20.69 $\pm$ 0.41	0.51
5hs-arrivo (s)	27.46 $\pm$ 0.74*	26.85 $\pm$ 0.61	0.61
Differenza 2°-1° porzione di gara (s)	6.26 $\pm$ 0.82	6.19 $\pm$ 1.12	0.07

Tabella 3: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo e differenza tra 2° e 1° parte di gara degli uomini per i gruppi mondiali VT e NT, espressi come media $\pm$ deviazione standard. Sono inoltre indicate le differenze tra le medie dei rispettivi gruppi.

*Indica una differenza statisticamente significativa tra NT e VT.

Dalla tabella 3 è possibile osservare un netto miglioramento per il gruppo mondiali NT, che conclude il giro di pista oltre un secondo più velocemente del gruppo VT, con una differenza statisticamente significativa ($p < 0.001$) ed una dimensione dell'effetto interpretata come elevata (ES= 0.561).

Il miglioramento risulta essere presente sia nella prima che nella seconda parte di gara. In particolare, dalla partenza al 5° ostacolo è risultata una differenza significativa ($p = 0.001$) con una dimensione dell'effetto elevata (ES=0.503); è infatti osservabile in Tabella 3 un miglioramento di 0.51s nella prima parte di gara nei NT rispetto ai VT.

Viene riscontrato un miglioramento consistente anche per la seconda parte di gara (dal 5° ostacolo all'arrivo), dove il gruppo NT ha corso 0.61s più veloce dei VT; dalle analisi statistiche è emersa una differenza statisticamente significativa ($p = 0.012$) con dimensione dell'effetto valutata media (ES=0.413)

Interessante però notare che il differenziale tra le due parti di gara risulta essere non significativamente differente tra NT e VT ($p = 0.70$), con una ES irrilevante (0.07). Sembrerebbe quindi che la prestazione dei migliori 400ostacolisti sia migliorata nel gruppo NT rispetto ai VT, con un miglioramento simile sia nella prima che nella seconda porzione di gara, senza andare però a modificarne la gestione (ovvero il differenziale).

	UOMINI MONDIALI VT	UOMINI MONDIALI NT
12+1 o 12+1+1	6.3%	23.4%
13+2	12.5%	16.7%
13+1+1	25.0%	16.7%
13+1	43.8%	40.0%
13+0	6.3%	3.3%
14	6.3%	0.0%

Tabella 4: Percentuale di atleti che adottano le diverse configurazioni ritmiche nei 400 m ostacoli maschili a livello mondiale, confrontando il gruppo VT con il gruppo NT.

	UOMINI MONDIALI VT (Media±Dev.st)	UOMINI MONDIALI NT (Media±Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT)
Passi totali (n)	159.3±4.5	156.9±4.0	2.1
Intervalli con media passi <13	0	3	X
Intervalli con 13<media passi <14	8	5	X
Intervalli con media passi >14	1	1	X

Tabella 5: La tabella riporta i passi totali di gara degli uomini per i gruppi mondiali VT e NT, espressi come media ± deviazione standard. Viene inoltre riportato il numero di intervalli corsi con un determinato numero di passi per i rispettivi gruppi.

Entrambe le categorie mondiali adottano prevalentemente una ritmica a 13 passi (totale 87.6% i VT e 76.7% i NT), con nello specifico una preferenza per la configurazione 13+1 (Tabella 4). È però importante sottolineare che l'analisi statistica non ha evidenziato alcuna associazione significativa tra le ritmiche adottate ed il gruppo di appartenenza degli atleti ($p=0.51$). È però altresì interessante verificare come sembra essere presente una maggior tendenza nell'utilizzo della ritmica a 12 passi con l'introduzione delle nuove tecnologie. Nei gruppi mondiali, infatti, la percentuale di atleti che adottano i 12 passi passa dal 6.3% nel periodo VT al 23.4% nel periodo NT, indicando che un numero crescente di atleti ha iniziato a esplorare soluzioni ritmiche caratterizzate da un minor numero di passi rispetto al tradizionale schema a 13. È inoltre rilevante osservare la completa assenza di atleti che adottano una ritmica a 14 passi nel gruppo NT. Al contrario, nel gruppo VT sono presenti atleti che utilizzano questa ritmica, seppur in misura limitata, con una percentuale pari al 6,3%.

Considerando alcuni intervalli specifici (Tabella 5), si osserva che il gruppo mondiali NT presenta una media inferiore a 13 passi per tre intervalli, indicando che diversi atleti hanno adottato una ritmica a 12 passi. Questo risultato assume un notevole rilievo storico, considerando che in passato soltanto un atleta aveva utilizzato i 12 passi in gara, limitatamente a un singolo intervallo (Young, Barcellona 1992).

La tendenza alla riduzione del numero di passi nei gruppi NT è ulteriormente confermata dall'analisi del numero totale di passi sul giro di pista (Tabella 5): il gruppo mondiali NT registra infatti una media di oltre due passi in meno rispetto al gruppo VT, che però non risulta essere statisticamente significativa ($p=0.10$; $ES=0.26$).

UOMINI EUROPEI

	UOMINI EUROPEI VT (Media±Dev.st)	UOMINI EUROPEI NT (Media±Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT) (s)
Tempo in gara (s)	48.90±0.66	48.57±0.97	0.33
Partenza-5hs (s)	21.69±0.35*	21.32±0.30	0.37
5hs-arrivo (s)	27.20±0.51	27.25±0.82	-0.05
Differenza 2°-1° parte di gara (s)	5.51±0.57	5.93±0.76	-0.42

Tabella 6: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo e differenza tra 2° e 1° parte di gara degli uomini europei per i gruppi VT e NT, espressi come media ± deviazione standard. Sono inoltre indicate le differenze tra le medie dei rispettivi gruppi.

*indica una differenza statisticamente significativa tra NT e VT.

Come riportato in Tabella 6, anche nei Campionati europei si osserva una tendenza al miglioramento dei tempi di gara nella categoria NT rispetto alla VT. La riduzione del tempo medio risulta pari a 0.33 s, ma senza risultare significativa in termini statistici ($p=0.19$; $ES=0.20$).

Dalla partenza al 5° ostacolo, il gruppo NT registra tempi medi decisamente inferiori rispetto al gruppo VT, con

un miglioramento di 0.37s; per questo dato è difatti presente una differenza statisticamente significativa ($p=0.002$) e una dimensione dell'effetto elevata ($ES=0.51$).

Dal 5° ostacolo fino all'arrivo si osserva un'inversione del trend, con il gruppo VT che registra un tempo leggermente inferiore rispetto al gruppo NT (-0.05 s). Tuttavia, la differenza non risulta statisticamente significativa e la dimensione dell'effetto è trascurabile ($p=0.80$; $ES=0.04$).

Il differenziale tra prima e seconda porzione di gara mostra un tempo "più pesante" (di 0.42s) nel gruppo NT rispetto al gruppo VT, pur non facendo rilevare una differenza significativa ($p=0.15$), seppur la dimensione dell'effetto sia risultata essere di media entità ($r=0.31$).

Sembrerebbe quindi che a livello europeo gli ostacolisti NT non mostrino un miglioramento rilevante della prestazione rispetto ai VT. Difatti, pur migliorando le proprie prestazioni nella prima porzione di gara, subiscono un importante crollo nella seconda parte, come confermato dal differenziale tra 2° e 1° parte di gara.

	UOMINI EUROPEI VT	UOMINI EUROPEI NT
13+2	6.7%	12.5%
13+1+1	20%	43.8%
13+1	66.7%	31.3%
14+1	0%	6.3%
14+1+1	0%	6.3%
13+1+2	6.7%	0%

Tabella 7: Percentuale di atleti che adottano le diverse configurazioni ritmiche nei 400 m ostacoli a livello europeo, confrontando il gruppo VT con il gruppo NT.

	UOMINI EUROPEI VT (Media±Dev.st)	UOMINI EUROPEI NT (Media±Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT)
Passi totali (n)	160.1±3.9	162.1±5.1	-1.7
Intervalli con media passi <13	0	0	X
Intervalli con 13<media passi <14	6	6	X
Intervalli con media passi >14	3	3	X

Tabella 8: La tabella riporta i passi totali di gara degli uomini europei per i gruppi VT e NT, espressi come media ± deviazione standard. Viene inoltre riportato il numero di intervalli corsi con un determinato numero di passi per i rispettivi gruppi.

Dall'analisi dei dati riportati in Tabella 7 emerge che, in termini di modello ritmico generale, il gruppo europei VT adotta prevalentemente la configurazione 13+1, mentre il gruppo europei NT ricorre più frequentemente al modello 13+1+1 (Tabella 7). Tale differenza potrebbe riflettere una fase iniziale di gara più aggressiva nel gruppo NT (Tabella 6), che sembrerebbe associata, nella parte finale, a una maggiore necessità di adattamento ritmico attraverso l'inserimento di un ulteriore passo. Questo comportamento potrebbe essere spiegato da una riduzione dell'ampiezza del passo, verosimilmente legata al decremento di velocità dovuto all'insorgenza della fatica nella seconda metà della gara, potenzialmente conseguente a una partenza più aggressiva. Tuttavia, anche nel campione degli atleti europei non è emersa un'associazione statisticamente significativa tra i gruppi NT e VT e i modelli ritmici utilizzati al test del chi-quadrato ($p=0.25$).

Per quanto riguarda il numero totale di passi effettuati in gara, gli europei NT evidenziano una tendenza ad aumentare il numero di passi totali, che però non risulta essere statisticamente significativa ($p=0.22$; $ES=0.22$); questa tendenza è in opposizione rispetto a quanto osservato nei Campionati mondiali.

Sembrerebbe che la nuova distribuzione di gara adottata dagli atleti europei, caratterizzata da una fase iniziale condotta a intensità più elevata, non consenta di sfruttare pienamente le NT. Tale approccio potrebbe determi-

nare un affaticamento precoce, inducendo gli atleti ad aumentare il numero di passi e la ritmica nella seconda parte della gara, con un conseguente e marcato decremento delle velocità in questa fase.

DIFFERENZA DONNE MONDIALI VT VS NT

	DONNE MONDIALI VT (Media±Dev.st)	DONNE MONDIALI NT (Media±Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT) (s)
Tempo in gara (s)	54.08±1.00*	53.06±1.24	1.02
Partenza-5hs (s)	23.53±0.37*	23.04±0.50	0.49
5hs-arrivo (s)	30.55±0.79	30.01±0.92	0.54
Differenza 2°-1° parte di gara (s)	7.01±0.72	6.97±0.82	0.14

Tabella 9: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo e differenza tra 2° e 1° parte di gara delle donne mondiali per i gruppi VT e NT, espressi come media ± deviazione standard. Sono inoltre indicate le differenze tra le medie dei rispettivi gruppi.

*indica una differenza statisticamente significativa tra NT e VT.

I tempi totali di gara delle atlete (Tabella 9) mostrano che, nella categoria NT, si è verificato un miglioramento marcato rispetto alla categoria VT, con una riduzione del tempo medio di gara di oltre un secondo (1.02s); è difatti presente una differenza statisticamente significativa (p=0.009), con una dimensione dell'effetto interpretata come media (ES=0.39).

La tabella evidenzia inoltre una distribuzione dello sforzo sostanzialmente simile tra i due gruppi, come indicato dal differenziale tra la seconda e la prima parte di gara; esso differisce di soli 0.04s tra i due gruppi, e in accordo con i risultati statistici non è presente una differenza statisticamente significativa (p=0.75 ES=0.03).

Ciò suggerisce che, anche in questo caso, il miglioramento osservato nel gruppo NT non possa essere attribuito a una diversa strategia di distribuzione dello sforzo, ma piuttosto a un incremento omogeneo della performance sia nella prima sia nella seconda parte di gara, in linea con quanto osservato per gli uomini mondiali, come confermato dai valori medi dei relativi parziali.

Dalla tabella è infatti osservabile un netto miglioramento (0.49s) del parziale relativo alla prima parte di gara ("partenza-5 HS") del gruppo NT rispetto al gruppo VT, come rilevato anche attraverso l'analisi statistica, la quale ha evidenziato una differenza statisticamente significativa (p=0.003) con una dimensione dell'effetto media (ES=0.46).

Al contrario, per la seconda frazione di gara, nonostante sia presente anche in questo caso una tendenza al miglioramento nel gruppo NT rispetto al gruppo VT (0.54s), non è emersa una differenza statisticamente significativa (p=0.051) e la dimensione dell'effetto per questo parametro risulta di entità piccole (ES=0.28).

	DONNE MONDIALI VT	DONNE MONDIALI NT
14+1	12.5%	16.7%
14+1+1	6.3%	30.0%
15+1	37.5%	26.7%
15+1+1	31.3%	20.0%
15+2	6.3%	0%
15+1+1+1	6.3%	0%
16+1	0.0%	6.7%

Tabella 10: Percentuale di atlete che adottano le diverse configurazioni ritmiche nei 400 m ostacoli a livello mondiale, confrontando il gruppo VT con il gruppo NT.

	DONNE MONDIALI VT (Media±Dev.st)	DONNE MONDIALI NT (Media±Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT)
Passi totali (n)	180.4±5.3*	176.9±5.2	3.5
Intervalli con media passi <15	4	6	X
Intervalli con 15<media passi<16	3	3	X
Intervalli con media passi >16	2	0	X

Tabella 11: La tabella riporta i passi totali di gara delle donne mondiali per i gruppi VT e NT, espressi come media ± deviazione standard. Viene inoltre riportato il numero di intervalli corsi con un determinato numero di passi per i rispettivi gruppi. *indica una differenza statisticamente significativa tra NT e VT.

Anche nelle donne mondiali, il gruppo NT mostra una tendenza all'utilizzo di schemi ritmici con un minor numero di passi. In particolare, dalla Tabella 10, è possibile osservare che la ritmica più utilizzata dal gruppo VT è 15+1 (37.5%), mentre nel gruppo NT predomina il modello 14+1+1 (30.0%).

Un altro cambiamento rilevante riguarda l'uso della ritmica a 14 passi: il gruppo NT mostra percentuali superiori rispetto al gruppo VT (46.7% contro 18.8%), considerando sia la configurazione 14+1 sia la 14+1+1.

Come per la categoria uomini mondiali, sebbene tali differenze descrittive suggeriscano una tendenza verso l'utilizzo di ritmiche più aggressive nel gruppo NT, l'analisi mediante test del chi-square non ha evidenziato un'associazione statisticamente significativa tra la ritmica adottata e il gruppo di appartenenza (p = 0.197).

L'analisi dei passi nei singoli intervalli tra gli ostacoli (tabella 10) mostra che le donne mondiali VT registrano una media inferiore a 15 passi in 4 intervalli, mentre le NT presentano valori inferiori a 15 in 6 intervalli; e le stesse NT non raggiungono una media di 16 passi nemmeno nell'ultimo tratto (HS 9-10), situazione che invece si verifica per le VT.

Infine, è presente un'evidente diminuzione dei passi in gara nella categoria NT, la quale effettua oltre tre passi in meno rispetto alla categoria VT, e come confermato dall'analisi statistica è presente una differenza statisticamente significativa tra i gruppi (p=0.03), con una dimensione dell'effetto indicata come media (ES=0.31).

DIFFERENZA DONNE EUROPEE VT VS NT

	DONNE EUROPEE VT (Media±Dev.st)	DONNE EUROPEE NT (Media±Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT)
Tempo in gara (s)	55.71±0.73*	54.84±1.04	0.87
Partenza-5hs (s)	24.39±0.57	23.88±0.40	0.51
5hs-arrivo (s)	31.32±0.69	30.96±0.93	0.36
Differenza 2°-1° parte di gara (s)	6.93±1.04	7.08±0.99	0.15

Tabella 12: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo e differenza tra 2° e 1° parte di gara delle donne europee per i gruppi VT e NT, espressi come media ± deviazione standard. Sono inoltre indicate le differenze tra le medie dei rispettivi gruppi.

*indica una differenza statisticamente significativa tra NT e VT.

Per quanto riguarda il tempo totale di gara, anche nelle donne europee è osservabile in Tabella 12 un netto miglioramento nella categoria NT, pari a 0.87 s rispetto alle VT; quest'osservazione viene supportata anche dall'analisi statistica, mediante la quale è stata riscontrata una differenza statisticamente significativa (p=0.007) con una dimensione dell'effetto media (ES=0.45).

L'analisi del differenziale tra seconda e prima parte di gara mostra valori simili tra i gruppi (tabella 12) con una differenza di 0.15s; ciò indica che, anche tra le categorie europee, la distribuzione dello sforzo risulta abbastanza

comparabile, non è difatti presente una differenza statisticamente significativa ($p = 0.81$; $ES = 0.08$). Tuttavia, i parziali più veloci delle NT hanno determinato il miglioramento complessivo del tempo finale di gara. Si osserva un miglioramento del gruppo NT rispetto al gruppo VT. In particolare, le NT mostrano un'evoluzione positiva nella prima frazione di gara di oltre mezzo secondo (0.51 s) rispetto ai VT ($p = 0.21$; $ES = 0.47$). Analogamente, nella seconda parte della gara si evidenzia un miglioramento di 0.36 s nel gruppo NT rispetto ai VT; tuttavia, entrambe le differenze non risultano statisticamente significative, come confermato dalle analisi (prima frazione: $p = 0.21$; $ES = 0.47$; seconda frazione: $p = 0.22$; $ES = 0.22$).

	DONNE EUROPEE VT	DONNE EUROPEE NT
14+1	12.5%	6.3%
14+1+1	0%	6.3%
15+1	6.3%	18.8%
15+1+1	43.8%	50.0%
15+1+1+1	6.3%	0%
16+1	18.8%	12.5%
16+1+1	12.5%	6.3%

Tabella 13: Percentuale di atleti che adottano le diverse configurazioni ritmiche nei 400 m ostacoli femminili a livello europeo, confrontando il gruppo VT con il gruppo NT.

	DONNE EUROPEE VT (Media $\pm$ Dev.st)	DONNE EUROPEE NT (Media $\pm$ Dev.st)	DIFFERENZA MEDIE (VT-NT)
Passi totali (n)	184.6 $\pm$ 7.4	183.4 $\pm$ 7.1	1.2
Intervalli con media passi <15	0	0	X
Intervalli con 15<media passi<16	6	6	X
Intervalli con media passi >16	3	3	X

Tabella 14: La tabella riporta i passi totali di gara delle donne europee per i gruppi VT e NT, come media $\pm$ deviazione standard. Viene inoltre riportato il numero di intervalli corsi con un determinato numero di passi per i rispettivi gruppi.

Dalla Tabella 13 emerge che, per entrambe le categorie femminili europee, la ritmica maggiormente utilizzata è 15+1+1 (VT=43.8%; NT=50.0%). Tuttavia, si osservano variazioni in altre configurazioni: la ritmica 15+1 viene impiegata dal 6.3% delle VT contro il 18.8% delle NT, mentre le ritmiche 16+1 o 16+1+1 risultano più frequenti nelle VT (31.3%) rispetto alle NT (18.8%). Come per gli altri gruppi esaminati, le statistiche descrittive suggeriscono che, anche nella categoria europea femminile, il gruppo NT tende ad adottare ritmiche caratterizzate da un minor numero di passi rispetto al gruppo VT. Tuttavia, tale associazione non è risultata statisticamente significativa ($p = 0.69$).

Si riscontra inoltre un minor numero totale di passi (tabella 14) nel gruppo NT rispetto al gruppo VT, con le NT che completano il giro con barriere con oltre un passo in meno; non è presente per questo dato una differenza statisticamente significativa ($p = 0.62$, $ES = 0.09$).

Per quanto riguarda l'andamento dei passi nei singoli intervalli (tabella 14), entrambe le categorie europee, NT e VT, partono con una media inferiore a 16 passi nei primi cinque intervalli, superando la media di 16 passi a partire dal sesto intervallo.

CONCLUSIONI

Le nuove tecnologie delle piste e delle super spikes sembrano aver avuto un impatto rilevante sulle prestazioni nei 400 m ostacoli. È plausibile che tali innovazioni abbiano contribuito al miglioramento dei tempi parziali e finali sia nelle categorie maschili che in quelle femminili, determinando progressi prestativi in tutti i gruppi analizzati. Nonostante ciò, la distribuzione dello sforzo è rimasta sostanzialmente invariata nella maggior parte dei gruppi, con differenze minime tra il periodo precedente e successivo all'introduzione delle nuove tecnologie. L'unica eccezione è rappresentata dagli uomini europei, nei quali emerge una variazione più marcata nella distribuzione dello sforzo tra la prima e la seconda parte di gara. In questo gruppo, gli atleti NT mostrano infatti una prima frazione significativamente più veloce rispetto ai VT, compensata però da una seconda parte di gara relativamente più lenta.

È interessante osservare come il gruppo uomini europei sia anche quello che ha registrato il minor miglioramento cronometrico complessivo rispetto al corrispettivo gruppo VT (0,33 s), mentre tutti gli altri gruppi hanno evidenziato progressi superiori a 0,80 s. Sebbene tali risultati non consentano di stabilire relazioni causali, essi potrebbero suggerire che una distribuzione dello sforzo particolarmente aggressiva nella prima parte della gara non permetta di sfruttare pienamente i potenziali vantaggi offerti dalle nuove tecnologie. Al contrario, una distribuzione più equilibrata dello sforzo, come osservato negli altri gruppi analizzati, potrebbe essere associata a miglioramenti prestativi più consistenti con le innovazioni tecnologiche.

Un ulteriore aspetto emerso dall'analisi delle statistiche descrittive riguarda la ritmica di gara. Sebbene non sia stata riscontrata un'associazione statisticamente significativa tra i modelli ritmici adottati e i gruppi analizzati, si osserva una tendenza delle categorie NT a utilizzare configurazioni caratterizzate da un numero inferiore di passi. L'unica eccezione è rappresentata dagli uomini europei, nei quali il gruppo VT adotta mediamente modelli ritmici con un numero inferiore di passi rispetto al gruppo NT.

L'incremento di impulso garantito da pista e calzature potrebbe esser stato decisivo per le donne mondiali NT al fine di adottare maggiormente una ritmica iniziale a 14 passi; e potrebbero aver avuto importante rilevanza per gli uomini mondiali NT, che hanno registrato una ritmica a 12 appoggi su più intervalli di gara, un evento questo verificatosi in precedenza solo una volta e per un singolo intervallo.

Un'ulteriore evidenza emersa dallo studio riguarda il numero totale di passi effettuati in gara. Nelle donne europee (183,4 $\pm$ 7,1 vs 184,6 $\pm$ 7,4), negli uomini mondiali (156,9 $\pm$ 4,0 vs 159,3 $\pm$ 4,5) e nelle donne mondiali (176,9 $\pm$ 5,2 vs 180,4 $\pm$ 5,3), gli atleti del periodo NT completano la prova con un numero inferiore di passi rispetto ai corrispondenti gruppi VT. Al contrario, negli uomini europei il numero totale di passi risulta maggiore nel periodo NT rispetto al periodo VT (162,1 $\pm$ 5,1 vs 160,1 $\pm$ 3,9).

È interessante osservare come questa differenza sia accompagnata anche da un diverso grado di miglioramento prestativo. Nei gruppi donne europee, uomini mondiali e donne mondiali, gli atleti NT effettuano mediamente oltre un passo in meno rispetto ai VT e mostrano miglioramenti cronometrici superiori a 0,80 s. Al contrario, negli uomini europei gli atleti NT compiono oltre un passo in più rispetto ai VT e registrano il miglioramento più contenuto tra tutti i gruppi analizzati (0,33 s).

Tali osservazioni risultano coerenti con la letteratura, secondo cui l'utilizzo di modelli ritmici caratterizzati da un minor numero di passi è generalmente associato a prestazioni più elevate nei 400 m ostacoli. Sebbene i presenti risultati non consentano di stabilire relazioni causali, essi suggeriscono che la capacità di mantenere una maggiore ampiezza del passo possa rappresentare uno dei fattori associati ai maggiori miglioramenti prestativi osservati nel periodo successivo all'introduzione delle nuove tecnologie.

Un primo limite di questo studio riguarda il fatto che gli atleti analizzati non sono gli stessi nel corso degli anni. Le carriere si sviluppano in tempi diversi e, parallelamente, anche le metodologie di allenamento evolvono costantemente. Questo rende difficile isolare con precisione l'effetto specifico delle nuove tecnologie, impedendo di attribuire in modo pienamente oggettivo i miglioramenti osservati alle sole scarpe o alle superfici di gara.

Un secondo limite è legato alla variabilità delle piste e delle scarpe utilizzate. Tutte le piste hanno difatti caratteristiche differenti: ad esempio, pur essendo entrambe altamente performanti, le piste delle Olimpiadi di Tokyo e di Parigi presentano caratteristiche tecniche differenti, che possono favorire atleti con specifici profili biomeccanici più di altri. Lo stesso vale per le scarpe: sebbene tutte integrino la piastra in carbonio, i diversi marchi combinano materiali e tecnologie dell'intersuola in modo diverso. Sarebbe quindi molto interessante sviluppare studi che identifichino quali tipologie di super spikes risultino più adatte in base alla disciplina, all'età, al livello di prestazione, al sesso o a parametri più specifici come la biomeccanica di corsa, le caratteristiche antropometriche o i livelli di forza.

Infine, un ulteriore limite è rappresentato dalla relativa "giovinezza" delle super spikes: essendo sul mercato da appena quattro anni, il campione analizzabile è ancora ristretto. Sarà quindi particolarmente utile ripetere queste analisi nei prossimi anni, così da ampliare il dataset e ottenere valutazioni più solide e complete sull'impatto reale delle tecnologie nel medio-lungo periodo.

TABELLE MEDIANA ± IQR

	UOMINI MONDIALI VT (Mediana±IQR)	UOMINI MONDIALI NT (Mediana±IQR)
Tempo in gara (s)	48.42±0.91*	47.66±1.09*
Partenza-5hs (s)	21.25±0.77*	20.67±0.64*
5hs-arrivo (s)	27.27±0.76*	26.88±0.87*
Differenza 2°-1° porzione di gara (s)	6.11±1.15	6.13±0.88
Passi totali (n)	159.0±5.0	157.3±6.0

Tabella 15: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo, differenza tra 2° e 1° parte di gara e i passi totali di gara degli uomini mondiali per i gruppi VT e NT, espressi come mediana ± IQR.

	UOMINI EUROPEI VT (Mediana±IQR)	UOMINI EUROPEI NT (Mediana±IQR)
Tempo in gara (s)	48.98±0.99	48.67±0.95
Partenza-5hs (s)	21.75±0.33*	21.40±0.37*
5hs-arrivo (s)	27.14±0.82	27.18±1.16
Differenza 2°-1° parte di gara (s)	5.39±0.74	5.62±1.29
Passi totali (n)	159.0±4.0	160.5±5.0

Tabella 16: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo, differenza tra 2° e 1° parte di gara e i passi totali di gara degli uomini europei per i gruppi VT e NT, espressi come mediana ± IQR.

	DONNE MONDIALI VT (Mediana±IQR)	DONNE MONDIALI NT (Mediana±IQR)
Tempo in gara (s)	54.22±1.20*	53.1±1.94*
Partenza-5hs (s)	23.66±0.72*	23.00±0.80*
5hs-arrivo (s)	30.59±0.86	30.09±1.31
Differenza 2°-1° parte di gara (s)	6.99±1.22	6.88±0.99
Passi totali (n)	180.5±4.0*	176.0±7.0*

Tabella 17: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo, differenza tra 2° e 1° parte di gara e i passi totali di gara delle donne mondiali per i gruppi VT e NT, espressi come mediana ± IQR.

	DONNE EUROPEE VT (Mediana±IQR)	DONNE EUROPEE NT (Mediana±IQR)
Tempo in gara (s)	55.78±0.89*	55.09±1.32*
Partenza-5hs (s)	24.37±1.12*	24.00±0.57*
5hs-arrivo (s)	31.50±1.11	31.00±1.03
Differenza 2°-1° parte di gara (s)	6.94±1.63	6.98±1.36
Passi totali (n)	185.3±11.0	183.3±8.0

Tabella 18: La tabella riporta i tempi di gara, partenza-5hs, 5hs-arrivo, differenza tra 2° e 1° parte di gara e i passi totali di gara delle donne europee per i gruppi VT e NT, espressi come mediana ± IQR.

BIBLIOGRAFIA

- Bandara T, et al. (2022). Retrospective study: comparison of the stride pattern of elite 400 meters hurdlers in Sri Lanka with elite athletes in Asia and the world. Sri Lankan Journal of Applied Statistics, 23(3):154-165. <https://doi.org/10.4038/sljastats.v23i3.8084>.
- Bernuz B, et al. (2024). Effect of advanced footwear technology spikes on sprint acceleration: a multiple N-of-1 trial. Sports Medicine - Open, 10(1):92. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00758-w>.
- Casal N, López JL, Peña I, et al. (2020). Biomechanical analysis of the men's 400 m hurdles at the IAAF World Athletics Championships Doha 2019: rhythmic structure and effort distribution. In: 25th European College of Sport Science Congress (ECSS 2020), Sevilla, Spain.
- Cavalleri V, et al. (2017). I determinanti della prestazione nei 400 metri ostacoli in atlete di livello nazionale e internazionale. Tesi di laurea, Università degli Studi di Verona.
- Ditroilo M, Marini M. (2001). Analysis of the race distribution for male 400 m hurdlers competing at the 2000 Sydney Olympic Games. New Studies in Athletics, 16:15-30.
- Ferro-Sánchez A, et al. (2023). An analysis of running impact on different surfaces for injury prevention. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(14):6405. <https://doi.org/10.3390/ijer-ph20146405>.
- Gerlach M, et al. (2025). Effect of advanced footwear technology spikes on lower limb kinetics and sprint performance. Footwear Science, 1-8. <https://doi.org/10.1080/19424280.2025.2458322>.
- Guex K. (2012). Kinematic analysis of the women's 400 m hurdles. New Studies in Athletics, 27(1/2):41-50.
- Herrero-Molleda A, et al. (2024). "Super spikes" increase 40-m sprint performance in national-level women athletes. ISBS Proceedings Archive, 41(1):Article 80. Available at: <https://commons.nmu.edu/isbs/vol41/iss1/80>.
- Iskra J, et al. (2021). Pacing strategy in men's 400 m hurdles accounting for temporal and spatial characteristics of elite athletes. Journal of Human Kinetics, 79:175-186. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0059>.
- Iskra J, Pietrzak M, Paruzel-Dyja M. (2015). The 400 meters hurdles event and the changes in tactical race strategies in men prior to and after 2000. Česká kinantropologie, 19(3):75-84.
- Mackala K, et al. (2025). Profile of 50 m sprinting: the influence of carbon-plated spikes on maximum-velocity performance. Sensors, 25(7):1979. <https://doi.org/10.3390/s25071979>.
- Ozaki Y, et al. (2019). Regulation of stride length during the approach run in the 400-m hurdles. Journal of Human Kinetics, 69:59-67. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0019>.
- Quercetani R. (2004). A world history of hurdle and steeplechase racing. Milan: Vallardi.
- Russo L, et al. (2022). Track running shoes: a case report of the transition from classical spikes to "super spikes" in track running. Applied Sciences, 12(20):10195. <https://doi.org/10.3390/app122010195>.
- Senefeld JW, et al. (2021). Technological advances in elite marathon performance. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.12.26.20248861>.
- Stefanyshyn DJ, et al. (2004). Athletics: increased shoe bending stiffness increases sprint performance. Sports Biomechanics. <https://doi.org/10.1080/14763140408522830>.
- Willwacher S, et al. (2024). Does advanced footwear technology improve track and road racing performance? An explorative analysis based on the 100 best yearly performances in the world between 2010 and 2022. Sports Medicine - Open, 10:14. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00683-y>.

SITOGRAFIA

- <https://www.mondoworldwide.com/emea/it/spaziomondo/projects/mondotrack-ellipse-impulse-nuova-pista-atletica-olimpiadi-parigi-2024/>
- <https://worldathletics.org>



Claudio Stecchi

INTRODUZIONE AL SALTO CON L'ASTA: ISTRUZIONI PER L'USO

C'è una specialità nell'atletica leggera che sembra sfidare non solo la gravità, ma anche la pedagogia: il salto con l'asta chiede all'atleta di padroneggiare la corsa, la forza, l'acrobatica e il coraggio, tutto nello spazio di pochi secondi e attraverso il tramite di un attrezzo che risponde, si piega e restituisce energia secondo leggi fisiche che devono diventare, col tempo, istinto. Insegnarla ai giovani, e insegnarla bene, fin dall'inizio, è una delle sfide più affascinanti e delicate che un tecnico di atletica possa affrontare.

Il contributo qui presentato nasce da anni di esperienza sul campo dell'autore e da una convinzione dichiarata: non esiste un'età giusta per cominciare, ma esiste sempre un modo giusto. Il salto con l'asta può essere introdotto anche in età prescolare, a patto che diventi prima di tutto un gioco e che sia sempre guidato da un tecnico competente, attento alla sicurezza e capace di costruire un percorso progressivo, coerente e

multilaterale. Non una specializzazione precoce, dunque, ma un investimento a lungo termine sulla qualità del movimento.

L'articolo accompagna il lettore attraverso le fasi fondamentali dell'avviamento: dal primo contatto con l'asta e le sue impugnature, agli esercizi di adattamento e trasporto, dallo stimolo del volo sulla sabbia e sul materasso, fino alle piccole rincorse, all'introduzione del piegamento dell'attrezzo e all'integrazione della preacrobatica. Un percorso che non trascura dettagli apparentemente secondari come la lateralità, il rilascio dell'asta in sicurezza, il corretto stacco, perché in questa specialità ogni errore precoce può diventare, negli anni, un ostacolo difficile da superare. Uno strumento prezioso per chi vuole costruire il saltatore con l'asta di domani, partendo dai fondamentali di oggi.

Federico Pasquali

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.

Il salto con l'asta, com'è noto, è una specialità dell'atletica leggera tecnicamente molto complessa (c'è chi dice che sia la più complicata dell'intero panorama sportivo) e come tale richiede un'introduzione e una didattica dettagliata, profonda e delineata sin dal primo approccio.

COME E QUANDO INIZIARE

La moderna letteratura non indica un'età precisa in cui iniziare. Fino agli anni '90 si indicava l'età di 11-12 anni, ovvero l'inizio delle scuole medie e di una fase di pre-pubertà, in cui le capacità coordinative e gli schemi motori di base potevano essere ancora stimolati senza troppo sconfinare nell'utilizzo della forza. Negli ultimi anni, invece, ha preso corpo un approccio più ludico-pedagogico in cui non si indica un'età precisa nell'avviamento al salto con l'asta, ma si pone la specialità come gioco e non come esercizio troppo delineato da confini e misure (dalla scuola francese: jouer à la perche). In sostanza: si può iniziare anche a 5-6 anni, purché la specialità sia gestita come pratica ludica e non già come attività sportiva codificata.



Il progetto Salto con l'asta nei parchi del Gruppo Asta Padova

A tal proposito, si elencano alcuni requisiti generali:

- L'avviamento al salto con l'asta può essere fatto a qualsiasi età purché sia inizialmente un'attività **ludica e giocosa**
- Dev'essere inserito in un **percorso multispecialistico, multilaterale** e – perché no - **multisportivo**
- Può essere fatto in **contesti diversi** (sabbia, parchi, palestre) purché siano rispettati i criteri di sicurezza
- L'insegnamento della **tecnica** dev'essere sin dall'inizio **approfondito e rigoroso**
- Ci dev'essere sempre l'**assistenza** di un istruttore/allenatore che conosca bene la specialità

Questi ultimi punti sono strettamente connessi, ed è presto spiegato: la tecnica e la didattica del salto con l'asta devono essere sin da subito ben delineate sia per rispettare le norme di sicurezza (non esiste freestyle e non devono essere ammesse pericolose deviazioni), sia per enucleare sin dall'inizio errori e devianze tecniche grossolane che possano poi essere un problema durante il successivo sviluppo e approfondimento tecnico del nostro o della nostra atleta. Allo stesso modo, da parte degli allenatori/educatori dev'essere chiara sin da subito la didattica di base del salto con l'asta, così come l'assistenza agli esercizi e il rispetto dei parametri di sicurezza.

1. L'AVVIAMENTO

1.1 IL RAPPORTO CON L'ASTA

Il primo approccio con l'asta riguarda il rapporto tra il nostro giovane atleta e l'attrezzo: il peso dell'asta nelle diverse posizioni e angolazioni, la complessità delle impugnature (larghezza, stabilità, rotazione delle mani, destrismo), l'obbligatorietà del fatto che, se si è destrimani, si dovrà staccare per forza con il piede sinistro (e viceversa). Ciò sarà importante anche per l'allenatore, che dovrà impostare la sua assistenza (di cui parleremo) sulla lateralità prescelta.

DUE CONCETTI AUREI DA ANTICIPARE

- Mai spostare le impugnature delle mani dall'asta (salvo un'eccezione*)
- L'asta è un elemento da spingere e non da tirare (o aggrapparsi)

Questi due concetti, ritenuti pressoché 'universali', sono fondamentali sin dall'inizio, innanzitutto per un discorso di sicurezza dell'intero salto, e poi per impostare un'accurata didattica in vista delle esercitazioni successive e della costruzione dell'intero salto.

2. ESERCIZI DI ADATTAMENTO ALL'ASTA

Difficoltà: medio/bassa

Velocità/intensità: basse

Controllo: alto

2.1 STAZIONAMENTO CON ASTA ALTA

In questo esercizio si simula semplicemente la posizione di partenza dell'asta, con l'obiettivo di trovare comfort con essa e con le impugnature. Il corretto posizionamento può essere così riassunto: [\(foto 1-2\)](#)



Foto 1

Foto 2

- Inclinazione dell'asta di circa 70° sul piano frontale e laterale
- Mano dominante vicino alla cresta iliaca dello stesso lato
- Braccio della mano dominante piegato di circa 90° all'indietro
- Mano non dominante posizionata davanti allo sterno, a circa 20 cm di distanza da esso
- Braccio e gomito della mano non dominante posizionati sotto l'asta, e non lateralmente
- Distanza iniziale tra le impugnature: circa 40cm
- Spalle rilassate ed impostate nella direzione di corsa
- Bacino libero

***ECCEZIONE AL CONCETTO DI NON SPOSTARE LE MANI:** la mano non dominante, durante la discesa dell'asta e la successiva presentazione, vede ruotare l'asta dentro di sé al fine di facilitare inizialmente il trasporto dell'asta, ed una successiva efficace spinta in fase di caricamento. Proprio per questo, durante la fase iniziale del trasporto dell'asta, la mano non dominante non ha bisogno di stringere l'attrezzo, mentre per la mano dominante si può optare per un'impugnatura aperta o chiusa a seconda del comfort e della mobilità articolare dell'atleta.

2.2 ESERCIZI SUL TRASPORTO DELL'ASTA

- Da posizione di partenza a posizione orizzontale
- Da posizione di partenza a posizione di presentazione
- Combinazioni tra i vari esercizi
- Da fermo o camminando
- Camminata con imitazione degli ultimi 2/4/6 passi e presentazione

Foto 3-4: camminata con asta

Foto 5: camminata con asta orizzontale

Foto 6: presentazione

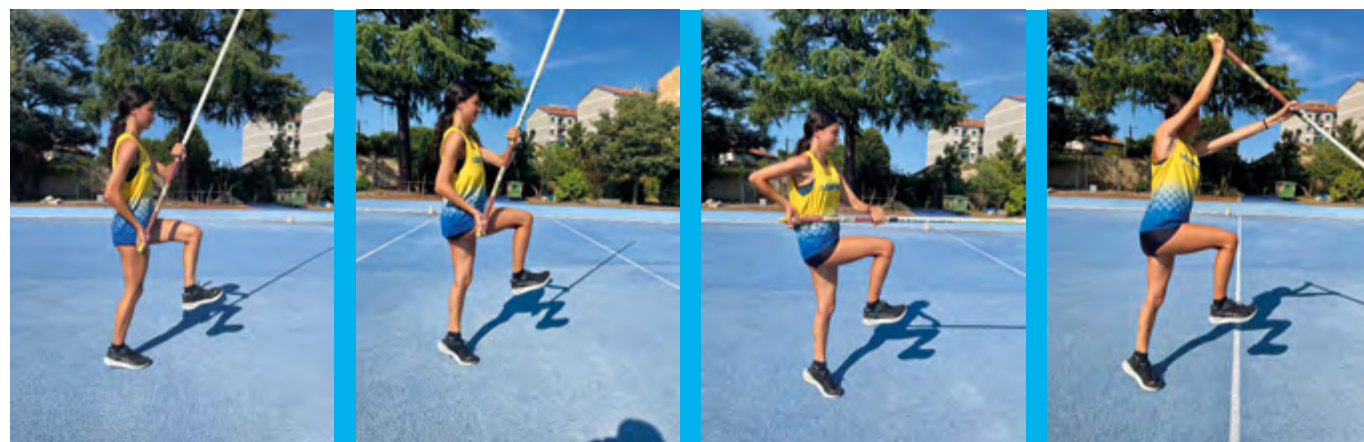


Foto 3

Foto 4

Foto 5

Foto 6

3. STIMOLO DELLA FASE DI VOLO

Difficoltà: media

Velocità/intensità: media

Controllo: alto

In questa fase l'obiettivo è far prendere al nostro giovane atleta dimestichezza con il volo (o meglio, il volteggio) attraverso salti fatti da fermo, a velocità medio-basse, sulla sabbia e/o sul materasso, con i seguenti obiettivi:

- L'asta è un attrezzo da spingere e non da tirare
- Controllare il proprio corpo nello spazio
- Eseguire il volteggio seguendo i tempi corretti
- Guadagnare spazio, prima in lungo e poi in alto

3.1 DALL'ALTO VERSO IL BASSO

Per enfatizzare inizialmente il volteggio con l'asta, la pratica più utilizzata è partire dall'alto (da un plinto, un tavolino o una riviera delle siepi) e cadere verso il basso, generalmente nella buca di sabbia del salto in lungo. Da fermo, con il piede di stacco avanti e l'asta praticamente in verticale, si slancia in avanti il ginocchio dell'arto libero, facendo attenzione a non 'scivolare' troppo presto verso l'avanti con il bacino, curandosi di spingere l'asta con il braccio superiore (dominante) mentre quello inferiore è sì piegato, ma non deve in alcun modo trazione l'asta. L'atterraggio dev'essere a due piedi, con l'obiettivo di arrivare il più lontano possibile e mantenere più a lungo la fase di volo, sempre spingendo l'attrezzo. L'assistenza dell'allenatore (vedi foto) dovrà essere con una mano sull'asta per assecondarne l'avanzamento, e l'altra sul corpo dell'atleta con il fine di prevenire eventuali cadute in caso di esercizio sbagliato.

Foto 7-8-9: sequenza del volteggio dall'alto sulla sabbia

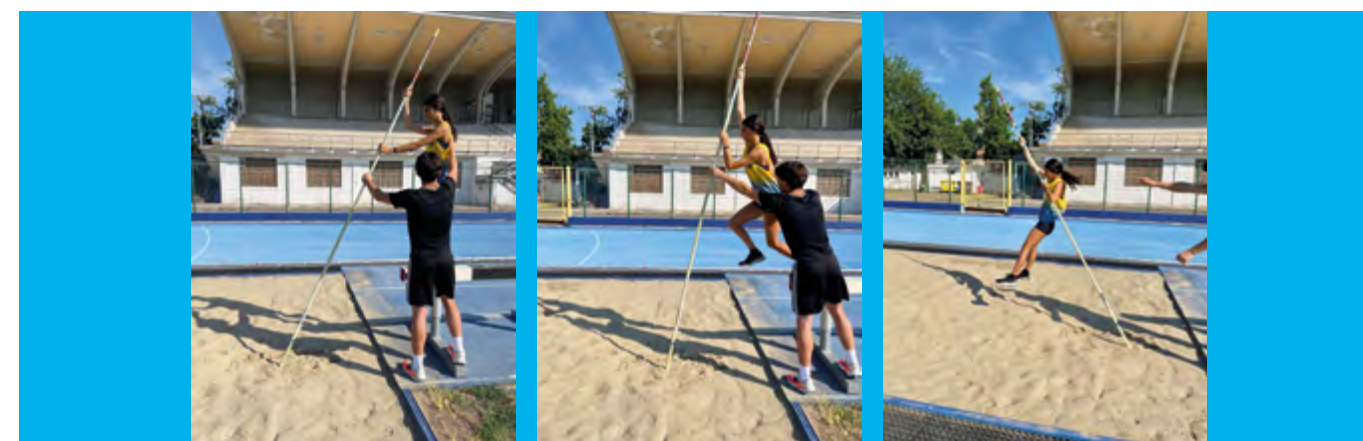


Foto 7

Foto 8

Foto 9

Questo tipo di esercitazione, una volta capito il volteggio, può essere ripetuta nel materasso del salto con l'asta con l'obiettivo di stimolare la fase aerea e il conseguente controllo del corpo in volo, arrivando sul materasso man mano in posizioni diverse (prima seduti, poi distendendo il corpo e arrivare sdraiati supini, poi addirittura fare mezzo avvitamento per giungere sdraiati proni). C'è inoltre la possibilità di mettere anche un piccolo elastico per cominciare a 'giocare' con il valicamento.

Foto 10-11-12: sequenza del volteggio dall'alto sul materasso con atterraggio di schiena



Foto 10

Foto 11

Foto 12

4. PICCOLE RINCORSE SU VARI TERRENI

Difficoltà: medio/alta

Velocità/intensità: media

Controllo: alto

Una volta raggiunto un buon grado di consapevolezza nel rapporto con l'attrezzo e il proprio corpo nello spazio, si può cominciare ad inserire delle piccole rincorse, che daranno velocità e dunque la possibilità di utilizzare impugnature più alte, cosa che fino a questo momento si è potuta fare solo partendo dall'alto. Si potranno utilizzare:

- Pedana del salto in lungo
- Pedana del salto con l'asta
- Corsia o prato

Partendo proprio da quest'ultimo (il prato) si possono utilizzare esercitazioni in cui si adoperano piccole e brevi rincorse imbucando l'asta direttamente sull'erba e volteggiando in avanti con l'asta (vedi foto 13-14-15-16): inizialmente con l'ausilio dell'assistenza e poi - una volta trovate sicurezza e contezza del gesto - da soli e con esercizi ripetuti anche in maniera continua.



Foto 13

Foto 14

Foto 15

Foto 16

Medesimo esercizio nella pedana del salto in lungo (vedi foto) preferibilmente con il seguente iter:

1. Piccole rincorse, anche casuali, con asta sopra la spalla, imbucata nella sabbia e volteggio con assistenza (foto 17-18-19)
2. Piccole rincorse, anche casuali, con partenza dell'asta in posizione orizzontale, presentazione, imbucata nella sabbia e volteggio con assistenza
3. Piccole rincorse, anche casuali, con partenza dell'asta in posizione orizzontale, presentazione, imbucata nella sabbia e volteggio da soli (foto 20-21-22-23)
4. Piccole rincorse con lunghezza codificata (4/6/8 passi) imbucata nella sabbia e volteggio con assistenza
5. Piccole rincorse con lunghezza codificata (4/6/8 passi) imbucata nella sabbia e volteggio da soli

Lo stesso iter si può poi seguire anche nella pedana del salto con l'asta, considerando però l'altezza del materasso che soprattutto all'inizio impedisce un volteggio lungo ed efficace, ma nel quale poi si possono aggiungere le cadute (seduto, sdraiati supini, sdraiati proni) ed il 'gioco' del valicamento che abbiamo già visto in precedenza.

SULLA CORSA E SULLA RINCORSA: LA TECNICA. Dando per scontato che il nostro giovane atleta sia all'interno di un percorso multilaterale e multispecialistico, possiamo immaginare che l'impostazione della corretta tecnica di corsa sia già stimolata a dovere. In questo caso non serve dunque nulla di particolarmente specifico per il salto con l'asta, se non un buon rapporto con l'attrezzo in dinamica. Sarà importante, come del resto per le altre specialità, stimolare il corretto utilizzo dei piedi, l'armonia della progressività della rincorsa, ampiezza e frequenza dei passi e soprattutto il corretto posizionamento dei segmenti corporei, anche e soprattutto il rapporto al trasporto e al movimento dell'asta.

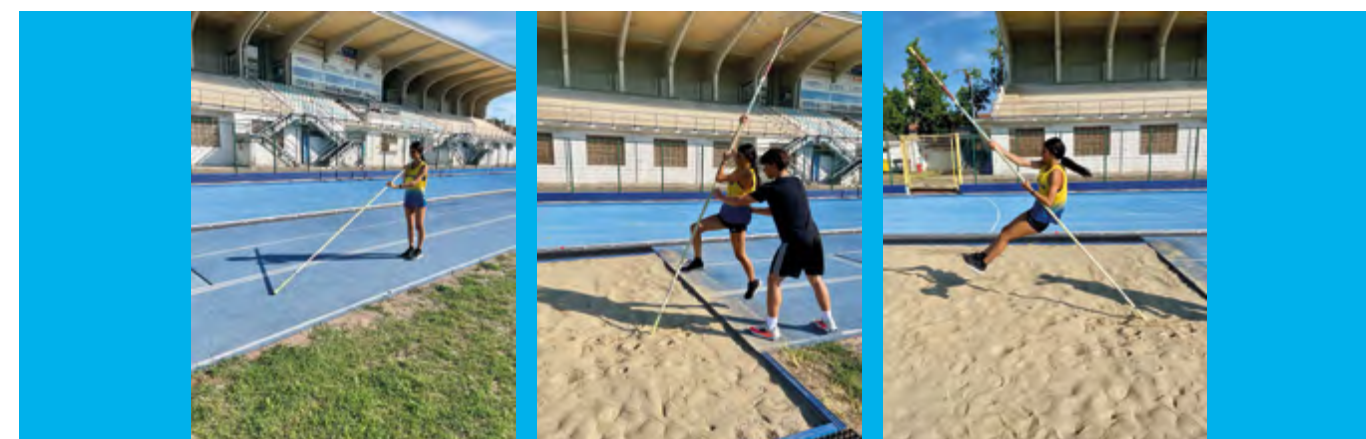


Foto 17

Foto 18

Foto 19



Foto 20

Foto 21

Foto 22

Foto 23

5. INTRODUZIONE AL PIEGAMENTO DELL'ASTA

Difficoltà: alta

Velocità/intensità: media

Controllo: alto

In fisica, il salto con l'asta è la trasformazione di energia cinetica (=rincorsa) in energia potenziale (=caricamento dell'asta). Come possiamo immaginare, il caricamento dell'asta non richiede solo doti di velocità, ma una grande accuratezza tecnica e un ottimo controllo di tutti i segmenti corporei rapportati con l'attrezzo e con la velocità degli ultimi metri che precedono lo stacco e il caricamento dell'asta. Proprio per questo, durante il percorso didattico sarà fondamentale costruire sin da subito le basi per un efficace **caricamento dell'asta**, lavorando sulla **discesa dell'asta**, sulla **presentazione** corretta negli ultimi passi di rincorsa, e naturalmente sulle capacità di **stacco**.

CAPACITÀ DI STACCO NEL SALTO CON L'ASTA: non è la stessa che si richiede (né in termini di preparazione né in termine di angoli di uscita) nel salto in lungo, né tantomeno quella del salto in alto. Nel salto con l'asta c'è di mezzo soprattutto il **corretto rapporto con l'attrezzo** durante l'uscita da terra, con l'obiettivo di essere **solidi in tutti i segmenti corporei** che intervengono (dal basso: articolazione tibio-tarsica; ginocchio; schiena-bacino; spalla; gomito; mano) per trasferire energia in maniera più efficace possibile nel caricamento dell'asta.

Ecco una serie progressiva di esercitazioni proposte:

- Esercizi imitativi di abbassamento dell'asta e presentazione
- Esercizi a bassa intensità di abbassamento dell'asta e presentazione
- Esercizi di piegamento dell'asta da fermo
- Esercizi di piegamento dell'asta con stacco e piccola sospensione (foto 24-25)
- Esercizi di piegamento dell'asta con stacco e sospensione alta (foto 26-27)
- Esercizi di piegamento dell'asta con piccole rincorse sulla sabbia
- Esercizi di piegamento dell'asta con piccole rincorse in pedana



Foto 24

Foto 25



Foto 26

Foto 27

6. GINNASTICA E PREACROBATICA

Difficoltà: media
Velocità/intensità: media
Controllo: alto

Contemporaneamente agli esercizi 'a terra', all'interno della nostra didattica è opportuno cominciare a sviluppare anche la parte **acrobatica**, con vari obiettivi:

- Controllo del corpo nello spazio, sia nella statica che in volo
- Corretto posizionamento dei segmenti corporei nella fase aerea del salto
- Efficace risposta elastica dell'attrezzo dopo il suo caricamento
- Dinamica ed energia durante il valicamento dell'asticella
- Sicurezza

Nella nostra didattica andremo a mutuare molti dei fondamentali della ginnastica artistica, con esercizi a corpo libero e - quando disponibili - con attrezzi complementari.

1. Corpo libero: capovolte, verticale, ruota, rotonda e loro combinazioni (assistenza alla verticale: foto 28-29)
2. Sbarra: sospensione, inversione, infilata, appoggio (assistenza all'infilata alla sbarra: foto 30-31)
3. Fune: stacco e presa, sospensione, infilata
4. Parallele: appoggio, oscillazione, verticale (con assistenza)
5. Anelli: sospensione, inversione, oscillazioni



Foto 28

Foto 29



Foto 30

Foto 31

7. FINALMENTE...SI SALTA!

Difficoltà: alta
Velocità/intensità: alta
Controllo: alto

La sintesi finale del nostro percorso didattico, rispettati naturalmente tempi e procedure, non poteva essere che arrivare a fare il 'vero' salto con l'asta: la rincorsa, l'attrezzo che si flette, l'atleta che supera un'asticella (o un elastico) e l'atterraggio su un materassone. Tutto questo deve rispettare alcuni importanti parametri tecnici:

1. Rincorsa: progressiva, misurata e con un numero di passi tale da poter saltare in sicurezza senza andare 'fuori giri'. In questo caso, in ambito giovanile e promozionale la letteratura suggerisce rincorse di 10/12 passi
2. Corretti tempi di discesa e presentazione dell'asta, così da effettuare un solido stacco e caricamento dell'asta, secondo i modi spiegati nei punti precedenti
3. Corretti tempi di caricamento dell'asta, rovesciamento del corpo e infilata

4. Coordinazione, energia e controllo del corpo durante il rilascio dell'attrezzo/valicamento dell'asticella (o dell'elastico)

DUE PUNTUALIZZAZIONI SUL RILASCIO DELL'ASTA E SUL VALICAMENTO

- **Per la sicurezza:** mai rilasciare l'asta finché non si è sicuri di sapere dove si cade
- Nelle categorie giovanili capita molto spesso che l'asta sia più lunga dell'altezza dell'asticella: non dimenticare mai, quindi, di **rilasciare all'indietro l'attrezzo**

Giunti al termine del nostro percorso didattico, da tecnici non dobbiamo certo dimenticarci da dove siamo partiti, e soprattutto dove vogliamo arrivare. La corretta didattica del salto con l'asta rappresenta in età giovanili un investimento fondamentale per il futuro del nostro saltatore.



Foto 32: Andrea Giannini a 13 anni con il suo allenatore Francesco Ambrogio

8. CONSIDERAZIONI FINALI

Da questo punto di vista, sarà ancora una volta fondamentale la figura dell'allenatore, attraverso tre punti cardine:

- **Conoscenza** – della didattica del salto con l'asta e dei suoi collegamenti con le altre specialità
- **Coerenza** – del percorso da portare avanti
- **Disponibilità** – di tempo e di competenze, nell'anno e negli anni

Il percorso di sviluppo di una saltatrice o un saltatore con l'asta richiede perciò anni di lavoro, svolto da tutti con pazienza e competenza. In questo articolo abbiamo trattato l'introduzione e l'avviamento: un percorso che tutti gli allenatori possono intraprendere. Spetterà poi a loro decidere se lasciare il compito di proseguire a tecnici più specializzati nel salto con l'asta, oppure continuare in questo intenso percorso di sviluppo, con l'obiettivo di costruire i saltatori con l'asta di domani.

9. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Andrea Giannini – *Avviamento al salto con l'asta e capacità coordinative (Atti del workshop di formazione dei tecnici territoriali – Ancona 4 dicembre 2024)*
- Fabio Pileri – *Didattica e formazione nel salto con l'asta (FIDAL – 2020)*
- Gruppo Asta Padova – *Just Jump: saltiamo nei parchi (Padova – 2019)*
- Andrea Giannini – *L'allenamento di un giovane saltatore con l'asta (Benessere.com – 2002)*
- Andrea Giannini – *Evoluzione di un giovane saltatore con l'asta: dal reclutamento all'elevata qualificazione (FIDAL – 2015)*
- Fédération Française d'Athlétisme – *Plans de développement 2013-2025 – Archive FFA*

Si ringraziano le società Atletica Vigevano, Cento Torri Pavia e CUS Pavia e le/gli atlete/i Giorgia Boccalari, Aurora Ragusa e Tommaso Coldesina per il loro prezioso aiuto.





MODELLI EVOLUTIVI DI ASSOCIAZIONISMO SPORTIVO

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.

La Riforma dello Sport del 2021 ha ridisegnato in profondità le regole del gioco per le associazioni e le società sportive dilettantistiche italiane, introducendo un sistema di certificazione — il Registro nazionale delle attività sportive dilettantistiche — che non lascia spazio all'ambiguità: possono farne parte solo gli enti che erogano direttamente attività sportiva ai propri tesserati. Una norma apparentemente chiara, ma che nell'applicazione concreta apre scenari interpretativi complessi, soprattutto per le numerose realtà che nel tempo hanno costruito forme di aggregazione, coordinamento e servizio condiviso tra più soggetti sportivi. È su questo terreno che si inserisce il contributo giuridico qui presentato, che affronta il tema de-

gli enti di secondo livello nel nuovo ordinamento sportivo: cosa sono, perché il Regolamento RAS ne vieta l'iscrizione, e soprattutto come è possibile e lecito costruire modelli organizzativi evoluti che rispondano alle esigenze di scala delle ASD e SSD senza incorrere in nullità, cancellazioni retroattive o perdita di benefici fiscali già fruiti. Un'analisi che non si ferma alla descrizione del quadro normativo, ma indica percorsi praticabili: dai consorzi di servizio all'affidamento operativo temporaneo, fino alle reti d'impresa. Una lettura indispensabile per dirigenti sportivi, consulenti e organismi federali chiamati ogni giorno a governare questa complessità.

Federico Pasquali

A seguito dell'entrata in vigore della Riforma dello Sport (d.lgs. 36/2021 e correttivi), il movimento sportivo dilettantistico italiano è da tempo attraversato da una spinta verso forme di aggregazione, coordinamento e condivisione di servizi tra più enti sportivi dilettantistici, sempre nel rispetto dell'individuazione certa del soggetto che eroga realmente l'attività sportiva ai propri tesserati.

È su questo orizzonte che si colloca il divieto di iscriverne al Registro nazionale delle attività sportive dilettantistiche (RAS) gli enti di secondo livello sancito dal Regolamento stesso del RAS.

Comprendere la portata di questo divieto e il suo rapporto con il requisito dell'affiliazione di cui all'art. 5, co. 1, punto (ii), lett. b) del Regolamento RASD è la chiave per costruire modelli organizzativi evolutivi che siano, al tempo stesso, efficienti e pienamente conformi.

IL FENOMENO DELL'ASSOCIAZIONISMO DI SECONDO LIVELLO

Occorre sin da subito chiarire che per associazionismo di secondo livello si intende l'aggregazione di più enti di base (associazioni e società sportive dilettantistiche, di seguito ASD/SSD) in una struttura sovraordinata che ne coordina l'attività, ne rappresenta gli interessi, oppure eroga loro servizi comuni: contabilità, formazione dei quadri tecnici, gestione di impianti, organizzazione di campionati, tesseramento accentrato.

Si tratta di un fenomeno fisiologico e diffuso: leghe, comitati territoriali, consorzi di scopo, reti d'impresa e associazioni di associazioni nascono per rispondere a esigenze di scala che la singola ASD/SSD, di piccole dimensioni, difficilmente riesce a soddisfare da sola. Questo modello organizzativo, pienamente legittimo sul piano generale del diritto associativo, non è però compatibile con l'iscrizione al RAS.

Il Registro, infatti, certifica la natura sportiva dilettantistica dell'attività svolta da un ente che eroga in via principale, e direttamente, sport ai propri tesserati, pertanto esclude gli enti che si limitano a coordinare, rappresentare o servire altri enti sportivi.

IL QUADRO GIURIDICO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La cornice primaria è data dal d. lgs. 28 febbraio 2021, n. 36 (la cd. "Riforma dello sport"), il cui art. 6 individua le forme giuridiche che un ente sportivo dilettantistico può assumere (associazione riconosciuta o non riconosciuta, società di capitali o cooperativa senza scopo di lucro), e il cui art. 10 disciplina l'affiliazione quale presupposto del riconoscimento ai fini sportivi da parte di un Organismo sportivo (Federazione Sportiva nazionale, Disciplina sportiva associata, Ente di promozione sportiva, con i corrispondenti omologhi paralimpici).

Il d. lgs. 28 febbraio 2021 n. 39 ha istituito, agli artt. 5 e 13, il Registro nazionale delle attività sportive dilettantistiche presso il Dipartimento per lo Sport della Presidenza del Consiglio dei Ministri, affidandone la gestione operativa e le funzioni ispettive a Sport e Salute S.p.A.

Il RAS, come chiarito dall'art. 1, co. 3 del Regolamento attuativo, sostituisce a ogni effetto il precedente Registro CONI ed è l'unico strumento certificatore della natura dilettantistica dell'attività, condizione necessaria per l'accesso a benefici e contributi pubblici in materia di sport.

Il Regolamento vigente, approvato con decreto del Capo del Dipartimento per lo Sport, in sostituzione di quello del 27 marzo 2023, disciplina in modo puntuale la tenuta, la conservazione e la gestione del Registro, nonché i requisiti soggettivi e oggettivi per l'iscrizione (art. 5) e la relativa procedura (art. 6).

I REQUISITI DI ISCRIZIONE AL RAS PER OTTENERE LA QUALIFICA DI ENTE SPORTIVO DILETTANTISTICO

L'art. 5, co. 1, del Regolamento subordina l'iscrizione al possesso cumulativo di due categorie di requisiti:

- (i) la forma giuridica e il contenuto minimo dello statuto che deve contenere la finalità sportiva nella denominazione, e nell'oggetto sociale imperniato sull'organizzazione stabile e principale di attività sportiva dilettantistica.
- (ii) L'attività istituzionale concretamente svolta dall'ente dilettantistico nel sistema sportivo.

Il Regolamento all'art. 5 richiede che l'ente:

- a) abbia sede legale in uno Stato UE o equiparato e una sede operativa idonea in Italia;
- b) abbia instaurato un valido rapporto di affiliazione con un Organismo sportivo, salvo quanto previsto dall'art. 6, co. 2 del Regolamento;
- c) non sia un'associazione o società di secondo livello, né a esse assimilabile;
- d) non costituisca, a nessun titolo, un'articolazione territoriale dell'Organismo sportivo di appartenenza, salvo il Centro Universitario Sportivo Italiano - CUSI;
- e) svolga un'effettiva e comprovata attività sportiva, didattica e/o formativa, da comunicare entro 180 giorni dalla domanda;
- f) abbia adottato norme statutarie conformi, con un numero di tesserati coerente con la disciplina praticata.

Le lettere b) e c) dell'art. 5 vanno lette in combinato disposto e rappresentano le due facce della stessa medaglia.

La lett. b) individua il presupposto positivo dell'iscrizione, ossia l'affiliazione a un Organismo sportivo riconosciuto; la lett. c) individua il limite negativo, ossia il tipo di ente che, pur potendo vantare una qualche forma di affiliazione o di riconoscimento, non può in ogni caso accedere al RAS perché strutturalmente privo del rapporto diretto con i propri tesserati.

IL DIVIETO DI ISCRIZIONE DEGLI ENTI DI SECONDO LIVELLO (ART. 5, CO. 1, LETT. C)

Il Regolamento non si limita a vietare l'iscrizione delle associazioni o società di secondo livello, ma ne fornisce, a titolo esemplificativo e non esaustivo, tre indici sintomatici, la cui ricorrenza, anche disgiuntamente, qualifica l'ente come assimilabile a un ente di secondo livello:

- 1) lo svolgimento di attività di affiliazione o aggregazione per conto dell'Organismo sportivo di affiliazione;
- 2) l'organizzazione di attività sportiva, didattica e/o formativa in proprio o per conto dell'Organismo sportivo di affiliazione, salvo i casi di affidamen-

to operativo temporaneo per singoli eventi la cui titolarità appartenga o sia riconosciuta dall'Organismo sportivo medesimo;

- 3) l'esercizio di attività amministrativo-contabile, di attività correlata alla giustizia sportiva o di altra attività di puro servizio dell'Organismo sportivo di affiliazione.

Ciò in ragione della funzione stessa del RAS che certifica la natura sportiva dilettantistica dell'attività svolta dall'ente (art. 1, co. 3, del Regolamento), non la sua mera capacità organizzativa o rappresentativa. Un ente associativo che non eroga direttamente sport ai propri tesserati, ma svolge funzioni di intermediazione, di servizio o di supporto amministrativo per altre ASD/SSD, non possiede quel rapporto diretto con l'attività sportiva che il legislatore richiede quale condizione per l'accesso a benefici e contributi pubblici.

È importante sottolineare che il Regolamento non vieta, in sé, l'esistenza di simili enti di coordinamento o di servizio, bensì ne vieta esclusivamente l'iscrizione al Registro nella qualità di ente sportivo dilettantistico.

Ad esempio, un consorzio di ASD che gestisce la contabilità condivisa dei propri consorziati, o una lega che organizza il campionato per conto della Federazione, restano pienamente legittimi sul piano generale del diritto societario e associativo, tuttavia non potranno mai qualificarsi, né essere qualificati, come enti sportivi dilettantistici ai sensi del d. lgs. 36/2021, con tutto ciò che ne consegue in termini di accesso a contributi pubblici, esenzioni fiscali di settore e riconoscimento CONI/CIP.

MODELLI EVOLUTIVI COMPATIBILI: COME STRUTTURARE L'AGGREGAZIONE SENZA INCORRERE NEL DIVIETO

La domanda che ora si pone, sul piano operativo, è come conciliare le esigenze di aggregazione ed economia di scala delle ASD/SSD con il divieto regolamentare.

L'esperienza professionale suggerisce alcuni modelli evolutivi percorribili:

- a) un soggetto giuridico costituito, ad esempio, in forma di consorzio, rete d'impresa o semplice associazione di secondo livello, può legittimamente erogare alle ASD/SSD consorziate servizi di natura amministrativa, contabile, formativa o impiantistica, a condizione che il proprio oggetto sociale sia rigorosamente limitato alla prestazione di tali servizi strumentali e non comprenda, nemmeno indirettamente, l'organizzazione in proprio di attività sportiva, l'affiliazione o l'aggregazione per conto dell'Organismo, né funzioni di giustizia sportiva. In questo scenario, il consorzio non richiede né potrebbe ottenere l'iscrizione al RASD.



- b) Il Regolamento del RAS individua un'area di compatibilità, quando prevede che l'organizzazione di attività sportiva per conto dell'Organismo non sia indice di secondo livello nei soli casi di **affidamento operativo temporaneo** per singoli eventi, purché la titolarità dell'evento appartenga o sia riconosciuta dall'Organismo sportivo medesimo. Un ente sportivo dilettantistico regolarmente affiliato e iscritto al RASD può quindi ricevere, senza pregiudizio per il proprio status, l'incarico occasionale di organizzare una singola manifestazione per conto dell'Organismo o di numerose ASD/SSD, restando ferma la natura episodica e non sistematica di tale affidamento.

LE CONSEGUENZE DELLA NON CONFORMITÀ: NULLITÀ E CANCELLAZIONE

Il Regolamento sancisce la nullità dell'iscrizione qualora, all'esito dei controlli svolti dal Dipartimento per lo Sport tramite Sport e Salute S.p.A., non risulti dimostrato il possesso, fin dal momento dell'iscrizione, di tutti i requisiti di cui agli artt. 5 e 6.

La nullità è dichiarata con provvedimento motivato e determina la cancellazione dell'ente con efficacia retroattiva alla data dell'avvenuta iscrizione (art. 8, co. 2): un effetto potenzialmente assai gravoso, che può travolgere contributi pubblici già percepiti e agevolazioni fiscali già fruite in ragione della insussistente qualifica di ente sportivo dilettantistico.

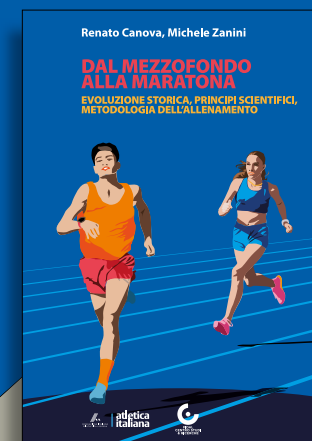
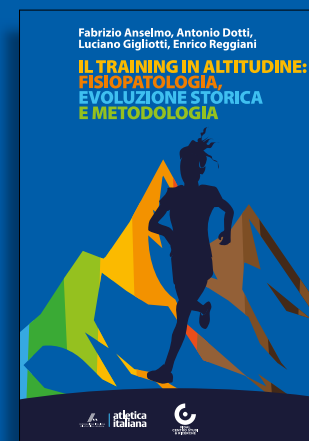
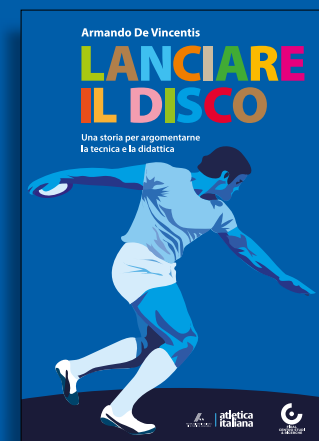
Se il requisito viene meno successivamente all'iscri-

zione, ad esempio perché un ente, originariamente conforme, evolve nel tempo verso funzioni di mero servizio o di aggregazione per conto dell'Organismo o di alcune ASD/SSD, e la carenza non è sanata entro sette giorni dalla richiesta del Dipartimento, l'iscrizione è annullata con efficacia dalla data del venir meno del requisito (art. 8, co. 3).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'evoluzione dell'associazionismo sportivo dilettantistico verso forme aggregate di coordinamento e di servizio è un fenomeno che risponde a esigenze reali di efficienza organizzativa ed economica.

Il Regolamento RAS non lo ostacola, ma lo colloca correttamente al di fuori del perimetro del Registro in quanto la certificazione della natura sportiva dilettantistica resta riservata a chi eroga, direttamente e in proprio, attività sportiva ai propri tesserati, in forza di un valido e autonomo rapporto di affiliazione. Occorre condividere la progettualità e la visione di un centro servizi con una moltitudine di ASD/SSD, e solo dopo aver chiarito ogni aspetto operativo valutare congiuntamente, tra più società sportive, l'opportunità di costituire un ente associativo di secondo livello che non andrà iscritto al RAS, né affiliato, e che potrà risultare comunque utile ai fini dei servizi effettuati verso le ASD/SSD socie per il raggiungimento dell'efficientamento organizzativo e di economie di scala; ovviamente non potranno essere applicati i benefici fiscali previsti per chi è parte dell'ordinamento sportivo.



I Valori della Cultura, il Valore dell'Atletica

ATLETICASTUDI & LA SUA BIBLIOTECA

COLORO CHE DESIDERANO ACQUISTARE I LIBRI DEVONO VERSARE L'IMPORTO DI EURO 20,00 (15,00 + 5,00 SPESE DI SPEDIZIONE) SUL CONTO CORRENTE ORDINARIO BNL (IBAN IT 29Z 01005 03309 000000010107) INTESATATO A FEDERAZIONE ITALIANA DI ATLETICA LEGGERA SPECIFICANDO NELLA CAUSALE: "LANCIARE IL DISCO" O "IL TRAINING IN ALTITUDINE: FISIOPATOLOGIA, EVOLUZIONE STORICA E METODOLOGIA" O "MANUALE DELL'ALLENAMENTO GIOVANILE" O "MANUALE DI ALLENAMENTO E DELL'ATTIVITÀ FISICA NELLE FASCE DI ETÀ MASTER" - Volume Primo O "MANUALE DI ALLENAMENTO E DELL'ATTIVITÀ FISICA NELLE FASCE DI ETÀ MASTER" - Volume Secondo

OPPURE

VERSARE L'IMPORTO DI EURO 40,00 (35,00 + 5,00 SPESE DI SPEDIZIONE) SPECIFICANDO NELLA CAUSALE: "DAL MEZZOFONDO ALLA MARATONA".

I prezzi indicati comprendono anche il costo della spedizione via corriere espresso per il singolo libro (5 Euro).

Per acquisti multipli si prega contattare preventivamente gli uffici per quantificare le spese di spedizione.

Inviare la ricevuta di pagamento all'indirizzo mail: centrostudi@idal.it, specificando nome, cognome e indirizzo completo per l'inserimento del nominativo nell'indirizzario.



**atletica
italiana**

