

AS

atleticastudi

ISSN 3035-3777
(stampa)

ISSN 3035-4242
(elettronico)

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

4/2025
ottobre-dicembre



BEAMON, LEWIS & C.

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



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 4/2025 - ottobre-dicembre 2025

Presidente
Stefano Mei

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

Segretario Generale
Alessandro Londi

Centro Studi & Ricerche
Direttore Giuliano Grandi
Vice Direttore Francesco Uguagliati

Direttore responsabile
Massimo Benedetti

Direttore editoriale
Giuliano Grandi

Capo redattore
Federico Pasquali

Redazione
Massimo Benedetti, Francesco Cuccotti,
Giuliano Grandi

Progetto grafico e coordinamento redazionale
Monica Macchiaioli

Impaginazione
Ugo Micheli

Fotografie
Archivio FIDAL, Colombo/FIDAL, Grana/FIDAL,
Gulberti/FIDAL, GP, Shutterstock, Freepik

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

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

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

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

Finito di stampare nel mese di dicembre 2025.

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

14
ANALISI DELLE CORRISPONDENZE E IL SALTO IN LUNGO, APPLICAZIONI IN MATLAB
Federico Lorenzo Bruno, Samuel Manzini. Relatore: Marco Riani

24
SARCOPENIA E ATTIVITÀ ATLETICA MASTER: VARIAZIONI MORFOLOGICHE E FISIOLOGICHE
Fabrizio Anselmo, Antonio Dotti

42
100 OSTACOLI: ITALIA VS EUROPA
Antonio Dotti, Ezio Madonia

50
GENESI DELLO STUDIO BIOMECCANICO NELLA TECNICA DEI SALTI
Giorgio Fracchia. Tutor: Stefano Serranò

74
L'EFFICIENZA NELLE STAFFETTE 4×100: ANALISI STATISTICA DELLE FINALI OLIMPICHE DAL 1996 AL 2024
Alessandro Lubisco, Lucio Polito

MANAGEMENT SPORTIVO

102
PREMI SPORTIVI: CHIARIMENTI DELL'AGENZIA DELL'ENTRATE
Biagio Giancola, Letizia Di Nicolantonio

106
ASSICURARSI PER CORRERE SERENI
La copertura assicurativa FIDAL 2025-2026 e la cultura della sicurezza nello sport
Alessandro Londi

112
SOCIETÀ ALLO SPECCHIO
ASD FREELANCE AZ
Salvatore Leonardi

SPORT E BENESSERE

116
PILLOLE DI NURIZIONE #4
NUTRIRE IL FUTURO DELLO SPORT
Alimentazione consapevole per sostenere la crescita dei giovani atleti
Francesca Giuliani

Il saluto del Presidente FIDAL



Stefano Mei
Presidente della Federazione
Italiana di Atletica Leggera

Care lettrici, cari lettori,
ritrovare *AtleticaStudi* tra le nostre mani è sempre un momento speciale: non solo perché questa rivista rappresenta il punto d'incontro tra ricerca, tecnica e passione sportiva, ma perché ci ricorda quanto l'atletica italiana continui a essere viva, curiosa e capace di interrogarsi su se stessa.

Scienza, tecnica e didattica — i tre cardini di questo numero — non sono parole astratte: sono i tre motori che spingono il nostro sport a crescere con equilibrio. La scienza, perché ci aiuta a comprendere i meccanismi più profondi del movimento umano, traducendo dati e numeri in conoscenza utile. La tecnica, perché è il linguaggio attraverso cui quella conoscenza prende forma, migliorando gesti, allenamenti, strategie. La didattica, infine, perché solo condividendo il sapere possiamo farlo diventare patrimonio comune, trasmettendolo ai tecnici, agli insegnanti, agli atleti e a tutti coloro che vivono l'atletica ogni giorno.

In questo numero si incontrano temi che raccontano bene la varietà del nostro mondo: dagli studi sul salto in lungo e sulla biomeccanica, alle analisi sulle staffette olimpiche, fino alle riflessioni sull'attività master e sulla sarcopenia, che ci ricordano come l'atletica accompagni l'intero arco della vita. E poi ancora la prospettiva educativa dell'atletica giovanile e scolastica, il management sportivo come strumento di crescita organizzativa, e un'attenzione sempre più necessaria alla nutrizione e al benessere.

Sono argomenti diversi, ma tutti legati da un filo comune: la voglia di capire, di approfondire, di innovare. È questo lo spirito che vorrei caratterizzasse sempre la nostra Federazione: un luogo dove la tradizione incontra la ricerca, dove l'esperienza di chi è cresciuto sui campi si arricchisce grazie all'apporto di chi studia nei laboratori e nelle università.

AtleticaStudi è, in fondo, una palestra anche per le idee. Ogni articolo, ogni ricerca, ogni riflessione contribuisce a rafforzare quella cultura sportiva che è la base di ogni progresso. E sapere che tanti tecnici, studiosi e appassionati mettono tempo ed energie per alimentare questo dibattito è un segno di grande vitalità.

A tutti voi, lettori e abbonati, il mio ringraziamento per l'interesse, la fiducia e la curiosità con cui seguite la rivista. Continuate a leggere, a studiare, a confrontarvi: perché l'atletica leggera non è solo un insieme di risultati e prestazioni, ma una continua ricerca di equilibrio tra corpo, mente e conoscenza.

Buona lettura, e buon lavoro a chi ogni giorno contribuisce a far crescere la nostra disciplina in pista, in pedana, nelle aule e nei laboratori.

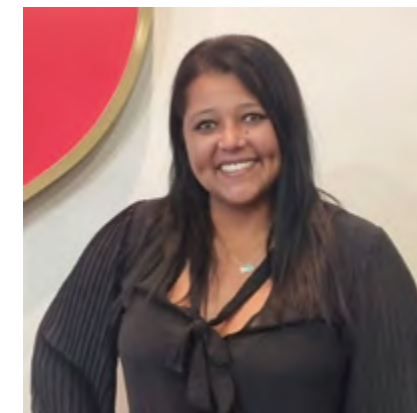
Presentazione



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

Il Consiglio federale, nel corso delle recenti riunioni ha assunto importanti decisioni per l'ulteriore crescita del proprio Centro Studi & Ricerche, portando a tre il numero dei Consiglieri federali (che firmano collegialmente questa presentazione) delegati a questo asset strategico, ed affiancando al Direttore Giuliano Grandi la prestigiosa figura di Francesco Uguagliati, già Direttore Tecnico e Scientifico della FIDAL, Presidente uscente del Comitato Regionale Veneto della FIDAL, nonché profondo conoscitore delle problematiche connesse con il vasto mondo universitario, al quale è stata affidata appunto la competenza sulla formazione e l'aggiornamento dei tecnici unitamente ai rapporti con le università. L'assegnazione di un'ulteriore risorsa umana agli uffici deputati all'attuazione dei progetti e all'operatività burocratica e amministrativa conferma la volontà di investire sul Centro Studi & Ricerche, alla quale ha fatto seguito la decisione del Segretario generale di assumerne direttamente la competenza gestionale, in considerazione del carattere di trasversalità che caratterizza questo strumento di promozione culturale.

Vale la pena richiamare alcuni aspetti innovativi sui quali si è immediatamente concentrata l'attenzione dei vertici federali e l'impegno della struttura del Centro Studi & Ricerche.

La prima novità riguarda, senza ombra di dubbio, il "Primo corso di formazione per dirigenti", magistralmente organizzato da Laura Strati, nuova importante risorsa federale, riservato ai Consiglieri federali, ai Presidenti e Consiglieri regionali, svoltosi in due tappe: la prima a Roma, dal 17 al 19 ottobre, e la seconda a Formia, dal 21 al 23 novembre 2025. Questo progetto, ufficialmente certificato dalla Scuola dello Sport, con il rilascio finale di un importante attestato di partecipazione, proseguirà con altri moduli di approfondimento per le strutture apicali federali per proiettarsi successivamente sul territorio, avviando di fatto il percorso di formazione e aggiornamento dei dirigenti sportivi per l'intero triennio 2026-2028.

Il Consiglio federale, ha esaminato e approvato anche il nuovo Regolamento dei tecnici, che sarà affiancato da specifiche "Norme attuative", aventi il duplice obiettivo di ottemperare ai rilievi formulati dal CONI sulla precedente stesura, integrandolo con alcuni ulteriori interventi sostanziali che ne attualizzano l'efficacia dal punto di vista della formazione e dell'aggiornamento.

Un primo aspetto riguarda l'ufficializzazione del 4° livello (CONI-FIDAL) e l'adesione formale allo SNAQ, sia per la parte attinente ai format didattici dei vari livelli, sia per ciò che concerne il percorso di abilitazione ad esercitare il ruolo, sia per il metodo di attribuzione dei crediti formativi strettamente connessi con il percorso di formazione continua. A ciò è collegata la conferma dell'Albo dei formatori tecnici nazionali e territoriali e dell'elenco degli esperti.



Convention nazionale tecnici,
Ancona 2025

In considerazione delle sempre più pressanti aspettative e ravvisando la necessità di intervenire con maggiore incisività sulla professionalizzazione dei tecnici che si occupano dell'attività giovanile e di quella degli adulti/anziani, sono stati introdotti percorsi di approfondimento e specializzazione riservati al secondo livello (allenatori).

Una rilevante novità di questo Regolamento sta nella volontà di riscrivere un nuovo e più moderno rapporto con il mondo universitario, non tanto per la doverosa soppressione del riconoscimento automatico del ruolo di primo livello (istruttore) alle facoltà in possesso dei requisiti finora richiesti (circostanza bocciata dal CONI), quanto per instaurare con ciascuna di esse, in relazione alle rispettive finalità e percorsi didattici, un vera partnership che vada oltre gli aspetti puramente burocratico-formali del riconoscimento del titolo di tecnico federale. Gli aspetti sui quali occorre sviluppare la collaborazione con le varie università italiane sono molteplici e tutti di reciproco interesse, valorizzati dalla sinergia che può scaturire dall'approccio scientifico del mondo accademico e dalla concreta possibilità di trasferire le conoscenze in prassi concrete ed in posti di lavoro sportivo, giorno per giorno certificato dall'incremento esponenziale di partecipazione ai corsi di formazione e aggiornamento federali. Come dimostrano alcuni pregevoli articoli pubblicati su *AtleticaStudi* (anche su questo numero), la contaminazione positiva tra i paradigmi scientifici che accomunano il quotidiano lavoro di scienziati e studiosi e la prassi da campo degli operatori sportivi, in particolare i tecnici, apre scenari nuovi e imprevisi per la crescita e la competitività del "Sistema Paese".

È anche per questo motivo che *AtleticaStudi* non può rinunciare al proprio ruolo di network culturale, ma anzi deve rivendicarne la funzione, anche se talvolta gli sforzi compiuti sono superiori ai riscontri avuti.



EDITORIALE

Giuliano Grandi

Con questo numero si chiude un biennio di pubblicazioni della nuova serie di AtleticaStudi. Otto numeri (1174 pagine e 96 articoli) interamente a colori e quattro supplementi, anch'essi a colori. Un obiettivo mantenuto, grazie al convinto sostegno del Presidente Mei e dell'intero Consiglio federale. Un periodo, tuttavia, non privo di difficoltà ed ostacoli, certamente non nuovi per coloro che si occupano professionalmente e da tempo di editoria (soprattutto di indirizzo sportivo), inaspettati per i pochi volenterosi che hanno colto da subito questa sfida impegnandosi concretamente per vincerla.

Mutuando dalla mitologia classica l'immagine dell'Araba Fenice, noto uccello mitologico che simboleggia la rinascita e la resilienza, la capacità di risorgere dalle proprie ceneri dopo un periodo di distruzione e fallimenti, per declinare la nuova visione di un moderno Centro Studi & Ricerche, si pecca forse di presunzione ma si coglie nel segno interpretando la rinnovata presenza, sia all'interno della Federazione (centrale e territoriale) sia nell'ambito del tessuto associativo del "Movimento Atletica", di tanti "Centri Studi", sorretti dal comune desiderio di contribuire alla crescita ed alla competitività del "Sistema Atletica".

In effetti, facendo una breve rassegna dei numerosi eventi di formazione, ricerca, documentazione che si sono moltiplicati a livello territoriale, si deve doverosamente esprimere un indiscutibile compiacimento per l'intraprendenza dei vari "Circoli di interesse" che li hanno promossi ed organizzati. L'utilizzo del web, affermatosi prepotentemente nel periodo del dramma sociale della pandemia del

Foto di Nicolò Montanari

Covid 19, ha spianato la strada ad un moltiplicarsi di iniziative on line, contrassegnate da bassi costi ed elevate adesioni. Tantissime parti di saperi, di prassi, di esperienze si sono ripetutamente alternate. Tuttavia, considerate singolarmente, esse non sono in grado di dare una visione d'insieme e condivisa del "Modello culturale" di un Centro Studi & Ricerche, che ha compiuto da tempo i 50 anni di vita, corroborato dall'attuale ambizione di elevarsi a stimolo del sistema sportivo italiano, ma tuttora privo di una leadership condivisa e di una legittimazione formale. Dopo tutto questo tempo è giunto il momento di dotare il Centro Studi & Ricerche di un regolamento, finalizzato a disciplinarne le funzioni e a valorizzare il ruolo di trasversalità che per definizione gli dovrebbe competere.

Vale la pena ricordare che un'analisi accuratissima di tante parti di conoscenze, prese separatamente non saranno mai in grado di fornire un'adeguata interpretazione dell'intero sistema di cui fanno parte. Questo principio che sta alla base del "pensare sistemico" si sta sempre di più affermando nel complesso mondo biologico, con forti implicazioni in tutte le prestazioni sportive. Il fattore determinante e qualificante sta nella qualità delle relazioni che si instaurano tra le tante espressioni del "sapere", nella

Presentazione Progetti FIDAL,
Roma 2023



volontà di coniugare la ricerca dell'eccellenza individuale con l'affermazione dell'eccellenza collettiva, nella reale capacità di favorire una positiva contaminazione tra ciascuna di esse, nell'arricchimento che deriva da un libero e documentato confronto di idee, non solo in occasione dei numerosi appuntamenti formali ma soprattutto nella quotidiana dialettica professionale o informale.

Questo ragionamento vale anche per delineare un quadro di riferimento e per rispondere alla domanda: qual è l'identità culturale attuale del Centro Studi & Ricerche della FIDAL?

Prima di cercare di dare una risposta soddisfacente a questo quesito è bene puntualizzare che cosa non è o non deve essere. Il Centro Studi & Ricerche non è una roccaforte culturale, tra le cui mura sono asserragliate intoccabili certezze, non è un baluardo del pensiero unico da spalmare sul territorio, non è un burocratico depositario del "verbo tecnico" per indottrinare una base ignorante.

È esattamente il contrario. Certamente è un presidio federale deputato istituzionalmente alla formazione e all'aggiornamento delle varie categorie federali, in particolare tecnici e dirigenti sociali. Deve necessariamente ascrivere alle proprie competenze il quotidiano lavoro di promozione culturale, non solo

per soddisfare i bisogni impliciti ed espliciti manifestati dagli utenti ma soprattutto per stimolare e sollecitare i nebulosi bisogni latenti, veri artefici del cambiamento culturale. Un costante lavoro di produzione e condivisione documentale, con doverose aperture alle produzioni straniere, rappresenta un obiettivo non ancora raggiunto, avendo dovuto affrontare problemi più immediati ed urgenti. Infine la ricerca. Immaginare la ricerca in termini puramente tecnici, per altro circoscritta alle concrete disponibilità economiche e strumentali della Federazione, appare una strada ambiziosa ma riduttiva. Occorre promuovere, come si sta cercando di fare, reali partnership con Università, Istituzioni e Centri privati, individuando tematiche di comune interesse e condividendo i reciproci know how, anche su argomenti che non appaiano direttamente utili ai fini pratici. Tuttavia fermarci a questo punto sarebbe superficiale e incompleto, considerata la complessità del sistema su cui si vuole incidere, valutato il multiforme aspetto del contesto socio-economico con il quale si interagisce, accertato il carattere empirico di tutte le attività, anche se sorrette da nobili approcci scientifici.

Il Centro Studi & Ricerche deve dare concreta attuazione alla linea più volte espressa dal Presidente Mei "l'atletica traina tutto lo sport", qualificandosi come baricentro culturale di riferimento del movimento atletico italiano senza per questo chiudersi in sé stesso, nelle proprie momentanee certezze, in una inutile autoreferenzialità, aprendosi invece con spontanea curiosità e sincera umiltà al mondo esterno, mettendosi continuamente in discussione, spinto dalla volontà di creare una contaminazione positiva con i numerosi circoli culturali presenti sul territorio, anch'essi impegnati a rispondere alla complessa e variegata gamma di bisogni di questa società. In questo periodo di crisi paradigmatica socio-economica e scientifica, lo sport può rappresentare la chiave di lettura per la costruzione di nuovi paradigmi, incentrati sulla ricerca di un benessere equo-sostenibile.

AtleticaStudi come si colloca in questa visione? Molto semplicemente si caratterizza come "Hub del pensare sistemico", cioè come network di connessione delle molteplici reti delle idee, dei saperi, delle competenze, delle esperienze, delle prassi, non solo del "Movimento atletica" italiano, ma anche, più in generale, degli ambienti culturali (club, circoli di interesse) sorretti dal medesimo desiderio di reciproche contaminazioni positive, cioè una sorta di "Laboratorio" del pensiero sportivo (nella più ampia accezione del termine) e un motore di qualità relazionale. L'elevato numero di contributi editoriali originali di tecnici, studiosi e scienziati italiani, spesso più apprezzati all'estero che in Italia (del resto nessuno è profeta in patria), conferisce alla nostra



Convention nazionale tecnici,
Ancona 2025

rivista un marchio di qualità e di innovazione. Per declinare questo concetto e rendere meglio l'idea si possono utilizzare varie terminologie utilizzate nel mondo scientifico e universalmente adottate per necessità di sintesi dell'attuale sistema comunicativo. Un termine in uso, ad esempio, nel mondo della comunicazione scientifica e digitale è "sharing", cioè condividere, ad esempio un testo, un'idea, un file, ecc. Un altro termine che rende ancora meglio l'idea di ciò che vuole essere *AtleticaStudi* si può prendere dal mondo biologico o chimico: enzima (proteina che accelera le reazioni chimiche negli organismi viventi agendo come catalizzatore biologico o catalizzatore, sostanza che accelera una reazione chimica o ne influenza il decorso senza essere consumata nel processo). In sostanza, ***AtleticaStudi deve essere un catalizzatore culturale capace di favorire l'azione di sharing (condivisione) tra tutte le componenti culturali del "Sistema Atletica".***

Questo obiettivo, semplice da enunciare, diventa complesso se rapportato all'attuale contesto comunicativo contemporaneo, esasperato dal dirompente affermarsi dell'universale (talvolta approssimativo) utilizzo delle nuove tecnologie, contaminate dall'indiscriminato asservimento al "doping tecnologico" dell'intelligenza artificiale generativa, alla quale sempre più spesso si ricorre per pigrizia e/o impreparazione, rinunciando alla creatività propria degli esseri biologici.

Per fortuna, nel Sistema Sportivo Italiano esiste un "paese reale", sostenuto in grandissima parte da un volontariato sportivo entusiasta ma non adeguatamente formato ed aggiornato, costretto tuttavia a confrontarsi quotidianamente con problemi concreti ai quali occorre dare risposte specifiche e immediate, sorretto dalla prassi e dall'esperienza più che dalla scienza.

Un'accuratissima e approfondita indagine pubblicata dall'ISTAT nel 2014, ha fornito numerosi dati di grande interesse relativi alle Istituzioni non profit,

raccolte in occasione del censimento dell'industria e servizi del 2011, in molti casi accolti con noncuranza o superficialità. Ricordiamone alcuni.

Il volontariato nel settore del non profit italiano annovera 4,758 milioni di volontari (+43,5% rispetto al 2001), 301 mila Istituzioni non profit (+28% rispetto al 2001), delle quali 243mila hanno volontari in organico (+10,6% rispetto al 2001). Nell'ambito dei vari settori di attività del non profit i volontari impegnati nella cultura, sport e ricreazione rappresentano il 59,2% del totale, con un valore assoluto di 2,815 milioni, dei quali il 66,6% sono uomini e il 33,4% donne, il 65,2% ha un'età compresa tra i 30 ed i 64 anni, il 70,6% ha almeno un diploma o una laurea, il 55,4% ha un'occupazione ed il 27,8% si è ritirato dal lavoro. Oltre l'80,6% delle associazioni non profit in questo settore di attività funziona grazie soltanto alla presenza o prevalenza di volontari.

I dati diffusi dall'ISTAT il 10 ottobre 2025, riguardanti la struttura ed i profili del settore non profit relativi all'anno 2023 confermano questo trend positivo, con un incremento delle associazioni attive in Italia attestate su un valore assoluto di 368.367, che complessivamente impiegano 949.200 dipendenti, con significativi incrementi percentuali da un anno all'altro, sia nel numero di associazioni che in quello dei dipendenti.

Il settore dello sport raccoglie il numero di istituzioni non profit più elevato (32,3%), seguito da quelli delle attività ricreative e di socializzazione (16,6%), delle attività culturali e artistiche (15,4%), dell'assistenza sociale e protezione civile (9,4%). I dipendenti crescono, pur presentando valori assoluti assai bassi, in misura maggiore nel settore delle attività sportive (+13,2%), in ripresa dopo gli anni della crisi pandemica e, a parere di chi scrive, anche per l'entrata a regime della riforma che ha introdotto il lavoro sportivo. Tuttavia dai dati forniti dall'ISTAT si rileva che il 79,5% delle associazioni non profit impegnate prevalentemente nel settore delle attività

Volontari con il presidente della EA
Dobromir Karamarinov



sportive non ha nessun dipendente, esterno o collaboratore (cioè si avvale di volontari), attestandosi su valori del 3,5% di dipendenti, del 14,0% di solo esterni e/o collaboratori, 3,0% dipendenti, esterni e/o collaboratori.

Un altro dato di notevole interesse riguarda la qualifica giuridica delle istituzioni non profit, dove su 368.367 associazioni ben 104.093 (pari al 28,3%) hanno la forma organizzativa di Associazione Sportiva Dilettantistica (ASD) o Società Sportiva Dilettantistica (SSD). Considerando il settore prevalente di attività si rileva che il 99,8% delle attività sportive viene svolto da ASD o SSD; analizzando il dato da un'altra prospettiva si rileva che le ASD e le SSD hanno come unico settore di attività lo sport, con un misero 0,2% riservato ad attività culturali o artistiche. È interessante notare che la presenza delle ASD e delle SSD sulle macro aree territoriali è pressoché costantemente assestata su valori che variano dal 25,9% del Nord-ovest al 32,6% delle Isole.

Analizzando il dato relativo alle istituzioni non profit beneficiarie del 5x1000, al numero delle scelte dei contribuenti ed all'importo totale per settore di attività prevalente emergono altri dati interessanti relativi all'anno di dichiarazione 2023: 14.493 (il 20,3% del totale) istituzioni non profit che hanno come settore di attività prevalente l'attività sportiva hanno usufruito del 5x1000; 570.094 contribuenti, pari al 4,4% del totale hanno scelto l'attività sportiva; l'ammontare complessivo del 5x1000 destinato alle istituzioni non profit si è attestato su 459.825.491 di euro, dei quali soltanto 19.959.471, pari al 4,3%, sono stati destinati alle attività sportive. Considerando il profilo giuridico delle istituzioni non profit si evidenzia che le ASD/SSD rappresentano il 17,6% di tutte quelle che hanno usufruito del 5x1000, si attestano sul 3,7% come scelta dei contribuenti e sul 3,7% come percentuale dell'importo ricevuto. Quest'ultimo dato fa riflettere. Come si spiega la differenza tra l'elevato numero di ASD e SSD beneficiarie (12.554 su un totale di 71.378, pari al 17,6%) ed i deludenti dati riguardanti la scelta dei contribuenti (486.032 scelte su un totale di 13.025.253, pari al 3,7% delle scelte) e il totale del contributo percepito (17.214.739 su un totale di 459.825.491, pari anche in questo caso al 3,7% del contributo)? Sarà utile ed interessante approfondire questo aspetto, sul quale si possono avanzare solo ipotesi: scarso appeal sul territorio, sottovalutazione anche da parte degli associati e/o familiari di cogliere questa opportunità, redistribuzione delle somme prive di un'indicazione del beneficiario, ecc.

Quelli esposti sono soltanto alcuni aspetti di un mondo, quello del non profit sportivo, che consolida il suo punto di forza in un volontariato diffuso, purtroppo considerato con sufficienza, con superficialità e con un atteggiamento di inadeguatezza stra-



Volontari ai Campionati europei di Roma 2024

tegica per gestire fenomeni complessi. Il tema non è quello di liquidare la questione affermando che il volontariato non esiste più a fronte invece di dati che dimostrano che il 79,5% delle non profit impegnate nel settore sportivo opera solo con volontari. Il problema quindi è quello di qualificarli, formarli e motivarli, non certamente quello di ignorarli.

La recente introduzione del lavoro sportivo amplifica ulteriormente il quadro della situazione rendendo inderogabile la scelta di coniugare l'obiettivo di un volontariato professionale con quello della professionalizzazione dei ruoli. I dipendenti nelle ASD o SSD sono ancora pochissimi rispetto alla pressante necessità di supportare con continuità e qualità l'azione di migliaia di volontari. Inoltre occorre concentrare l'impegno sia sulla formazione e l'aggiornamento di tutte le categorie di operatori sia sullo studio e l'elaborazione di modelli evolutivi di associazionismo sportivo che sappiano cogliere i nuovi bisogni di un'utenza sempre più esigente e differenziata.

Ecco quindi che, oltre a quelli menzionati (formazione, documentazione, ricerca, promozione e comunicazione culturale) altri due obiettivi si affacciano in modo dirompente sul panorama della definizione di una completa identità del Centro Studi & Ricerche:

1. Lo studio e l'elaborazione di nuovi modelli evolutivi di associazionismo sportivo; 2. la misurazione e valutazione della performance associativa.

Come è noto il termine "Performance" ha tanti significati (realizzazione concreta di un'attività, di un comportamento, di una situazione determinata, il raggiungimento di un risultato in una competizione sportiva, il rendimento di una macchina, l'affermazione di un prodotto, il risultato politico o economico raggiunto, ecc.). È giunto il momento di misurare la performance di ogni Associazione sportiva (una sorta di PIL sportivo) utilizzando una gamma di indicatori (tecnici, sportivi, qualitativi, quantitativi, sociologici, organizzativi, ecc.) e parametri di riferimento che ne determinino il valore, al fine di giungere ad una certificazione di qualità da attribuire ad ogni ASD affiliata, valorizzando ciascuna associazione con opportune iniziative. Si potrebbe, ad esempio, studiare un brand, con varie modulazioni di colore (tipo una A, due A, tre A, quattro A) da attribuire alle ASD come marchio di qualità che potrebbe essere esposto presso la sede sociale ed in tutti mezzi di comunicazione dell'associazione sportiva certificata. Sono soltanto alcune idee per inquadrare l'intera tematica.

Questa è la nuova frontiera di medio-lungo periodo del Centro Studi & Ricerche.



ANALISI DELLE CORRISPONDENZE E IL SALTO IN LUNGO, APPLICAZIONI IN MATLAB

Federico Lorenzo Bruno

Laureato in Amministrazione Aziendale e Analisi dei Dati presso Virginia Tech (USA), attualmente frequenta un corso di dottorato in Big Data all'Università di Milano-Bicocca. Medaglia di Bronzo ai Campionati Europei U23 nel 2025, finalista ai Campionati Europei e Mondiali U20 e vincitore di diversi titoli italiani giovanili nel salto triplo.

Samuel Manzini

Laureato nel 2024 in economia e management presso l'Università di Parma. Attualmente lavora come Travel Accountant presso CFT S.p.A., azienda leader nella progettazione di impianti per l'industria alimentare. Durante il suo percorso di studi ha utilizzato l'analisi statistica in progetti interdisciplinari, tra cui applicazioni nel campo sportivo.

Relatore:
Prof. Marco Riani

**Larissa Iapichino, Campionati del mondo,
Tokyo 2025**

La tecnica statistica incentrata sull'utilizzo dell'analisi delle corrispondenze, partendo dalla tabella delle contingenze, è utilizzata in tantissimi ambiti socio-economici in quanto permette di identificare le caratteristiche ricercate in un campione e la relazione esistente con eventuali variabili.

Destinare al salto in lungo questa modalità di indagine statistica rappresenta senz'altro una interessante novità, scaturita dall'interesse personale di uno dei due autori e dal percorso di studi universitari conclusosi con la tesi di laurea su questo interessante argomento.

Dopo una breve introduzione alle notazioni e definizioni utilizzate nel procedimento, si passa all'analisi e alla valutazione grafica che permette di interpretare la collocazione dei vari punti nell'ambito dei grafici realizzati. Sono stati usati dei metodi di rappresentazione grafica tramite l'applicazione per analisi dei dati "MATLAB", che consente di rappresentare i punti con il grafico "moonplot", che permette di identificare meglio l'angolo tra i punti riga e i punti colonna; e un ulteriore modo per rappresentare i dati attraverso un grafico a barre sovrapposte: questa funzione permette di vedere quali sono le caratteristiche di ogni profilo riga non solo singolarmente ma anche rispetto agli altri profili.

Dopo questa premessa scientifico-metodologica si passa ad illustrare un esempio concreto di applicazione di questa tecnica statistica prendendo come

oggetto di indagine il salto in lungo al fine di evidenziare le caratteristiche più comuni nei saltatori migliori e quali, invece, nei saltatori peggiori.

Sono stati analizzati i salti di 20 atleti, tutti realizzati ai Campionati italiani assoluti o U23 di atletica leggera, indoor e outdoor. I salti sono all'interno di un range da 7.00 m a 8.34 m. Le tabelle di riferimento sono state ottenute con il dispositivo "OptoJump Next" sviluppato dall'azienda Microgate.

Dopo avere richiamato le caratteristiche tecniche dello strumento, vengono riportati su una tabella di riferimento i dati rilevati, dai quali utilizzando le opportune tecniche statistiche è stata creata una tabella di contingenze, indispensabile per ottenere l'analisi delle corrispondenze, obiettivo della ricerca. Vengono quindi illustrate procedure statistiche che hanno consentito di verificare la significatività della relazione tra le variabili prescelte e costruire i grafici, dalla cui interpretazione scaturiscono e si evidenziano le vicinanze, quindi la correlazione tra i punti riga ed i punti colonna.

Il commento finale è riservato all'analisi dei dati interpretati in chiave prestazionale nell'atletica leggera, rilevando l'incidenza di ciascun parametro analizzato sulle prestazioni maggiormente performanti, o viceversa su quelle caratterizzate da risultati inferiori.

Giuliano Grandi

INTRODUZIONE

L'analisi delle corrispondenze, introdotta da J. P. Benzecri negli anni '60, permette di visualizzare e descrivere le associazioni fra due o più variabili qualitative le cui modalità sono state classificate in una tabella di contingenze.

È un metodo molto efficace e potente che consiste, citando Greenacre, nel "geometrizzare il problema": i punti, ottenuti dall'unione di righe e colonne, opportunamente ricodificati, vengono posizionati su un piano in modo da rappresentare al meglio la situazione originaria dei dati.

Dopo la raffigurazione si potrà interpretare facilmente il legame tra le righe e colonne della tabella di contingenze per capire quali sono le combinazioni che presentano la relazione più forte. L'analisi può essere considerata semplice, se si trattano solo due variabili, oppure multipla quando ci si riferisce ad un numero maggiore.

I punti di forza di questa metodologia sono molteplici: non richiede ipotesi distributive, è un metodo semplice, diffuso e potente che permette di visualizzare quali righe presentano maggiore associazione con quali colonne della tabella di partenza. Questi sono alcuni dei motivi per i quali l'analisi delle corrispondenze è impiegata in diversi ambiti. Infatti, oltre a quello economico, dove viene utilizzata per analizzare il posizionamento, rilevare eventuali lacune di mercato o valutare eventuali strategie da poter applicare, trova la sua applicazione anche in campo medico, sociale e culturale in quanto permette di identificare le caratteristiche ricercate in un campione e la relazione esistente con eventuali variabili.

BACKGROUND

Per parlare di analisi delle corrispondenze bisogna prima di tutto introdurre notazioni e definizioni che saranno utilizzate nel procedimento.

Con il termine "masse" (di riga o colonna) si fa riferimento alle frequenze relative marginali, ovvero all'importanza della riga I-esima o della colonna J-esima rispetto al totale campionario. Le masse di riga sono interpretabili come "il profilo medio di colonna", ovvero come il centroide dei profili colonna. Il vettore delle masse di riga è

la media ponderata dei valori della riga con pesi le masse. Allo stesso modo possono essere lette le masse di colonna.

I profili di riga (colonna) sono vettori che rappresentano il rapporto tra le frequenze relative e il totale di riga (colonna), e uniti vanno a formare la matrice dei profili riga (colonna) collegata alla tabella di partenza. L'analisi dei i profili di riga può essere considerata come lo studio di I punti in uno spazio a J-1 dimensioni (per esempio, dati tre valori, se la somma di ogni riga è 1, il quarto è univocamente determinato, ed è uguale a 1 - la somma degli altri tre). Similmente, l'analisi dei profili di colonna può essere considerata come lo studio di J punti in uno spazio a I-1 dimensioni.

Inoltre, per sapere fin da subito se le prime due dimensioni latenti spiegano tutta o solo parte dell'inerzia totale, si può far riferimento al rango della matrice dei profili riga (e colonna) sotto esame. Questo perché data una matrice di dimensioni IxJ il rango sarà uguale al minimo tra I-1 e J-1.

L'inerzia coincide con la varianza totale delle tabelle di contingenza. Infatti, calcolando la varianza (media ponderata degli scostamenti al quadrato della media), si ottiene un valore che coincide con il rapporto tra l'indice chi-quadrato e la numerosità campionaria, che possiamo definire come "inerzia". Quest'ultima permette di misurare il grado di dispersione dalla media e può essere calcolata anche solo per le righe o colonne. Per effettuare questo calcolo sarà necessario sommare le distanze dei punti moltiplicate per il vettore che contiene le masse di righe o colonne.

ANALISI E VALUTAZIONI GRAFICHE

Una volta ottenuta la rappresentazione grafica, si possono trarre le conclusioni riguardo l'eventuale relazione tra i punti. In particolare, ciò a cui si deve rivolgere l'attenzione è l'angolo che si crea tra i punti riga e i punti colonna; più questo angolo si restringe più la relazione tra i punti sarà alta. Tramite questa visualizzazione apparirà chiaro in quale punto colonna si rispecchiano maggiormente i punti riga e in quale proporzione. Analizzando da sinistra verso destra sarà poi possibile valutare il posizionamento dei punti; essi seguiranno, infatti, una logica che può rispecchiare i dati nella tabella di contingenza. Ad esempio, se i dati si riferissero a persone di età diversa, spostandosi sull'asse orizzontale aumenterà o diminuirà la stessa; oppure, prendendo il grado di educazione, l'asse orizzontale viene letto da sinistra verso destra come l'aumentare (o diminuire) del massimo riconoscimento scolastico ottenuto.

Il posizionamento dei punti ci permette inoltre di capire la percentuale di inerzia della prima o seconda dimensione spiegata da ogni punto. In particolare, si possono definire come maggiormente influenti sulla spiegazione dell'inerzia i punti che si trovano più distanti dal centroide. Per la prima dimensione (orizzontale) saranno quindi i punti agli estremi destro e sinistro a definire maggiormente la sua inerzia, mentre, per la seconda dimensione, saranno i punti agli estremi superiore e inferiore.

Inoltre, è poi possibile rappresentare i punti, grazie a MATLAB, anche con il grafico "moonplot". Questo modello permette di identificare meglio l'angolo tra i punti riga e i punti colonna. Questi ultimi si andranno infatti a posizionare al di fuori della circonferenza del "moonplot" e si presenteranno con caratteri di grandezza variabile in proporzione alla loro distanza dal centroide. Nello specifico, tanto più la scritta si presenta di dimensioni elevate, tanto più il punto si trova distante dal centro e viceversa. In questo modo tutti i punti riga si troveranno all'interno della circonferenza appena definita e sarà più chiaro il loro posizionamento, e quindi l'angolo, tra quest'ultimi e i punti colonna.

Per poter analizzare meglio la relazione tra i punti è poi possibile realizzare attorno al centroide, rappresentato da ogni punto colonna, un'ellisse legata ad un certo livello di confidenza. Questo permetterà di valutare e circoscrivere in modo più preciso l'eventuale relazione dei punti riga con quel determinato punto colonna.

Una ulteriore modalità per rappresentare i dati è attraverso un grafico a barre sovrapposte: questa funzione permette di vedere quali sono le caratteristiche di ogni profilo riga non solo singolarmente, ma anche rispetto agli altri profili. In questo modo si può quindi riscontrare in modo maggiore la tendenza che i profili hanno rispetto alle loro caratteristiche di partenza.

ESEMPIO PRATICO: IL SALTO IN LUNGO, QUALI SONO LE CARATTERISTICHE DEI SALTATORI MIGLIORI?

La ricerca si pone l'obiettivo di comprendere quali sono le caratteristiche più comuni nei saltatori migliori e quali, invece, nei saltatori peggiori.

Sono stati analizzati i salti di 20 atleti, tutti realizzati ai Campionati italiani assoluti o U23 di atletica leggera, indoor e outdoor. I salti sono all'interno di un range da 7.00 m a 8.34 m.

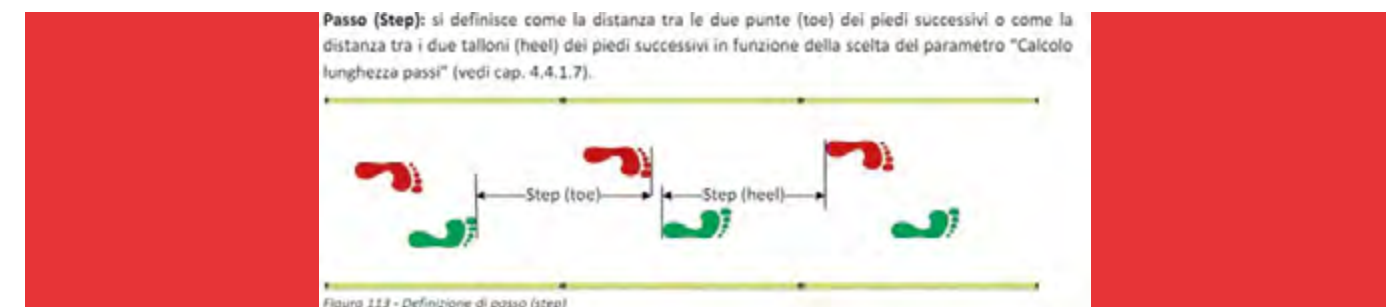
Le tabelle di riferimento sono state ottenute con il dispositivo "OptoJump Next" sviluppato dall'azienda Microgate.

Questo dispositivo è in grado, tramite l'utilizzo di tecnologia laser, di rilevare i tempi e le modalità con cui l'atleta

impatta il terreno in ogni suo appoggio e, allo stesso tempo, di utilizzare questi dati per calcolarne altri. Il sistema di misurazione è composto da una barra trasmettente e una ricevente, ciascuna contiene 96 led che rilevano eventuali interruzioni di comunicazione tra le barre e ne calcolano la durata.

Dall'analisi preliminare della totalità dei dati sono state scelte alcune variabili per costituire la ricerca. Queste variabili sono:

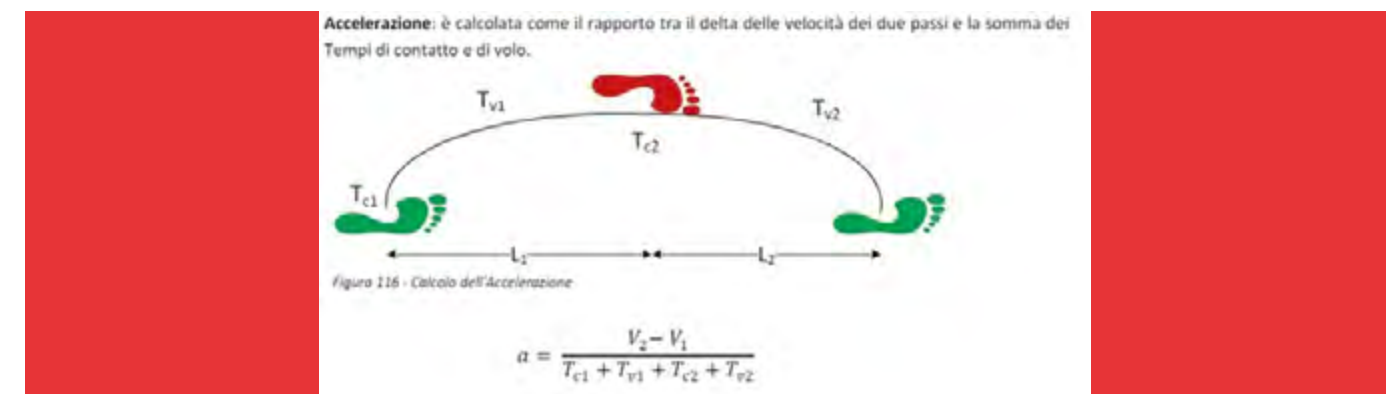
- **Passi:** è stata utilizzata la media degli ultimi 7 passi di rincorsa (n.b. nella Figura 113 si trova un riferimento ad un capitolo al Manuale della Microgate).



- **Velocità:** è stata utilizzata la media degli ultimi 7 appoggi (l'ultimo valore non è stato utilizzato in quanto non rilevante/corretto).



- **Accelerazione:** è stata utilizzata la media degli ultimi 7 appoggi (l'ultimo valore non è stato utilizzato in quanto non rilevante/corretto).



- **Tempo di contatto:** indica il tempo passato a terra dall'atleta in ogni passo della rincorsa. È stata utilizzata la media degli ultimi 7 appoggi.

- **Piede allo stacco:** è il tempo trascorso con tutto il piede appoggiato (valore in % rispetto al tempo di contatto totale). È stato utilizzato il solo valore dell'ultimo appoggio (quello dello stacco).

- **Differenza di elevazione:** l'elevazione è calcolata tramite la seguente formula:

$$h = \frac{T_v^2 \cdot g}{8}$$

È stata utilizzata la differenza tra la media (fra il settimo appoggio prima dello stacco e il terzultimo appoggio) e il valore dell'elevazione nel penultimo appoggio di rincorsa. Questo per valutare se l'elevazione nel penultimo fosse maggiore o minore della media dei 5 passi precedenti.

La tabella di riferimento, con i dati estrapolati dal report totale è la seguente:

Atleti	Passi	Velocità	Accelerazione	"Tempo contatto"	"Piede allo stacco"	"Differenze elevazione"
Atleta 1	255.85714	10.478333	0.476	0.0984285714	22.6	-0.16
Atleta 2	243.85714	10.328333	0.446	0.1014285714	19.3	-0.24
Atleta 3	247.71429	10.223333	0.212	0.105571428571	34.1	-0.36
Atleta 4	220.714	9.79667	0.098	0.0845714286	20.8	0.3
Atleta 5	226.857	10.346667	0.33	0.0985714286	32.1	-0.12
Atleta 6	235.14286	9.66667	0.078	0.0965714286	33	0.52
Atleta 7	241	10.151667	0.52	0.0995714286	19.7	-0.68
Atleta 8	228.429	9.77833	0.23	0.0991428571	41.5	-0.14
Atleta 9	225.857	9,615	0.202	0.103	50.7	-0.0399999999999996
Atleta 10	246.85714	9,735	0.07	0.105571428571	44.4	0.1
Atleta 11	227.571	9,795	0.456	0.0972857143	52.8	0.2
Atleta 12	248.71429	9,8816667	0.266	0.110857142857	47.6	-0.56
Atleta 13	239.71429	9,66833	0.194	0.111142857142857	55.9	0.82
Atleta 14	236.14286	9,59667	0.11	0.0987142857	26.9	0.36
Atleta 15	215.857	9,72167	0.293333333333	0.0984285714	47	-0.46
Atleta 16	221.571	9,61	0.165	0.108142857143	39.3	0.44
Atleta 17	228	9,49333	0.17	0.1008571429	47.9	0.24
Atleta 18	215.571	9,25833	0.161666667	0.107571428571	48.5	-0.6
Atleta 19	209	9,66	0.246	0.107285714286	57.8	0.0857142857142859
Atleta 20	244.16667	9,942	0.214	0.111	23.6	0.3
Media	232,93	9,83735	0.2469	0.1021857143	38.275	0.000285714285714289

Dato che la ricerca si basa sull'analisi delle corrispondenze, era necessario utilizzare delle variabili qualitative (in questo caso anche ordinali). Per arrivare a questo risultato i 20 atleti sono stati suddivisi in 5 gruppi, ognuno da 4 atleti. Al fine di valutare se una variabile fosse rilevante per quel determinato gruppo, sono state calcolate le medie fra tutti gli atleti e sono stati sommati, gruppo per gruppo, il numero di atleti che superavano il valore medio (indicati con la casella azzurra nella tabella). Tramite questa modalità è stato possibile creare una tabella di contingenza che contenesse il numero di persone, di quel determinato gruppo, che superava la media totale per quella determinata variabile.

Atleti	Passi	Velocità	Accelerazione	"Tempo contatto"	"Piede allo stacco"	"Differenze elevazione"
Atleta 1-4	3	3	2	1	0	1
Atleta 5-8	2	2	2	0	1	1
Atleta 9-12	2	1	2	3	4	2
Atleta 13-16	2	0	1	2	3	3
Atleta 17-20	1	1	0	3	3	3

APPLICAZIONE IN MATLAB: SIGNIFICATIVITÀ DELLA RELAZIONE TRA LE DUE VARIABILI

Attraverso il calcolo di alcuni indici, tramite MATLAB, andiamo a verificare la forza dell'associazione tra variabili categoriche ordinali. Si nota per esempio che l'indice di Goodman-Kruskal (γ), che rappresenta la differenza tra la proporzione di coppie concordanti e la proporzione di coppie discordanti, è pari al 36.9% del valore massimo possibile. Si osservano poi i valori degli indici τ_a , τ_b e τ_c che mostrano valori leggermente inferiori in quanto,

rispetto all'indice gamma, differiscono per il modo in cui vengono trattate le coppie a pari merito. Essi confermano però l'esistenza di un'associazione significativa tra le variabili, confermata anche dai valori dei p-value. Per analizzare la dipendenza delle variabili rispetto ai gruppi di atleti è opportuno considerare l'indice di Somers (d_{yx}) che risulta pari circa al 31% del valore massimo possibile.

Infine, si può considerare anche l'indice di Cramer, uguale al 27.9% del valore massimo possibile, che conferma quanto descritto precedentemente.

Tra queste variabili risulta poi che la percentuale di inerzia spiegata dalla prima componente è del 82.3 %, mentre la percentuale dell'inerzia spiegata dalla seconda componente è pari al 10.5%.

Quindi il totale dell'inerzia spiegato dalle prime due componenti latenti indica che nell'operazione di riduzione delle dimensioni si perde poca informazione. La percentuale cumulata della proporzione di inerzia spiegata con sole due dimensioni è, infatti, pari al 92.8% del valore massimo possibile. Era prevedibile che le prime due dimensioni non avrebbero spiegato il 100% dell'inerzia totale (ovvero la misura del grado di dispersione rispetto al profilo medio), in quanto data una matrice IxJ il rango è uguale al minimo tra I-1 e J-1, ed essendo la matrice 5x6 si avranno quattro dimensioni latenti che spiegano tutta la varianza.

dimensioni	Singular_value	Inertia	Accounted_for	Cumulative
dim_1	0.50683	0.25688	0.82286	0.82286
dim_2	0.18081	0.032692	0.10473	0.92759
dim_3	0.12463	0.015532	0.049756	0.97734
dim_4	0.084098	0.0070725	0.022656	1

CONTRIBUTI DEI PUNTI ALLA SPIEGAZIONE DELL'INERZIA

Atleti	CntrbPnt2In_1	CntrbPnt2In_2
atleta 1-4	0.40525	0.18124
atleta 5-8	0.23671	0.12535
atleta 9-12	0.04288	0.15431
atleta 13-16	0.12029	0.10311
atleta 17-20	0.19487	0.43598

Per quanto riguarda i punti riga, quelli che contribuiscono maggiormente alla spiegazione dell'inerzia totale per la dimensione 1 sono, in ordine, i primi due gruppi di atleti. Per la seconda dimensione emerge la rilevanza del punto "Atleta 17-20" rispetto agli altri più simili.

	CntrbPnt2In_1	CntrbPnt2In_2
Passi	0.095395	0.0079535
Velocità	0.32081	0.26795
Accelerazione	0.15704	0.36216
TempoContatto	0.1421	0.16945
PiedeAlloStacco	0.20569	0.15793
DifferenzaElevazionePconM	0.078965	0.034553

I punti dominanti nella prima dimensione sono quelli relativi alla velocità e al piede allo stacco, mentre per la seconda componente vi è una dominanza dell'accelerazione e della velocità. Questo suggerisce che valori vicino a zero nella seconda dimensione latente sono associati agli atleti più lenti. Al contrario, valori lontani da zero nella seconda dimensione sono associati a quelli che fanno di velocità ed esplosività i loro punti di forza.

CONTRIBUTI DELLE DUE DIMENSIONI ALLA SPIEGAZIONE DELL'INERZIA DEI PUNTI

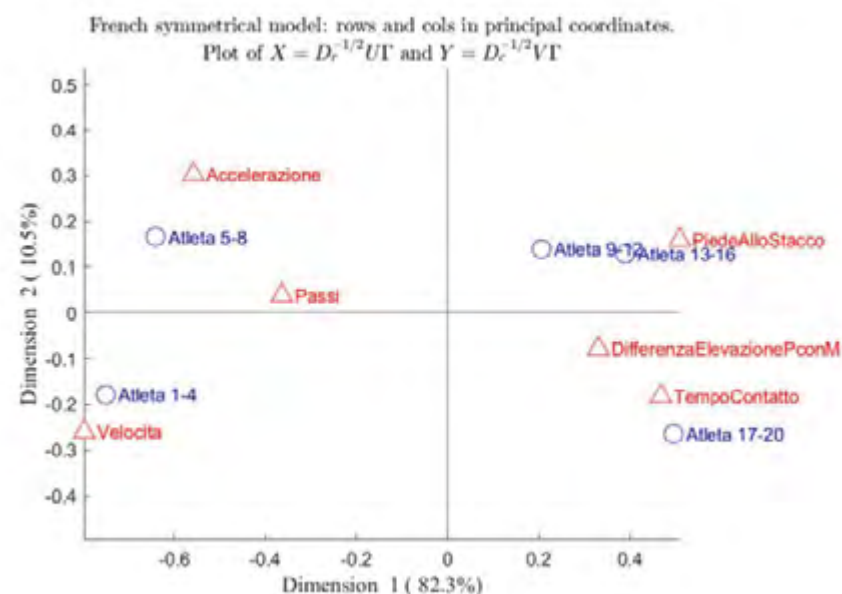
Atleti	CntrbDim2In_1	CntrbDim2In_2
atleta 1-4	0.93246	0.053075
atleta 5-8	0.88671	0.059762
atleta 9-12	0.45462	0.20822
atleta 13-16	0.73138	0.079784
atleta 17-20	0.76443	0.21767

I contributi delle prime due dimensioni latenti all'inerzia dei punti rappresenta la quota di spiegazione dei singoli punti nel passaggio da uno spazio di dimensioni elevate ad uno spazio bidimensionale. Analizzando i punti riga si osserva che il profilo degli atleti 9-12 è quello che viene spiegato meno nella riduzione a due dimensioni; infatti, la somma dei contributi delle prime due dimensioni all'inerzia di tale punto riga è pari al 66.3% del totale. Al contrario, il punto riga che meglio è spiegato è "Atleta 1-4" seguito da "Atleta 17-20", per i quali la somma dei contributi delle prime due dimensioni all'inerzia supera il 98%. Il che significa che per questi punti riga nel passaggio ad uno spazio a due dimensioni si perde poca informazione.

	CntrbDim2In_1	CntrbDim2In_2
Passi	0.84965	0.0090157
Velocità	0.88079	0.093628
Accelerazione	0.76478	0.22447
TempoContatto	0.77357	0.1174
PiedeAlloStacco	0.87601	0.085603
DifferenzaElevazionePconM	0.68707	0.038263

Considerando poi il contributo percentuale delle dimensioni alla spiegazione dell'inerzia dei punti colonna, emerge che la variabile che meno viene spiegata nell'operazione di riduzione delle dimensioni è quella legata alla differenza tra l'elevazione media e quella del penultimo appoggio di rincorsa.

INTERPRETAZIONE GRAFICO



La vicinanza dei punti riga e dei punti colonna segnala che un determinato punto riga è caratterizzato da un determinato punto colonna, in questo caso si nota una particolare vicinanza tra i punti "Atleta 1-4" e "Velocità", così come tra i punti "Atleta 13-16" e "Piede allo stacco" e tra i punti "Atleta 17-20" e "Tempo contatto"; questo

ci conferma che i migliori saltatori sono anche caratterizzati da una velocità elevata mentre gli ultimi perdono velocità e slancio appoggiando per troppo tempo il piede a terra. Infine, dal grafico si notano anche altre due informazioni fondamentali: la distanza dei punti dai profili medi (che conferma i contributi già discussi riguardo all'inerzia totale) e l'angolo tra i punti riga e colonna che suggerisce informazioni sulla relazione tra le variabili. In particolare, si nota un angolo molto ridotto tra i punti di cui è stata analizzata la relazione considerando la vicinanza.

GRAFICO CON ETICHETTE DEI PUNTI COLONNA CON COLORE PROPORZIONALE AL CONTRIBUTO DEGLI STESSI ALLA SPIEGAZIONE DELL'INERZIA DELLE DUE DIMENSIONI LATENTI

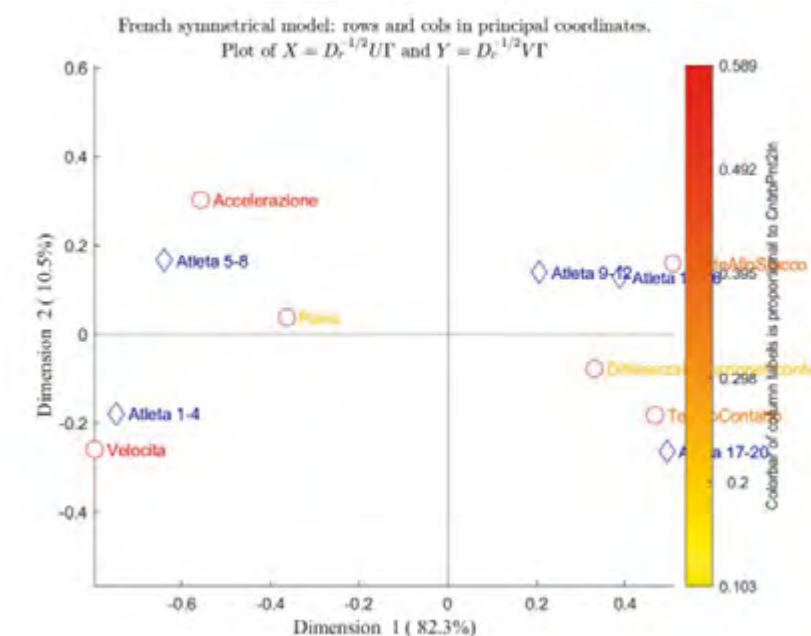
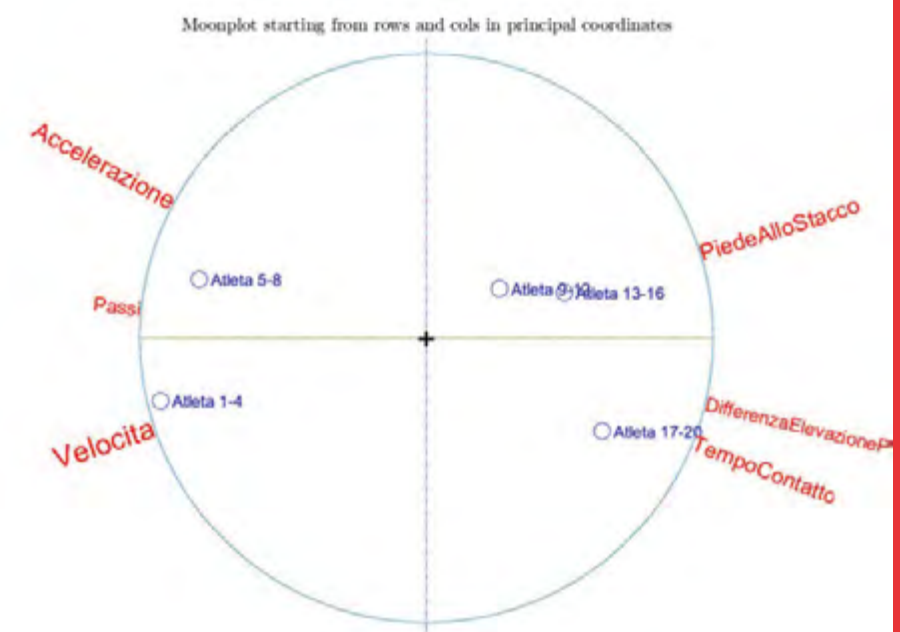


GRAFICO MOONPLOT



Questa seconda tipologia di grafico mette molto in evidenza gli angoli tra i punti e quindi la loro correlazione (infatti si ricorda che la correlazione è uguale al coseno dell'angolo tra le due variabili). In questa tipologia di grafico vengono rispettate le direzioni originarie e si può notare come i punti colonna siano divisi in due sot-

togruppi quasi contrapposti, con "Velocità", "Passi" e "Accelerazione" molto distanti rispetto agli altri tre punti. Infine, si può evidenziare come alcuni punti colonna siano diametralmente opposti creando un angolo vicino ai 180° come "Accelerazione" e "Tempo contatto".

In questo grafico, nonostante i punti colonna siano equidistanti dall'origine, la loro dimensione del carattere dipende dalla distanza del punto originario dal centroide, per esempio una label piccola come "Passi" significa che il punto originale si trova vicino al centroide e il discorso opposto vale per una label grande come "Velocità".

GRAFICO A BARRE AL 100%

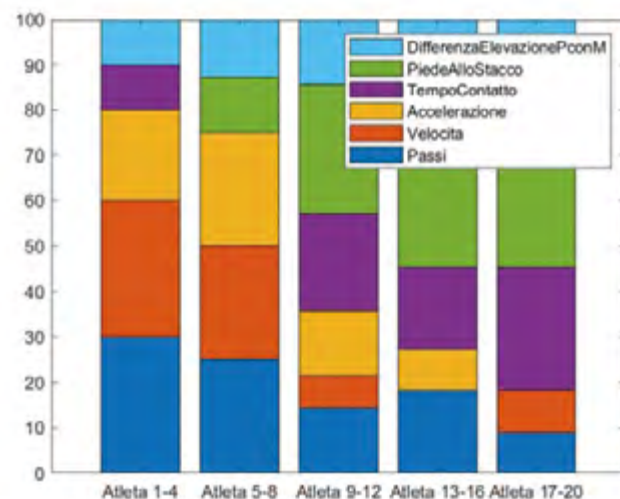
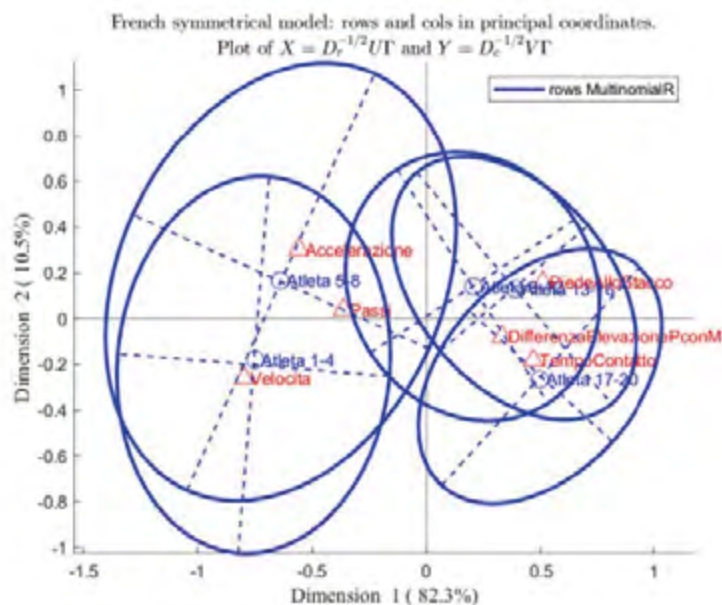


GRAFICO CON ELLISSI DI CONFIDENZA (LIVELLO DI CONFIDENZA 90%)



ANALISI ATLETICA DEI RISULTATI

Osservando i grafici si può notare come ci sia correlazione tra alcune variabili e gli atleti che saltano di più o di meno. In particolare, risulta subito la relazione tra la velocità e gli atleti maggiormente performanti mentre, una grossa differenza di elevazione (tra la media dei 5 passi precedenti al penultimo appoggio e quest'ultimo) e una elevata percentuale di tempo passato a terra allo stacco (con tutto il piede) sono strettamente legati agli atleti che hanno saltato meno. Il primo fattore è dovuto al fatto che un'elevazione alta comporta una perdita di velocità (notabili da una conseguente accelerazione negativa e una velocità decrescente) e di conseguenza anche ad un salto più corto. Per quanto riguarda il piede allo stacco il discorso rimane analogo: un maggior tempo a terra con tutto il piede diminuisce la velocità di uscita dallo stacco e quindi comporta una perdita di centimetri sul salto finale.

L'accelerazione è un fattore che si presenta senza grosse differenze tra i gruppi. Questo è dovuto al fatto che alcuni atleti avevano una velocità di entrata che aumentava più o meno di altri, ma non c'erano differenze sostanziali tra i gruppi. Si può dire quindi che l'accelerazione è un fattore che influenza il salto ma solo se considerato assieme al valore della velocità. Infatti, la significatività maggiore la ha proprio quest'ultima, e non tanto se essa sia stata ottenuta tramite un'accelerazione elevata sugli ultimi appoggi o se sia stata mantenuta nel corso di tutti quest'ultimi. Ha però molta importanza che non ci sia una decelerazione, specialmente negli ultimi due passi. Chi presentava una decelerazione in quest'ultimi aveva anche una differenza di elevazione alta che comportava, di conseguenza, all'aumento dei tempi di contatto e alla perdita di velocità nel momento più importante, lo stacco.

Tempi di contatto minori sono legati agli atleti migliori e questo è dovuto al fatto che, un minor tempo a terra, permette di perdere meno tempo e guadagnare velocità. Questo succede solo se l'atleta è in grado di esprimere forza e velocità in quella ridotta quantità di tempo passato a contatto con il terreno. Nel penultimo gruppo troviamo l'atleta 14 e 15 con tempi di contatto tra i più bassi in assoluto, questi sono però atleti con velocità molto basse e che hanno quindi poca capacità di sfruttare il tempo di contatto a terra.

Per quanto riguarda l'ampiezza dei passi si può notare come essi siano maggiori negli atleti che saltano di più. L'altezza degli atleti potrebbe influenzare questo valore ma, pur non potendo rilevare l'identità degli atleti, si può affermare che le loro altezze sono variabili e si aggirano su una media di poco più di 1.80 m in tutti i gruppi. L'ampiezza dei passi è quindi un fattore rilevante e deve essere sempre preso in considerazione per poter permettere all'atleta di esprimere una buona velocità allo stacco.

Andando ad analizzare meglio la tabella si possono prendere come esempio alcuni atleti in modo da analizzare meglio il loro salto e capire la relazione tra le variabili che li ha portati ad esprimersi con un salto più o meno lungo. Partendo proprio dai primi 2 atleti si può notare come entrambi abbiano passi e velocità sopra la media e come invece i tempi di contatto, la percentuale di piede a terra allo stacco e la differenza di elevazione siano tutti sotto la media. Scendendo nella tabella si nota come gli atleti 3, 4 e 5 abbiano delle leggere discrepanze su alcuni valori, che vengono però "bilanciati" da alcuni valori molto positivi, come la differenza di elevazione nell'atleta 2, la percentuale di piede allo stacco nell'atleta 4 (il cui valore di passi può forse essere l'unico giustificato dalla statura, in quanto una delle più basse) e l'alta velocità dell'atleta 5.

Per quanto riguarda gli atleti dal 6 al 15 troviamo valori che, scendendo nella tabella, tendono ad allontanarsi e andare verso l'opposto di quelli dei primi. Tutti questi atleti hanno delle caratteristiche comuni con gli atleti migliori ma, dei valori penalizzanti in altre variabili, vanno a giustificare un salto di minor lunghezza. Infatti, la maggior parte viene penalizzata dalla percentuale di tempo passata allo stacco con il piede a terra e, chi presenta un valore sotto la media, presenta una alta differenza di elevazione (atleta 6 e 14).

Gli atleti dal 16 al 19 hanno valori che tendono ad essere quasi l'opposto di quello dei primi; questo conferma che le variabili analizzate hanno un valore e un'influenza sul salto. La velocità e l'ampiezza di passi sono infatti tutte sotto la media e quasi tutti gli atleti hanno le altre 3 variabili sopra la media. Proprio tra queste, gli atleti 17 e 18 presentano un valore ciascuno non sopra la media, rispettivamente nel tempo di contatto e nella differenza di elevazione, ma la distanza saltata può essere giustificata dal fatto che presentano le due velocità più basse in assoluto. Il fatto di avere un valore positivo, simile a quello degli atleti migliori, non gli ha quindi permesso di esprimersi maggiormente durante il salto in quanto le altre variabili molto negative, come la velocità e accelerazione, hanno avuto una grossa influenza sul risultato finale.

L'atleta 20 presenta invece "passi" e "velocità" sopra la media e "piede allo stacco" sotto di essa proprio come gli atleti migliori; il suo risultato dipende probabilmente da problemi tecnici in quanto pur avendo tempi di contatto elevati, riesce comunque ad esprimere una buona velocità, e la differenza di elevazione è alta ma forse non abbastanza da poter giustificare un salto di 1.34 m in meno dell'atleta 1.

Si può quindi concludere dicendo che le variabili analizzate hanno un valore e un'influenza che rispecchia i risultati ottenuti dagli atleti. Questo lo si può affermare dagli indici statistici calcolati e dalla relazione atletica che rispecchia e conferma la parte statistica. Bisogna però tenere conto della tecnica di salto degli atleti e del fatto che valori anomali, come nell'atleta 4 e 20, possono essere giustificati da fattori non statistici ma fisiologici (come l'altezza) e atletici (come lo stile di corsa e di salto). L'esistenza di valori anomali è comune nelle ricerche statistiche e in questo caso la loro presenza è spiegabile e analizzabile tramite analisi tecniche e atletiche che giustificerebbero la loro esistenza senza intaccare la validità della ricerca.

FONTI

- http://riani.it/ADM/lucidi/07_ANALISI_CORRISPONDENZE.pdf
- <https://training.microgate.it/sites/default/files/manuali/optojump/Manual-EN.pdf> DATI EXCEL
- Biomechanical Report for the IAAF World Indoor Championships 2018: Long Jump Men (Catherine B Tucker e Athanassios Bissas)



SARCOPENIA E ATTIVITÀ ATLETICA MASTER: VARIAZIONI MORFOLOGICHE E FISIOLOGICHE

Fabrizio Anselmo

Già Tecnico squadra nazionale mezzofondo e corsa in montagna (collaboratore Direzione Scientifica FIDAL per la valutazione funzionale metabolica) - Università degli Studi dell'Insubria - Coordinatore Tecnico C.U.S. Insubria-Varese & Como - Laurea in Scienze e tecniche delle attività fisiche e sportive, Université de Bourgogne, Dijone (Francia).

Antonio Dotti

Già Tecnico referente squadra nazionale mezzofondo veloce e docente atletica leggera all'Università di Torino. Allenatore specialista benemerito mezzofondo. Laurea in Scienze e tecniche delle attività fisiche e sportive - Università di Lione (Francia).

Finale 100 metri, Campionati europei Master, Pescara 2023

Recenti studi statistici evidenziano una rilevante crescita dell'attività sportiva nelle fasce di età dai 40 anni in poi, con particolare riferimento alla pratica dell'atletica leggera, esaminata secondo un'ampia varietà di espressioni motorie quali la corsa, la marcia, il jogging, il camminare, ecc., svolte sia in forma strutturata che destrutturata. Anche nell'ambito del "Sistema FIDAL" l'andamento del tesseramento in tutte le categorie master maschili e femminili è in continua crescita.

AteticaStudi si pone pertanto l'obiettivo di riservare particolare attenzione a tutti gli aspetti che interessano l'attività sportiva e motoria degli adulti e degli anziani.

Questo lavoro, dedicato agli aspetti morfologici e fisiologici della sarcopenia, anticipa una serie di interventi riguardanti la molteplicità di aspetti di questa categoria di sportivi che troveranno legittimo ed adeguato spazio nell'ambito della rivista. Chiarito il significato e la descrizione fisiologica di sarcopenia se ne descrivono ampiamente gli effetti fisiologici e patologici connessi con l'avanzare dell'età, con determinate patologie e con l'uso di farmaci.

Una puntuale rassegna della letteratura scientifica disponibile consente di classificare la sarcopenia in primaria e secondaria; facendo riferimento ad entrambe vengono descritti i sintomi e le cause che provocano questa sindrome.

Richiamati i principali sintomi di questa condizione morbosa si passano in rassegna le modalità ed i criteri della diagnosi della condizione di sarcopenia, proponendo le indicazioni terapeutiche consigliate, con la doverosa premessa che allo stato attuale non esistono cure specifiche, anche se sono in corso alcune ricerche farmacologiche.

Al fine di ritardare l'insorgere della sarcopenia vengono prese in esame alcune tematiche quali l'incidenza che può avere una corretta alimentazione, così come l'importanza dell'allenamento della forza, anche con l'utilizzo dei pesi, specialmente nelle donne. Al riguardo si richiamano alcuni studi a livello internazionale che forniscono utili indicazioni per ottimizzare la prestazione nelle età delle categorie master, anche nelle discipline di endurance.

La relazione tra sarcopenia ed EPOC (Excess post-exercise oxygen consumption) è stata oggetto di indagine per verificare gli effetti dell'allenamento fisico al fine di contrastare gli effetti dell'aumento della massa grassa e del rischio cardiovascolare, non solo in virtù dei suoi benefici sulla massa muscolare, ma anche per l'aumento del consumo energetico giornaliero. Vengono quindi citati alcuni studi che hanno indagato le varie tipologie di esercitazioni: aerobica, combinata e contro resistenza.

Pur ammettendo l'ineludibilità del manifestarsi della sarcopenia con l'avanzare dell'età, viene proposto un articolato panorama di interventi ed indicazioni, utili per contrastarne e rallentarne gli effetti negativi.

Nelle conclusioni si suggeriscono diversi ambiti di intervento, quali l'attività fisica e una sana e corretta alimentazione, nell'ambito della quale l'assunzione di proteine nella dieta degli anziani risulta importante, così come la saggezza degli atleti master ad autogestirsi.

Una ricca bibliografia conclude questo pregevole lavoro.

Giuliano Grandi

INTRODUZIONE

Il proselitismo dell'attività Master ed il conseguente innalzamento dell'età agonistica, indirizzano prepotentemente il focus sulla sarcopenia e sulle problematiche inerenti la pratica dell'attività sportiva nella "seconda" e nella "terza" età.

Con il termine di sarcopenia si intende la progressiva e generalizzata perdita di massa e forza muscolare, un processo naturale ed inesorabile legato al fisiologico invecchiamento del corpo umano. Etimologicamente significa "perdita di muscolo"; il termine fu coniato nel 1988 dal dott. Irwin Rosenberg. La sarcopenia è considerata una patologia complessa e multifattoriale, originata da alterazioni muscolari proprie della senescenza, patologie varie, diminuzione delle unità motorie (perdita di motoneuroni-α), modificazioni ormonali, anomalie

del metabolismo proteico e stress (Larsson & Ansved, 1995; Faulkner, 1995). Essa si identifica in una condizione clinica del corpo e della mente che non si può evitare, ma che si può rallentare e contrastare se diagnosticata precocemente e, soprattutto, se si segue uno stile di vita sano. Quest'ultimo concetto acquisisce ancor più valore se rapportato all'atleta Master ed ai principi draconiani ai quali si dovrebbe attenere.

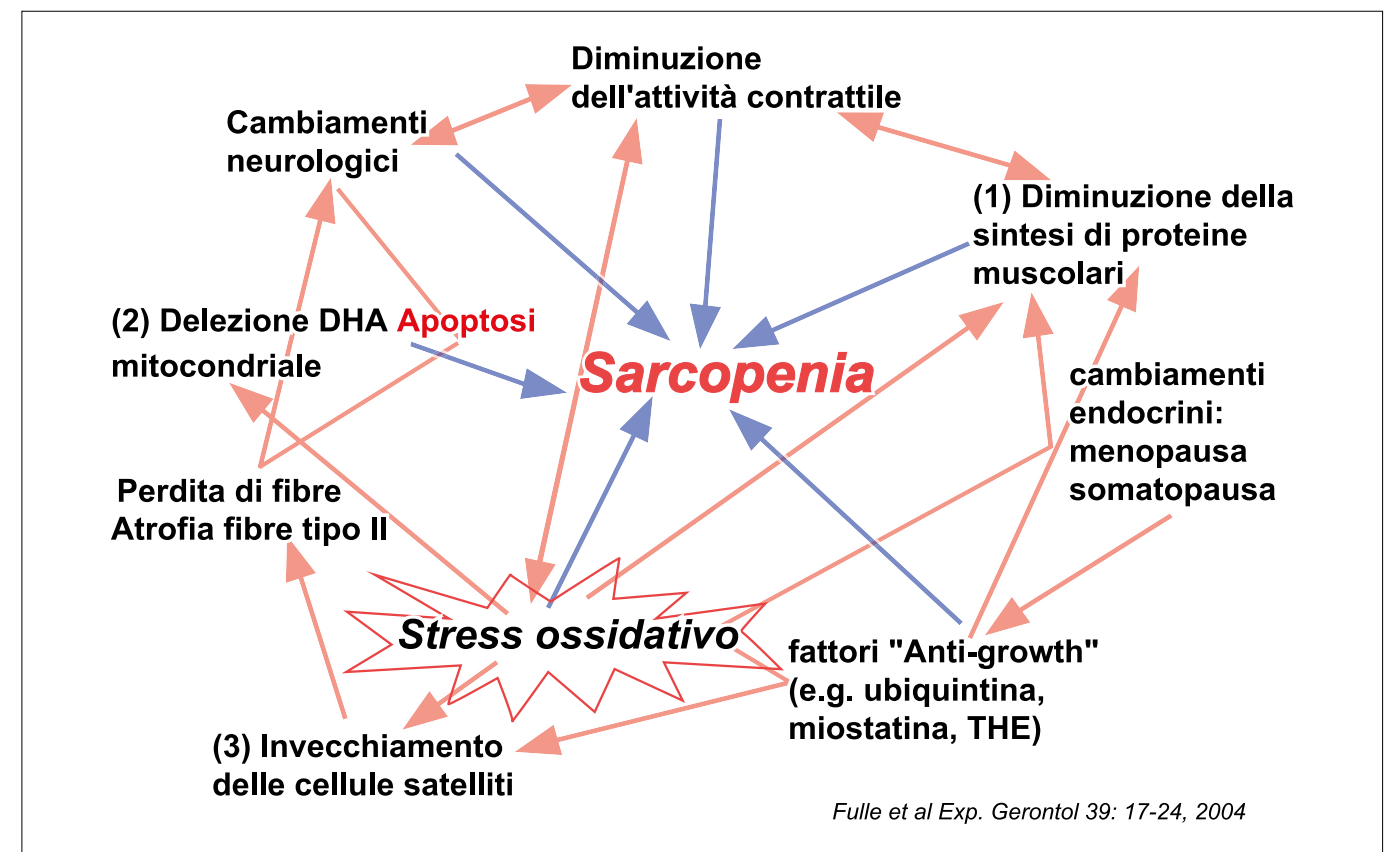
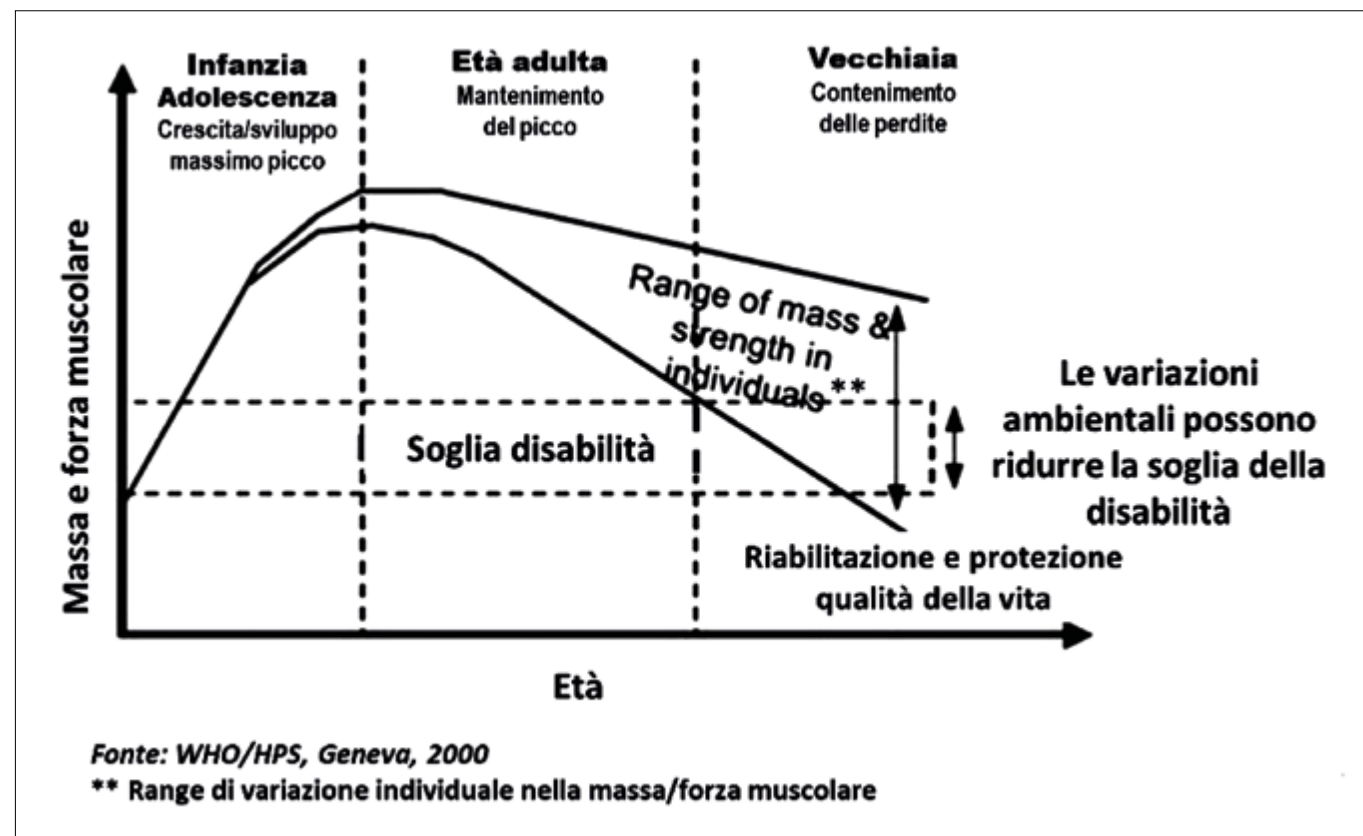
DESCRIZIONE FISIOLÓGICA DELLA SARCOPENIA

Compatibilmente agli altri organi ed apparati, anche il muscolo, invecchiando, diminuisce nel volume, diviene meno efficiente e si "arricchisce" di grasso. Il tessuto adiposo bianco (WAT) elabora alcuni composti (peptidi) denominati citochine, le quali possie-

dono un'azione regolatoria sul sistema immunitario. L'avanzare dell'età contribuisce ad elevare il tasso ematico di alcune citochine, nello specifico il TNF- α e l'interleuchina "6", i cui livelli possono crescere da 2 a 4 volte nel corso dell'invecchiamento. Il TNF-alfa viene prodotto principalmente dai macrofagi (globuli bianchi del sistema immunitario che hanno il compito di fagocitare le particelle estranee) e svolge un ruolo chiave nella risposta immunitaria; invece l'interleuchina-"6" (IL-6) possiede un ruolo importante soprattutto nelle infiammazioni e nell'artrite reumatoide. Tutti questi aspetti inducono l'organismo di un soggetto anziano verso una situazione di infiammazione cronica che, oltre ad agire negativamente sul metabolismo di vari distretti (sistemi vascolare, immunitario, ormonale e osseo), inibisce la sintesi proteica muscolare favorendo lo sviluppo della sarcopenia. Come già ribadito, la sarcopenia è un processo rallentabile ma non arrestabile, che incide soprattutto a carico dei gruppi muscolari degli arti inferiori e si riscontra con l'avanzare dell'età. In generale, durante l'invecchiamento e in particolare dalla quarta decade di vita in poi, è possibile osservare una perdita progressiva, graduale e fisiologica della massa muscolare. Statisticamente, ogni dieci anni, nell'età compresa tra i 40 e i 70, un individuo rende all'incirca l'8% della propria massa muscolare. La perdita è solitamente li-

mitata ad alcuni distretti corporei ed è di proporzioni contenute. Dopo i 70 anni, tuttavia, il processo subisce un'accelerazione ed è possibile osservare una riduzione drastica che può raggiungere il 15% per ogni decade, con modalità variabili in base alle condizioni generali dell'individuo ed al suo stato nutrizionale. Il ritmo di impoverimento del patrimonio muscolare ne comporta il dimezzamento, nel 40% dei casi, entro i 75 anni di età, con una prevalenza leggermente maggiore negli uomini in confronto alle donne. La sarcopenia è caratterizzata da atrofia muscolare con conseguente compromissione del tessuto muscolare; pertanto determina la riduzione del volume dei muscoli e del numero globale delle fibre muscolari. Il tessuto muscolare viene progressivamente sostituito da tessuto adiposo e tessuto fibroso. Si modifica anche il metabolismo della cellula muscolare, andando incontro ad un maggior stress ossidativo, associato alla formazione di radicali liberi dovuto alla modifica dei ROS (specie reattive dell'ossigeno), la quale conduce ad accumulo di composti organici tossici nel tessuto muscolare stesso (aldeidi) e ad una diminuita funzionalità mitocondriale, comportando pure una riduzione della produzione di energia (Fanò et al., 2001; Fulle et al., 2005). Questo fenomeno, definito "perossidazione lipidica", danneggia le fibre muscolari, dal momento che gli stessi radicali liberi

Effetto dell'invecchiamento sulla massa muscolare



Fattori della sarcopenia

attaccano gli acidi grassi della membrana cellulare alterandone la fluidità e la funzionalità. La progressiva riduzione dell'efficacia e del numero dei mitocondri è stata ricondotta ai meccanismi che provocano la sarcopenia. Nel corso dell'invecchiamento, infatti, la produzione mitocondriale di specie radicali (Reactive Oxygen/ Nitrogen Species, RONS) viene incrementata e le difese antiossidanti sono sempre meno efficienti. Questo processo comporta crescenti fenomeni di stress ossidativo e perossidazione lipidica che danneggiano le fibre muscolari. I danni cellulari da RONS colpiscono prevalentemente le fibre muscolari di tipo I (ossidative), data la maggior presenza di mitocondri, ma non si esclude che tali danni possano interessare anche le fibre di tipo II.

Nei soggetti anziani, la sintesi proteica muscolare si riduce di circa il 30% rispetto ai giovani, e se non si svolge attività fisica adeguata aumenta notevolmente il suo catabolismo, dal momento che il muscolo scheletrico, invecchiando, innesca un processo di denervazione. Durante l'invecchiamento, diversi studi hanno individuato un coinvolgimento maggiore delle fibre di tipo II (veloci) rispetto a quelle di tipo I (lente) e una riduzione fino al 31% delle fibre di tipo IIa e IIb nei soggetti anziani rispetto ai più giovani. Con l'invecchiamento diventa arduo anche il cosiddetto "arruolamento muscolare": diminuiscono la velocità

di conduzione neuromotoria e soprattutto lo sviluppo del potenziale d'azione neuromuscolare a livello di polarità elettrica della membrana cellulare. Decrementa anche la forza isometrica volontaria, mentre aumentano in percentuale le fibre aerobiche resistenti di tipo I e si riducono quelle rapide anaerobiche di tipo IIa e IIx. Il trofismo muscolare si determina in conseguenza di un equilibrio tra stimoli anabolici (insulina, esercizio fisico, aminoacidi, IGFs, testosterone, adrenalina, GH) e catabolici (cortisolo, catecolamine, glucagone, citochine, esercizio intenso). Nell'anziano è stata riscontrata, associata al normale processo di invecchiamento, una condizione catabolica che diventa predominante in concomitanza di particolari patologie che sfociano nelle cosiddette comorbidità (Lo Buglio et al., 2017). Anche i farmaci possono svolgere un ruolo importante sullo sviluppo della sarcopenia, tanto in senso protettivo quanto negativo. Alcuni studi di Campins (2016), hanno evidenziato come statine (farmaci che riducono colesterolo e trigliceridi), sulfaniluree (farmaci ipoglicemizzanti) e glinidi (farmaci anti-diabetici) abbiano un potenziale effetto dannoso sul metabolismo muscolare. Per contro, ACE-inibitori (funzione anti-ipertensiva), allopurinolo (riduce i livelli di acido urico), formoterolo (prevenzione asma e broncospasmo) e vitamina D (anti-osteoporosi), possono esercitare un

ruolo protettivo anche sulla funzionalità muscolare. Inoltre, le articolazioni diventano più rigide, dal momento che il tessuto connettivo all'interno di tendini e legamenti diventa meno elastico e più fragile, limitando il movimento delle articolazioni stesse. Anche la varicosi risulta statisticamente una malattia della seconda e terza età; essa comporta una debolezza delle pareti venose associata ad una evidente dilatazione. Con l'invecchiamento, anche le arterie riducono la loro naturale elasticità e, pertanto, è possibile registrare una riduzione della capacità di vasodilatazione. Tra gli altri effetti negativi vi è da rilevare un aumento del calcio citoplasmatico, il quale è in grado di provocare danni alla membrana cellulare. Incrementa pure il catabolismo delle proteine strutturali legate alla produzione di forza, in particolar modo ai legami-ponte di actina e miosina, elementi contrattili che lavorano in sinergia per attivare la contrazione muscolare. Un'altra patologia collaterale concerne la parete muscolare addominale, nello specifico del quadrante inferiore, soggetto a predisposizione di erniazioni inguinali. Sono state riscontrate anche anomalie patologiche della stazione eretta, a causa di una graduale tendenza dei visceri ad "abbassarsi" nell'attitudine di postura ortostatica.

TIPOLOGIE DI SARCOPENIA

In questo ambito, sono risultati determinanti gli studi di Brooks (1996), che identificano i fondamenti e le differenze sostanziali tra fatica (sindrome da fatica cronica) e vecchiaia (meccanismo di accumulo del-

le "cellule necrotizzate", inattive soprattutto a carico dei muscoli statici e del sistema energetico cellulare). Altri autori, in seguito a particolari e focalizzati studi sul finire dello scorso secolo, arrivarono a definire quanto la cosiddetta "sindrome da fatica cronica" non sia altro che una forma di "vecchiaia anticipata" (Montanari & Vecchiet, 1992). Tuttavia, in alcuni individui, è possibile identificare una chiara ed esplicita causa di sarcopenia mentre in altri, questa condizione, risulta d'obbligo ricondurla a cause differenti. In ragione di ciò, attualmente, si tende a propendere per una classificazione di sarcopenia primaria e secondaria.

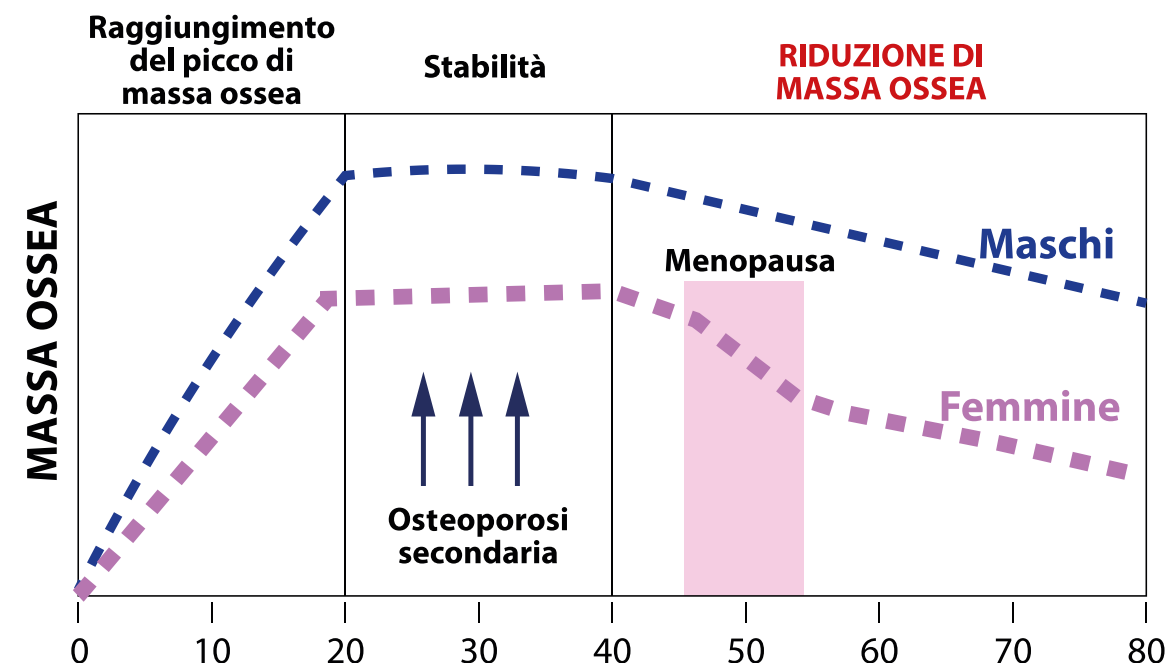
- primaria, quando non sono evidenti altre cause di sarcopenia oltre l'invecchiamento
- secondaria, quando può essere ricondotta ad una o più cause specifiche.

A livello sociologico, inoltre, risulta utile rammentare che negli ultimi 50 anni, in Italia, abbiamo assistito ad una rilevante modificazione demografica legata all'aumento della aspettativa di vita. Il range è salito sino a 85,5 anni per le donne e di 81,4 anni per gli uomini, comportando di conseguenza una netta diminuzione del tasso di mortalità ma pure di un'incipiente presenza di manifestazioni sarcopeniche.

SINTOMI E CAUSE DI SARCOPENIA

La sintomatologia legata a questi cambiamenti è caratterizzata da: debolezza costante, perdita di resistenza, scarso equilibrio con tendenza alle cadute, andatura rallentata e difficoltà a svolgere le normali

MASSA OSSEA NELLE FASI DELLA VITA



attività quotidiane. Nei soggetti più anziani, i sintomi diventano sempre più invalidanti, costringendo spesso alla sedentarietà. Questa comporta sempre un peggioramento del quadro clinico e del tono dell'umore, oltre ovviamente a quello muscolare, che induce e favorisce la progressione della sarcopenia. Da numerosi studi scientifici emerge che la sarcopenia possiede un impatto maggiore nei soggetti sedentari e in coloro che non osservano un'alimentazione adeguata. Sedentarietà e nutrizione non corretta, carente di proteine, risultano pertanto fattori aggravanti. Il ridotto apporto di proteine, il consumo eccessivo di cibi fritti e lo scarso apporto di frutta e verdura, sono considerati fattori alimentari che favoriscono la sarcopenia. Recenti studi epidemiologici osservano che lo sviluppo e il mantenimento della massa muscolare in età avanzata sono influenzati anche da fattori genetici e ambientali, come ad esempio il basso peso alla nascita, il quale sarebbe associato ad una maggiore perdita di tono muscolare in tarda età. Tra le cause eziologiche che anticipano il suo naturale esordio, oltre alla citata sedentarietà, vi sono malattie come tumori e patologie infiammatorie o endocrine, carenze nutrizionali per diete inadeguate, malassorbimento, patologie gastrointestinali e/o disturbi alimentari.

COME DIAGNOSTICARE LA CONDIZIONE DI SARCOPENIA

Anamnesi ed un accurato esame obiettivo, consentono di formulare una diagnosi corretta, avvalorata da alcuni esami strumentali. La Dexa o assorbimetria

a raggi X a doppia energia, spesso combinata con un test della velocità di camminata, permette di stabilire il grado di sarcopenia e il suo ritmo di progressione. La Dexa è un esame radiografico che permette di determinare la densità ossea, lo strato di mineralizzazione ossea e il peso della massa magra e della massa grassa in diversi distretti corporei.

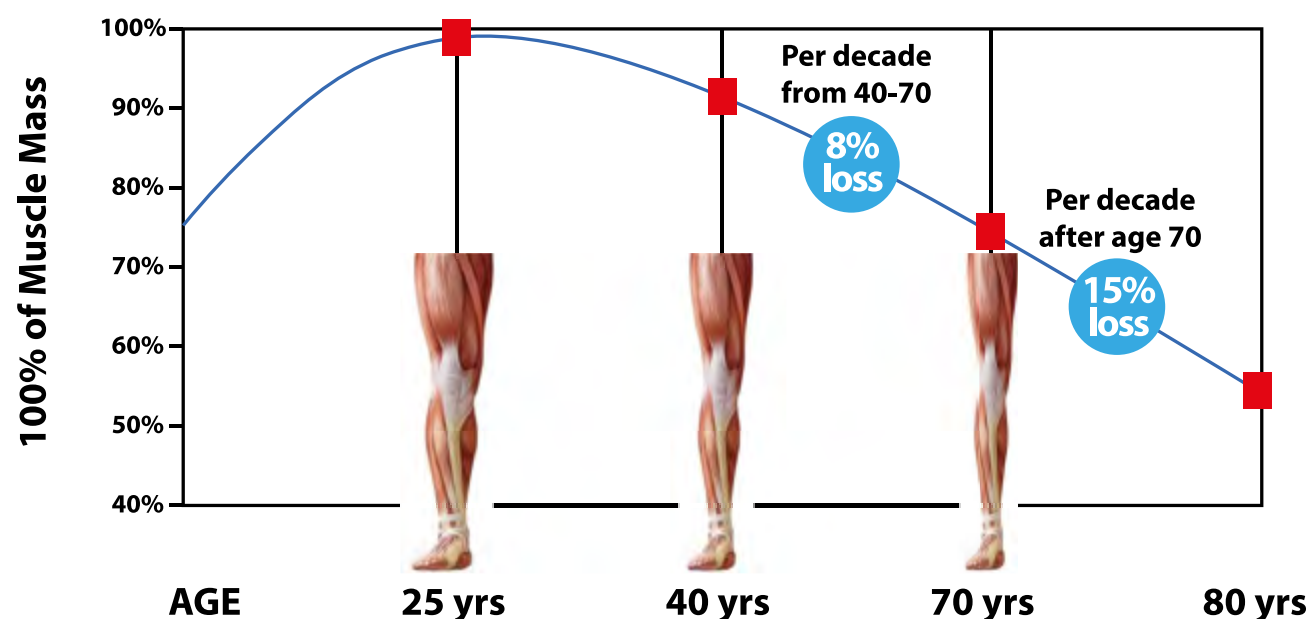
I criteri diagnostici della sarcopenia sono:

- massa muscolare: si misura con diverse tecniche quali l'antropometria, la bioimpedenziometria (BIA) e la densitometria ossea (DEXA). La misura antropometrica più utilizzata per la valutazione della massa muscolare nelle persone anziane è la circonferenza del polpaccio, misurata nel punto più ampio. La BIA consente stime della massa grassa totale e della massa magra e possiede il vantaggio dello strumento portatile. La DEXA, il cui costo e accessibilità rappresentano un fattore limitante, può stimare con precisione la proporzione di massa magra, il tessuto adiposo e quello osseo. A quest'ultimo proposito, viene infatti utilizzata anche per la diagnosi di osteoporosi.
- velocità di camminata: indicatore dell'andatura - inferiore a 0,8 metri al secondo.
- forza di presa della mano (hand-grip): indicatore della forza muscolare - inferiore a 30 kg negli uomini e a 20 kg nelle donne.

COME CURARE LA SARCOPENIA

A tutt'oggi, non esiste una cura specifica. Alcune ricerche farmacologiche stanno cercando di indagare

MASSA MUSCOLARE NELLE FASI DELLA VITA



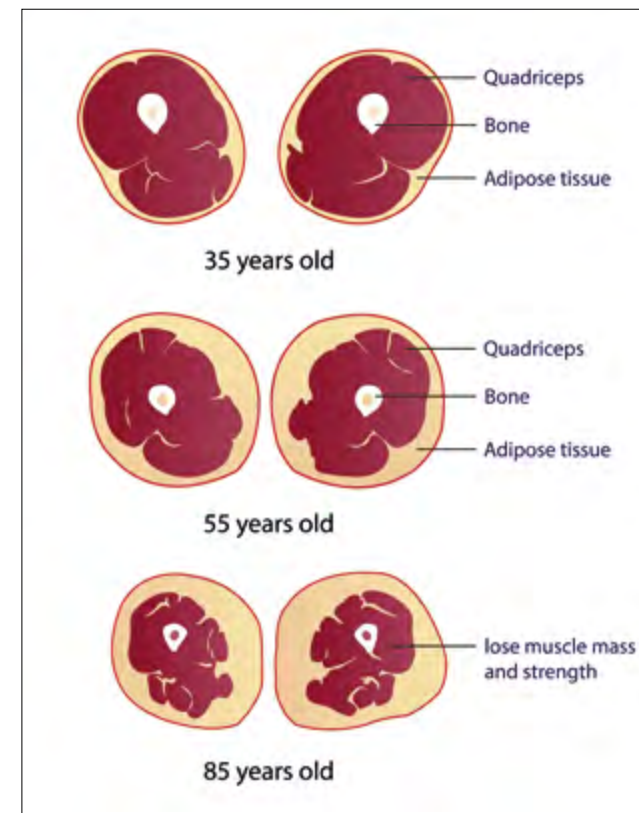
se testosterone ed ormone della crescita possono essere in grado di consentire il mantenimento della massa e della forza muscolare malgrado l'invecchiamento. Per contrastare il fisiologico decadimento e prevenire il peggioramento della sarcopenia, è possibile mettere in atto rimedi naturali come un buon esercizio fisico costante e modulato in relazione all'età, nonché una sana alimentazione di integrazione proteica per il tessuto muscolare. Ovviamente, la muscolatura deve essere utilizzata il più possibile per mantenerne l'efficienza. È fondamentale coinvolgere tutti i più importanti distretti muscolari con un programma di allenamento tanto per la forza quanto per la resistenza. Gambe, braccia, petto, schiena e addome (core) devono essere costantemente rinforzati. Diverse evidenze scientifiche hanno riscontrato che alcuni cibi sono in grado di ritardare l'esordio della sarcopenia e di prevenire il rapido peggioramento dei sintomi.

PARTICOLARITÀ DELLA NUTRIZIONE ANTI-AGING

Per quanto riguarda l'alimentazione, la ricerca scientifica ha chiarito che è in grado di ritardare l'esordio della sarcopenia. I cibi più salutari sono sicuramente quelli ricchi di proteine. Queste sono formate da catene di amminoacidi, indispensabili per la costruzione ed il mantenimento dei tessuti muscolari. Relativamente la composizione in amminoacidi, non tutte le proteine sono uguali, quelle animali e vegetali infatti possiedono un valore biologico differente:

- proteine animali (carne, pesce, uova, latticini) sono considerate ad elevato valore biologico poiché contengono tutti gli amminoacidi essenziali.
- proteine vegetali (legumi, cereali, frutta secca, semi), risultano spesso a basso o medio valore biologico, tuttavia possono essere combinate tra loro per raggiungere un profilo amminoacido completo.

Un ruolo importante è svolto dagli amminoacidi essenziali, senza i quali la sintesi proteica viene rallentata. Per questo motivo, nella prevenzione della sarcopenia non conta solo la quantità di proteine assunte, ma anche la qualità delle stesse e la loro distribuzione nel corso della giornata. Tra gli amminoacidi essenziali è fondamentale il ruolo della leucina, che stimola la sintesi proteica muscolare. Essa si rivela necessaria per la costruzione ed il mantenimento del tessuto muscolare ed epatico, rallenta la decomposizione delle proteine muscolari e promuove i processi di rigenerazione. Le principali fonti alimentari della leucina sono: pollo, pesce, ricotta e lenticchie. È stato riscontrato che anche l'assunzione di beta-idrossimetilbutirrato, una sostanza proveniente dal metabolismo della leucina, può attenuare la perdita di massa muscolare. In commercio sono disponibili vari integratori a base di idrossimetilbutirrato. Questa sostanza viene inserita come ingrediente in diversi integratori per lo sport poiché pare abbia la capacità di incrementare la massa e la forza musco-



Effetti fisiologici dell'invecchiamento muscolare in diverse fasce di età

lare. Inoltre, possiede proprietà anticataboliche, vale a dire in grado di supportare l'anabolismo proteico, impedendo alle proteine della massa muscolare di disgregarsi. Secondo le indicazioni ministeriali la dose massima consentita è pari a 3 grammi al giorno. L'idrossimetilbutirrato è possibile assumerlo anche attraverso l'alimentazione ed è contenuto in piccole quantità nel pesce.

Al di là di questo, le ricerche dimostrano comunque che un adeguato consumo di proteine (espresso in grammi per kg di peso corporeo) migliora la massa muscolare e attenua il rischio di sarcopenia. Tra i cibi proteici più importanti è possibile elencare il pesce (trota o salmone), i crostacei, le noci, le lenticchie, la quinoa, i fagioli, il tofu, le parti magre del pollame e i tagli magri del manzo. Inoltre, alle proteine sarebbe bene associare anche varie porzioni di frutta e verdura ed alimenti a basso contenuto di sodio, grassi e zuccheri. Al termine dell'allenamento, sarebbe utile apportare alla dieta anche l'assunzione di integratori dietetici proteici, i suddetti amminoacidi ramificati (soprattutto valina, lisina e iso-leucina), importanti per il recupero a livello muscolare. A questo proposito, è stato riscontrato che gli "Over" presentano una sorta di resistenza biologica alla sintesi proteica adattativa anche post-allenamento. Proprio in ragione di ciò, risulta opportuna un'adeguata assunzione di proteine a "digestione rapida" al termine della ses-

sione di training (West et al., 2011). È necessario pure rammentare che il fabbisogno proteico cresce dopo i 65-70 anni, anche quando il peso corporeo diminuisce. Ciò nonostante, perdere masse muscolari non significa avere minor fabbisogno di proteine alimentari, anzi, occorre un'ulteriore quantità di amminoacidi per mantenere attivo e per rigenerare il patrimonio contrattile rimasto (Paddon-Jones et al., 2008). Nutrizionisti e dietologi dello sport consigliano l'assunzione di amminoacidi ramificati immediatamente al termine dell'esercizio, con un margine fino a 2 ore nel post-allenamento (Esmarck et al., 2001). L'apporto minimo per stimolare la sintesi proteica sembra essere intorno ai 10 g di amminoacidi essenziali o almeno a 20 g di proteine di alta qualità e in relazione al peso dell'individuo (Moore et al., 2009). Inoltre, sarebbe necessario anche assumere e abbinare integrazioni di calcio e vitamine D e B12. Secondo le stime della Federazione Internazionale di Osteoporosi, per tutelarsi dal rischio sarcopenia, i soggetti anziani dovrebbero consumare almeno 1,0 - 1,2 grammi di proteine per Kg di peso corporeo al giorno. Una recente review condotta in Corea del Sud (Minjee Han et al., 2025), ha analizzato oltre venti ricerche sul legame tra assunzione proteica e sarcopenia negli anziani. I risultati hanno registrato un quadro articolato ma sufficientemente indicativo:

- massa muscolare: la maggior parte degli studi ha rilevato un miglioramento significativo della massa muscolare con l'aumento dell'apporto proteico, soprattutto se espresso in rapporto al peso corporeo (grammi/kg/die).
- forza muscolare e performance fisica: i risultati si sono rivelati meno incisivi. Alcune ricerche hanno osservato benefici sulla forza di presa (hand-grip, misurata con un dinamometro) e sulla velocità del cammino, mentre altre non hanno riscontrato miglioramenti importanti.
- apporto proteico: gli studi che hanno espresso l'assunzione proteica in base al peso corporeo, hanno evidenziato riscontri più efficaci rispetto a quelli che hanno utilizzato solo il dato assoluto (g/die).
- qualità delle proteine: diverse ricerche hanno confermato che proteine animali, amminoacidi essenziali (EAA) e leucina si possono associare ad esiti positivi in termini di forza e riduzione del rischio di sarcopenia.

In sintesi, i dati raccolti suggeriscono che un apporto proteico superiore a quello minimo raccomandato (0,8 g/kg/die) può essere fondamentale per mantenere la salute muscolare negli anziani. Altri studi indicano valori più vicini a 1,2 g/kg/die a livello di soglia protettiva.

Vi sono anche altri elementi importanti che possono essere assunti con la supplementazione nutrizioni-

Percentuali sarcopenia popolazione over 65

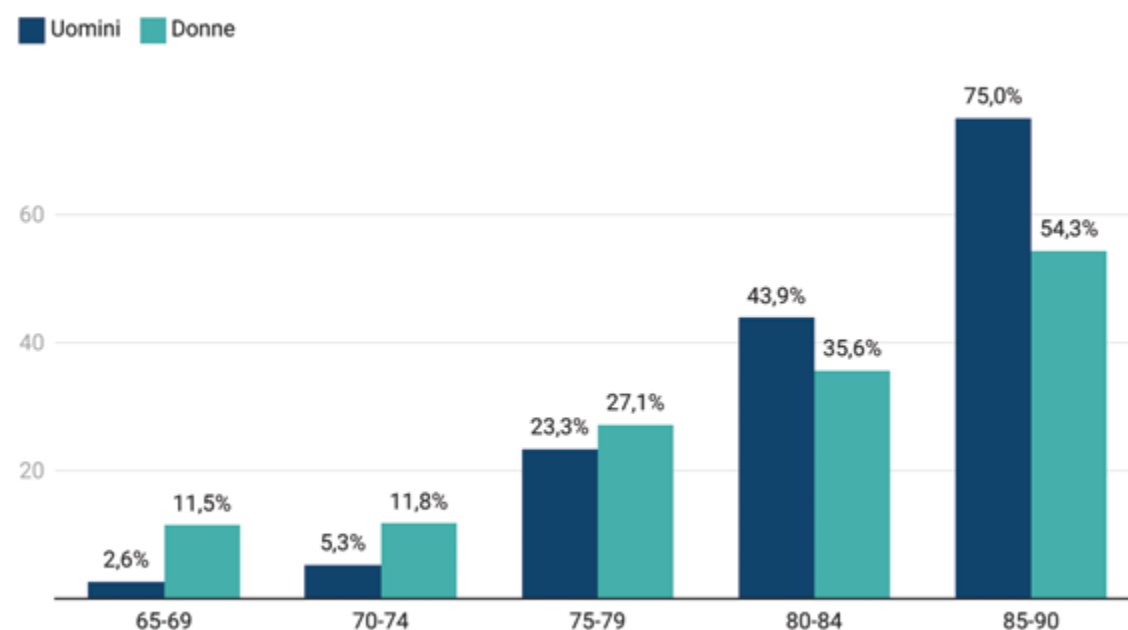


Grafico: Dott. Creperio Fisioterapista • Fonte: JAMDA • Creato con Datawrapper

stica. Tra essi, gli antiossidanti, i quali, riducendo lo stato infiammatorio, giocano un ruolo rilevante contro la sarcopenia. La supplementazione di vitamine E e C migliora gli indici di stress ossidativo associato all'esercizio fisico. In ambito alimentare li troviamo prevalentemente nella frutta fresca e a guscio, nella verdura, nell'olio di oliva e nel pesce azzurro. Il magnesio, invece, supporta il funzionamento di muscoli e nervi e la salute di ossa e denti. L'invecchiamento è spesso associato ad una inadeguata assunzione di magnesio che determina un aumento della perdita di massa muscolare. In natura, è possibile trovarlo nei legumi, nei cereali integrali, nella verdura a foglia verde, nel cioccolato fondente, nei semi oleosi e nella frutta secca. Anche vitamina "D" e calcio sono importanti; una supplementazione durante l'invecchiamento è utile per preservare la salute dei muscoli e delle ossa. Il calcio lo troviamo prevalentemente nel latte e nei suoi derivati, mentre la vitamina D nel salmone, nello sgombrò, nel tuorlo d'uovo e nei funghi.

CONSIDERAZIONI UTILI PER COMBATTERE LA SARCOPENIA

In ambito femminile, un allenamento di forza progressivo, costante e ben strutturato, può contribuire

Romolo Pelliccia, Campionati europei Master, Pescara 2023



a raggiungere il picco massimo di massa-ossea nella premenopausa e aiutare a mantenerla nel periodo post menopausa (Layne & Nelson, 1999). L'esercizio muscolare rappresenta un valido stimolo anche per l'apparato endocrino; la secrezione di GH e IGF-1 diminuisce nel corso dell'invecchiamento (Vermeulen, 1997). Ulteriori approfondimenti hanno rilevato che l'allenamento per la forza (80% 1-RM x 12 settimane) produce ipertrofia muscolare anche in uomini dai 60 ai 72 anni (Frontera et al., 1988); l'incremento relativo all'area muscolare è simile a valori riscontrati in uomini giovani se l'allenamento con sovraccarichi è ben condotto (Luthi et al., 1986). Il soggetto anziano è in grado di mantenere la capacità di aumentare la secrezione ormonale (GH) in risposta allo stimolo rappresentato dall'esercizio fisico, soprattutto ad alta intensità, pur se logicamente inferiore rispetto a quella di un soggetto giovane (Hagberg et al., 1988). In ogni caso, la diminuita secrezione di GH (in risposta all'esercizio) nel corso dell'invecchiamento dipenderebbe, più che dal trascorrere degli anni, da altri due principali fattori: il grasso viscerale e il livello di condizione fisica del soggetto (Vahl et al., 1996).

SARCOPENIA E ALLENAMENTO CON I PESI

Molteplici studi hanno scientificamente dimostrato che l'allenamento con i pesi aiuta a prevenire tanto la sarcopenia quanto l'osteoporosi. Non solo, riscontri oggettivi hanno osservato condizionamenti positivi anche per quanto riguarda l'artrosi e la sindrome metabolica. Alcune ricerche californiane hanno dimostrato che l'allenamento con i pesi è in grado di incrementare anche le funzioni energetiche delle cellule mitocondriali (S. Melov, 2021). Un ulteriore studio dell'Università del Massachusetts, ha invece dimostrato che il Resistance-Training è in grado di provocare una crescita della massa muscolare e del metabolismo, diminuendo l'accumulo di grasso e migliorando il controllo degli zuccheri nel sangue. Inoltre, sarebbe in grado di preservare la massa ossea, riducendo la pressione arteriosa in soggetti maturi e anziani (W. Wescott, 2015). Un altro studio, condotto dalla McMaster University di Hamilton (Canada), ha invece indagato sugli effetti del training con i pesi connessi alle varie fasce di età. Dopo aver eseguito l'allenamento contro-resistenza due volte a settimana per un'ora e in un periodo di sei mesi, la forza complessiva dei partecipanti era aumentata del 36%. Altri lavori di scienziati danesi hanno preso in considerazione anche il carico nell'allenamento con i pesi e hanno dimostrato che un training con i sovraccarichi ad alta intensità determina un aumento dell'attività delle cellule satelliti. Quest'ultime sono integrate in fibre già esistenti e, con l'influenza del training, diventano più forti e voluminose (fattore fondamentale per gli anziani che soffrono di sarcopenia).



Mariuccia Quilleri e Anna Micheletti, Campionati italiani Master, Roma 2024

In letteratura scientifica, sempre maggiori evidenze dimostrano che l'allenamento con i pesi (nella terza età) si rivela un fondamento essenziale per combattere la sarcopenia, dal momento che è stato osservato un apprezzabile incremento della forza e, parallelamente, un notevole miglioramento del metabolismo associato ad una cospicua perdita di grasso.

ENDURANCE E ALLENAMENTO DELLA FORZA MUSCOLARE

Il connubio "resistenza + forza", nella stessa seduta di training, ha sempre ottenuto pareri discordanti e contraddittori anche in ambito scientifico. Alcuni studi hanno dimostrato che, quando abbinato al training aerobico, il lavoro di forza produce risultati rilevanti anche riguardo l'incremento di energia cellulare. Nello specifico, il dipartimento Sport e Scienze della Salute dell'Università di Stoccolma, ha indagato sugli effetti di un allenamento di resistenza "classica" in confronto a quelli di un lavoro di resistenza abbinato a training coi pesi. L'obiettivo prefissato era di monitorare l'entità della produzione e dell'eventuale modifica dei mitocondri. I risultati dello studio hanno chiarito che l'allenamento con i pesi, in aggiunta al training aerobico, ha contribuito ad aumentare la sintesi dei mitocondri molto di più rispetto al solo training aerobico. In realtà, altri studi che si sono occupati di verificare l'effetto di un allenamento combinato di forza e di resistenza (sulla prestazione di endurance) concedono spesso informazioni contrastanti (Rampinini, 2014). Alcuni ricercatori hanno evidenziato adattamenti cardio-

vascolari e muscolo-scheletrici minori quando il training di endurance viene combinato con uno di forza rispetto a quando viene proposto solo quello di endurance (Kraemer et al., 1995; Glowacki et al., 2004). Per contro, altri studi hanno dimostrato adattamenti fisiologici simili o superiori quando è stato effettuato un training combinato rispetto al singolo allenamento di endurance o forza (Hoff et al., 2002; Mc Carthy et al., 2002; Storen et al., 2008). In ogni caso, è necessario rammentare che le evidenze scientifiche raccolte su atleti di medio-alto livello risultano purtroppo limitate.

L'allenamento della forza nelle discipline di endurance risulta importante per diversi motivi:

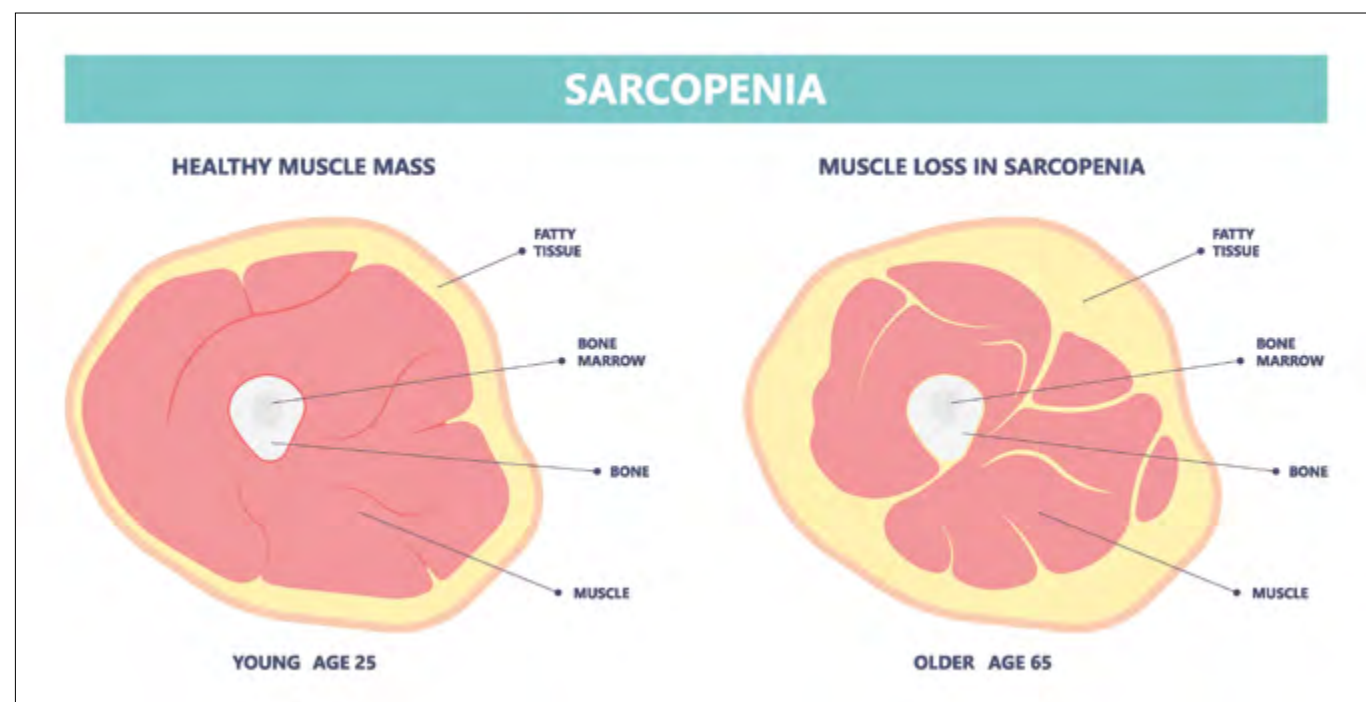
- a) stimolazione di ormoni androgeni: l'esercizio di forza, soprattutto in regime di esplosività, sollecita l'organismo alla produzione di ormoni androgeni. Il training, tuttavia, dovrebbe essere pianificato e applicato con cautela opportuna, poiché la produzione ormonale si riduce con l'eccesso di volumi di allenamento aerobico di medio-bassa intensità. E' pure necessario considerare che la produzione androgena è ovviamente ridotta in ambito femminile, data la particolare conformazione ormonale. Pertanto, l'atleta femmina che pratica discipline di endurance necessita di un allenamento con i sovraccarichi più mirato e delicato rispetto all'uomo.
- b) incremento delle prestazioni: se ad ogni esercizio di spinta (oppure di trazione) si riesce a reclutare un numero superiore di fibre muscolari, grazie ad una maggiore intensità, questo effetto dovrebbe produrre un gesto atletico più potente.

OTTIMIZZAZIONE DELLA PRESTAZIONE IN ETÀ MASTER

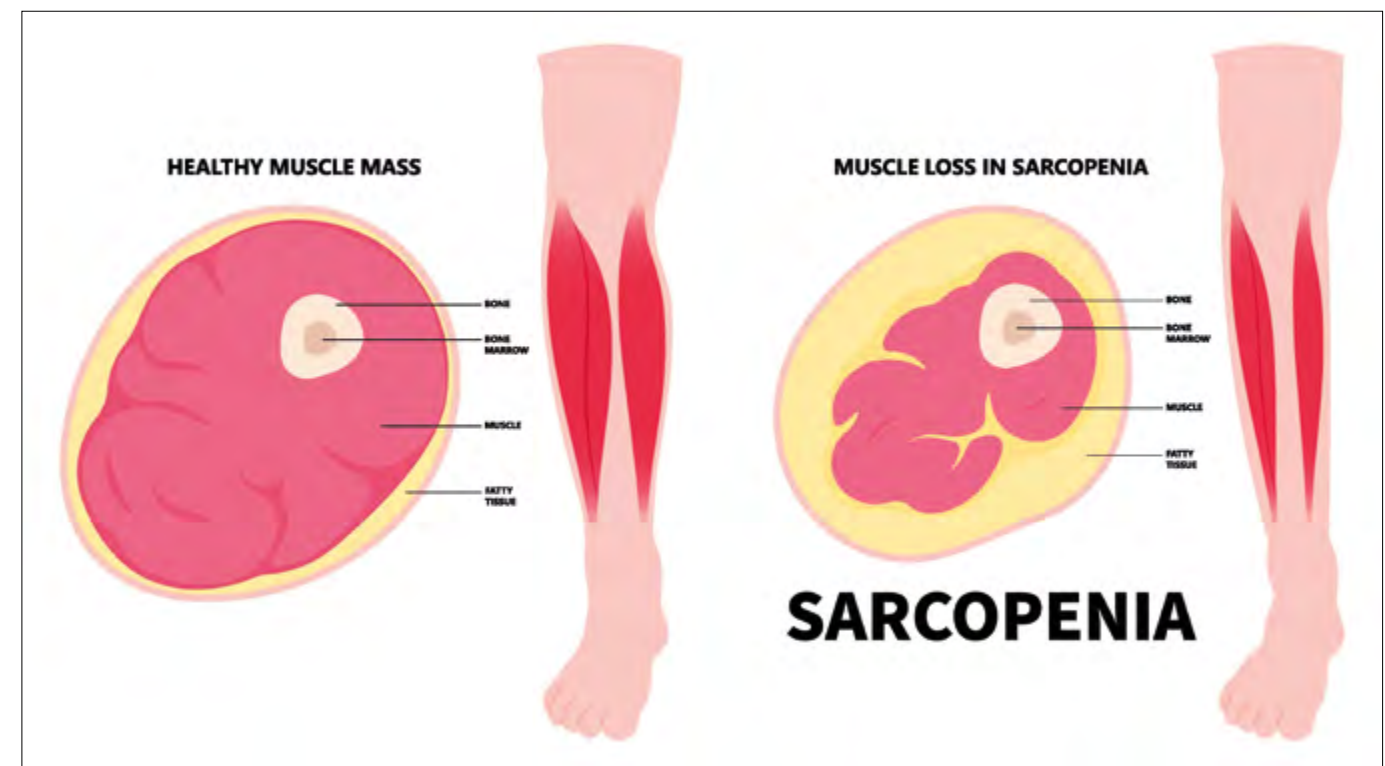
Nelle varie fasce di attività Master risulta importante cercare di ottimizzare il potenziale di livello raggiunto. Nell'endurance, ad esempio, con l'avanzare degli anni è fondamentale cercare di stimolare le capacità aerobiche massimali e submassimali con l'obiettivo di mantenerle e/o stabilizzarle il più possibile. Anche se i livelli massimali sono in inesorabile e lento declino, esiste sempre la possibilità di un determinato margine di lavoro e di miglioramento, soprattutto per atleti che hanno iniziato l'attività in età non più giovane. Un atleta sportivamente più maturo, viceversa, può cercare di gestire questa flessione fisiologica e tentare di limitare la perdita delle proprie capacità. Nel contempo, può essere utile apportare una diversa "polarizzazione" al carico, ossia fornire maggior tempo di recupero tra le sedute standard e quelle di lavoro specifico qualitativo. Questo fattore si propone come conseguenza dei processi sopra descritti dal momento che vi è anche una maggior latenza nelle capacità di recupero. Questo paradigma, con piccole e opportune modifiche, è valido tanto per l'atleta novizio "over 40" quanto per quello che si allena da anni ed ha consolidato nel tempo una buona base sia generale che specifica. Ad oggi, in ambito atletico, il soggetto considerato Master è colui che ha superato i 35 anni di età. A parte qualche eccezione, in quasi tutti gli sport, l'età media di fine carriera si pone, per l'appunto, intorno a questa età cronologica. A tal proposito, la ricerca scientifica ha evidenziato come dai 30 anni in poi sia possibile riscontrare i fenomeni

fisiologici che contribuiscono alla perdita di massa muscolare associati a un netto calo degli indici di prestazione sportiva quali: 1. decremento del tasso di sintesi proteica facilitato da un declino ormonale (riduzione del testosterone); 2. aumento dell'insulino-resistenza connesso a problemi di "ricambio proteico" (processo biochimico continuo attraverso cui l'organismo scompone e sintetizza le proteine per mantenere la massa muscolare e riparare i tessuti) e al catabolismo muscolare; 3. inefficiente estrazione dell'ossigeno a livello dei tessuti con conseguente rallentamento metabolico (calo del VO2max). Volendo proporre esempi e comparazioni: un individuo che a 30-35 anni inizia un percorso di preparazione atletica specifica, è abbastanza normale che possa ottenere progressivi adattamenti e miglioramenti di capacità che prima non possedeva. È altresì vero che potrà raggiungere anche la massima maturità atletica a medio termine ma che inesorabilmente, dopo i 40-45 anni, le prestazioni saranno destinate a rallentare. Le cause principali risiedono nella diminuzione della gittata cardiaca, nella capacità di scambiare ossigeno (VO2max) e nella riduzione del tono muscolare. Recenti ricerche hanno comunque constatato che un allenamento regolare e continuativo riesce a frenare e preservare i decadimenti legati all'età della disfunzione fisica, della forza e della massa muscolare. Peraltro, con l'avanzare degli anni, a parità di peso, è facile riscontrare un aumento della massa grassa e una riduzione di quella magra. Anche in questo caso la regolarità dell'allenamento ci viene in soccorso, contribuendo a conservare la massa

Atrofia muscolare - confronto tra muscolo di 25 e di 65 anni



© Shutterstock



© Shutterstock

Comparazione tra massa muscolare efficiente e muscolo sarcopenico

magra e a ridurre la massa grassa. Uno dei principali problemi per l'atleta Master è proprio il già citato ricambio (turnover) proteico il quale, riducendosi, tende ad inficiare la qualità e il contenuto di massa magra a favore di quella grassa. Ulteriori studi hanno dimostrato come un elevato livello di attività fisica in età Master possa proteggere incisivamente anche i motoneuroni. Per garantire ciò, tuttavia, si rende necessario strutturare correttamente l'allenamento, concedendo all'atleta i giusti tempi per il recupero del glicogeno muscolare che, nel caso dell'atleta Master, richiede tempi più lunghi. Oltre alle succitate considerazioni, è utile rammentare che le ricerche degli ultimi anni hanno confermato anche l'identità e la consistenza della "memoria motoria e muscolare". Uno studio pubblicato dall'American Physiology Association, ha rilevato che il precedente "vissuto storico" dell'allenamento può accelerare la crescita muscolare e la risposta all'esercizio anche dopo una lunga pausa. Il muscolo scheletrico possiede una memoria epigenetica di stimoli anabolici acuti e si "ricorda" dei livelli raggiunti nell'ipertrofia muscolare riscontrata nel passato (Yuan Wen et al., 2021). È stato pure osservato che gli effetti di un training per la forza possono mantenersi a lungo anche dopo una prolungata inattività, soprattutto se precedentemente sono stati svolti allenamenti che hanno ottenuto risultati rilevanti. L'ipotesi della memoria muscolare è stata recentemente supportata da ulteriori ricerche che fanno supporre quanto la memoria stessa

sia correlata a fenomeni che coinvolgono l'epigenetica, ovvero ad alterazioni e cambiamenti genetici che influenzano l'espressione dei geni. Alcune forme di "memoria" non possiedono però relazioni con le fibre muscolari, bensì con quelle del sistema nervoso. Evidentemente anche la forza, essendo un'attività neuromuscolare, gode di benefici da parte del sistema nervoso. In questo tipo di memoria è stato evidenziato come questa possa essere considerata una forma di "consapevolezza cosciente" e che le azioni cosiddette "esperte" possono essere eseguite quasi automaticamente.

SARCOPENIA ED EPOC (Excess post-exercise oxygen consumption)

Il processo fisiologico mediante il quale l'organismo continua a consumare ossigeno (in eccesso) al termine dell'esercizio fisico, ha individuato nuove evidenze scientifiche indagando su particolari aspetti endocrini. Questo processo, nel quale si verifica una riduzione del rapporto tra necessità di O2 e quantità di gas inspirato, assume la denominazione di EPOC (Excess Post-exercise Oxygen Consumption). Il cosiddetto "decorso sarcopenico", è in grado di ridurre il dispendio energetico (EE) tanto a riposo quanto durante l'allenamento, predisponendo un abbassamento del tasso metabolico a riposo (RMR) all'aumento della massa grassa e ad un rischio cardiovascolare più elevato. L'allenamento fisico contrasta questi effetti non solo per i suoi benefici sulla mas-

sa muscolare, ma anche per l'aumento del consumo energetico giornaliero. Alcuni studi hanno riscontrato che l'entità del VO₂ valutato da 30 minuti a 5 ore post esercizio, risulta superiore dopo l'esercizio contro resistenza rispetto a quello di tipo aerobico anche quando gli allenamenti sono equiparati in termini di costo energetico complessivo. Tuttavia, queste ricerche hanno esaminato solo giovani adulti; in letteratura risulta arduo trovare studi che abbiano confrontato l'EPOC dopo un allenamento contro resistenza ed uno aerobico in soggetti più anziani. Un'altra questione interessante riguarda l'allenamento combinato (Concurrent Training), che è stato utilizzato su di un'ampia gamma di popolazione, compresi gli anziani. Questa modalità risulta particolarmente proficua poiché aggrega i benefici sia dell'allenamento contro resistenza che di quello aerobico. Peraltro, non ci sono studi precedenti che abbiano confrontato il dispendio energetico generato dall'esercizio aerobico rispetto a quello combinato o che abbiano valutato l'EPOC in individui anziani dopo un esercizio contro resistenza, aerobico o combinato. In uno studio brasiliano, Rui Pilon e Farinatti (2024), hanno confrontato l'EPOC in soggetti "aged" dopo un training aerobico (AE) contro resistenza (RE) e combinato (CE) in condizioni isocaloriche. Sono stati selezionati dieci soggetti sani di età compresa tra 63 e 82 anni, metà dei quali di sesso femminile, e sono stati effettuati cinque test in laboratorio intervallati da

un periodo di 48 ore. Nel primo, è stato valutato il VO₂ a riposo per 30 minuti in posizione supina. In seguito, è stato eseguito un test da sforzo cardiopolmonare massimale su cicloergometro per determinare il picco del VO₂ e della frequenza cardiaca. Nella seconda prova, sono stati determinati i carichi corrispondenti a dieci ripetizioni massime (10 RM) per gli esercizi inclusi nel lavoro contro-resistenza (pressa gambe, rematore basso, Leg Extension, Chest Press per i pettorali, Leg Curl in flessione ischio-crurali, Shoulder Press per le spalle, Hip per gli adduttori e bicipiti coi manubri). Nel protocollo del test, sono state eseguite 3 serie da 10 ripetizioni all'80% del carico max con un recupero di 2 min tra serie ed esercizi. Nelle prove successive, sono state eseguite sessioni di esercizi isocalorici (contro resistenza/RE, aerobico/AE e combinato/CE) intervallate da 48 ore. Nel protocollo, l'esercizio di contro resistenza è stato eseguito sempre all'inizio. Il consumo energetico totale, valutato individualmente nell'esercizio di contro resistenza, è stato individuato come riferimento per le sessioni di lavoro aerobico e combinato, senza un particolare ordine prestabilito. Il test-training aerobico consisteva invece in una seduta su cicloergometro, eseguito al 60-65% del VO₂ di riserva (VO₂R) fino al raggiungimento del EE-target. Viceversa, la sessione del test-training combinato, comprendeva un'esercitazione aerobica e una di contro resistenza. Per garantire la condizione isocalorica,

Victoria Constantin, Campionati italiani Master, Misano Adriatico 2025



il dispendio energetico del lavoro aerobico e in contro resistenza avrebbe dovuto generare la metà del EE-target quando tali modalità erano eseguite singolarmente. Al termine della sperimentazione, l'EPOC negli anziani risultava maggiore dopo l'esercitazione aerobica rispetto a quella combinata e di contro resistenza. I test si sono rivelati utili per confermare le raccomandazioni orientate alla salute per questa categoria di popolazione, ancorché abbinati al dispendio calorico. Inoltre, nel lavoro aerobico, l'EE-target è stato raggiunto in un periodo di tempo più breve e con una maggior relativa intensità. Ciò suggerisce che proprio l'intensità dell'esercizio determinerebbe il VO₂ post esercizio rispetto al volume complessivo rappresentato dal dispendio energetico.

RIFLESSIONI E CONSIDERAZIONI

È possibile riscontrare la capacità di alcuni atleti "over 40" di esprimersi ancora ad alto livello, in competizione e in confronto con atleti nettamente più giovani. Una comparazione tra differenti categorie ha portato a risultati interessanti: i processi di invecchiamento sono ineludibili, tuttavia uno stile di vita attivo e una proficua attività motoria, continuativa e regolare (tanto aerobica quanto anaerobica), sono stimoli in grado di dimezzare questi fenomeni e comportare una riduzione del VO₂max ad un moderato declino stimabile in circa il 5% ogni 10 anni. Un ulteriore elemento da prendere in considerazione riguarda la gestione del proprio peso: con il passare degli anni diventa importante combattere l'aumento di peso e del grasso viscerale, dal momento che si rivela sempre più difficile perdere massa grassa. Nelle discipline di endurance, è necessario prevedere anche l'opportunità di svolgere attività di potenziamento muscolare globale, non limitandola ai soli arti inferiori, soprattutto per compensare la perdita di tono e massa magra. L'obiettivo principale risulta essere il mantenimento del tono e del trofismo muscolare, oltre che fornire uno stimolo all'attività osteoblastica (processo in cui cellule specializzate sintetizzano e depositano nuova matrice ossea per formare tessuto nuovo e robusto), intaccata dai processi di invecchiamento. Ultimo, ma non meno importante fattore è quello connesso all'esperienza agonistica: un atleta maturo e con più anni di attività può vantare un bagaglio di esperienze che possono sicuramente indirizzarlo sul comprendere come il proprio corpo reagisca all'allenamento e a determinati carichi di lavoro.

CONCLUSIONI

La sarcopenia è una condizione morbosa che coinvolge la muscolatura scheletrica ma che possiede ricadute anche a livello multisistemico. È un processo fisiologico che risulta perseguire un andamento cronico ma anche reversibile, oltre che prevenibile.



Gianni Becatti, Campionati italiani Master, Roma 2024

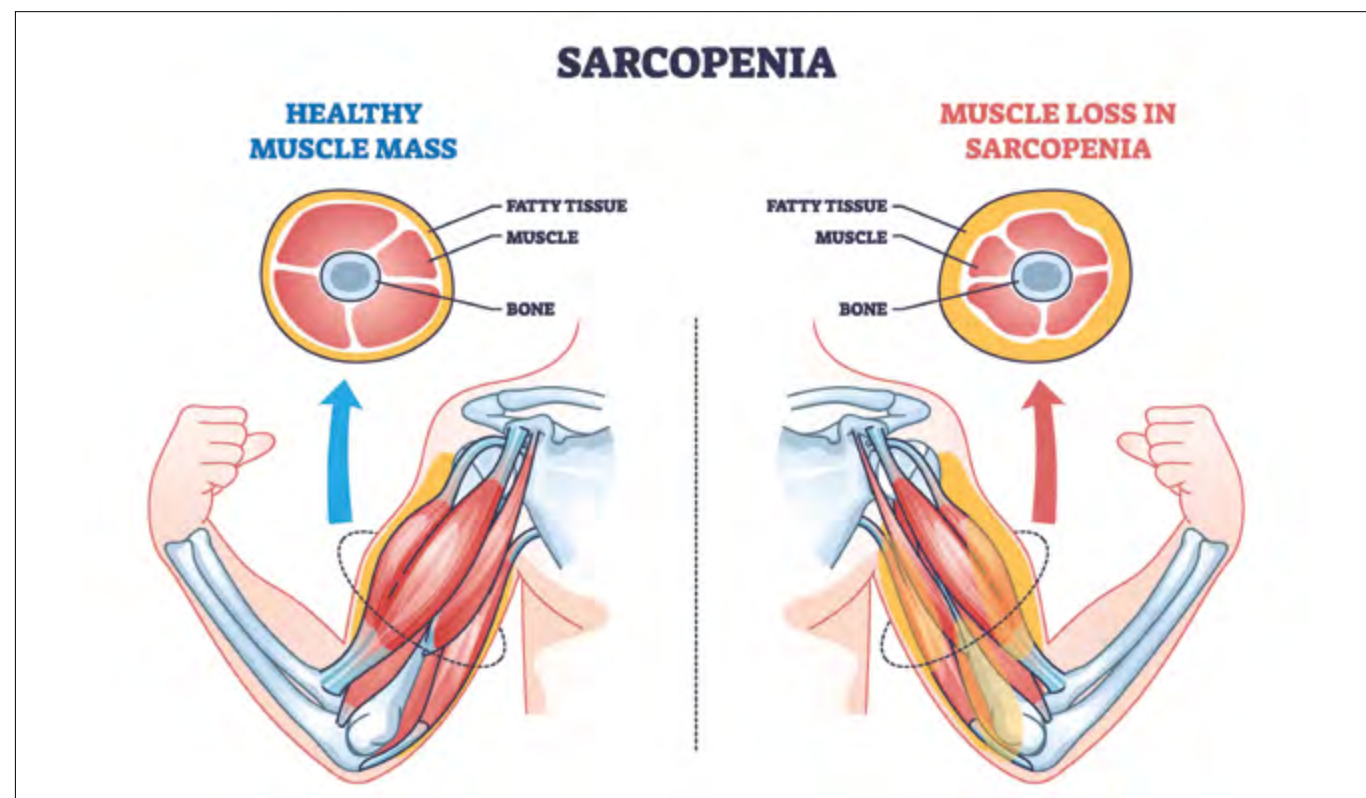
Il declino delle prestazioni di resistenza, della capacità aerobica e della funzione cardiovascolare sono soprattutto il risultato di una diminuzione di attività piuttosto che un processo regressivo riguardante l'età. Infatti, se la composizione corporea e l'attività fisica rimangono costanti, la riduzione di VO₂max risulterebbe solo intorno al 5% per decade (negli atleti senior d'élite probabilmente anche meno, n.d.a.). Le evidenze scientifiche dimostrano che le proteine svolgono un ruolo centrale nella prevenzione della sarcopenia, soprattutto se assunte in quantità adeguata e di buona qualità.

L'incremento dell'apporto proteico riscontra benefici tangibili sulla massa muscolare, tuttavia è onesto affermare che le evidenze scientifiche su forza e performance restano tutt'ora variabili. Permangono criticità e limiti metodologici importanti nei criteri diagnostici della sarcopenia, differenze nelle modalità di valutazione dell'apporto proteico e ipotesi di studio spesso solo osservazionali. Alcune ricerche hanno provato a sperimentare l'apporto di proteine associato con l'attività fisica. Attualmente, la combinazione con esercizi di contro resistenza viene ritenuta la strategia più efficace. Alla luce di tutto ciò, si rivela necessario proseguire con studi mirati, in grado di indagare sulle integrazioni inerenti non solo la quantità

ma anche la qualità e la distribuzione delle proteine. A tutt'oggi non si conoscono cure mediche per evitare la sarcopenia anche se varie ricerche farmacologiche stanno sperimentando terapie alternative. Tra queste, l'utilizzo del testosterone e dell'ormone della crescita, dal momento che sono entrambi responsabili del mantenimento della massa e della forza muscolare. In questo contesto, tra i punti chiave da esaminare, emerge in primo luogo un'analisi approfondita della composizione corporea, in grado di discernere l'entità dei depositi adiposi del corpo (grasso corporeo sottocutaneo e grasso profondo viscerale) associata ad una valutazione funzionale mirata attraverso i vari test. Per contrastare l'avanzata della sarcopenia permangono principalmente i rimedi naturali come l'esercizio fisico costante e una sana e corretta alimentazione. L'esercizio fisico deve essere focalizzato su allenamenti di forza e resistenza in adeguata ripartizione, effettuati in modo opportuno nel corso della settimana e coinvolgendo tutti i più importanti distretti muscolari. Purtroppo, nonostante i benefici riscontrati, l'allenamento di forza negli anziani continua ad avere scarsa considerazione e solo in poche strutture specializzate entra a far parte delle linee guida di trattamento della sarcopenia. Il training di forza è l'unico in grado di contrastare efficacemente la perdita di massa muscolare, agendo specificamente sulle fibre muscolari di tipo II (FT) e producendo risposte anaboliche di adattamento

non ottenibili con gli allenamenti aerobici. Questo particolare consente di ottenere tanto un miglioramento globale della forza (potenza, resistenza, ipertrofia e tono), quanto di intervenire positivamente nel rallentare i fenomeni di denervazione imputabili alla sarcopenia. Gli allenamenti di forza negli anziani, se ben programmati, possono essere svolti in totale sicurezza; è stato dimostrato che attraverso stimoli di appropriata intensità si possono produrre incrementi di massa muscolare e di forza comparabili con quelli ottenibili nei soggetti più giovani. La priorità si configura nella capacità di contenere il catabolismo muscolare, mantenere una popolazione di fibre muscolari di tipo II il più elevata possibile e la necessità di mantenere i tessuti ossigenati e il sistema cardiocircolatorio in condizioni ottimali. Quest'ultimo punto porta a considerare la possibilità di utilizzare nell'atleta master una variazione di "concurrent training" (forza + resistenza) a basso volume e a bassa frequenza ma con adeguata intensità. Pertanto, il master che ambisce a prolungare il più possibile la propria carriera agonistica dovrà essere saggio e lungimirante, affidarsi a un coach esperto e competente e, soprattutto, accettare il lento e inesorabile declino delle prestazioni. Il vero obiettivo anti-aging non risulta più essere il miglioramento delle prestazioni quanto la stabilizzazione delle stesse, cercando di rendere graduale e meno repentino il naturale regresso fisiologico.

Riduzione massa muscolare e diagramma crescita tessuti grassi



© Shutterstock

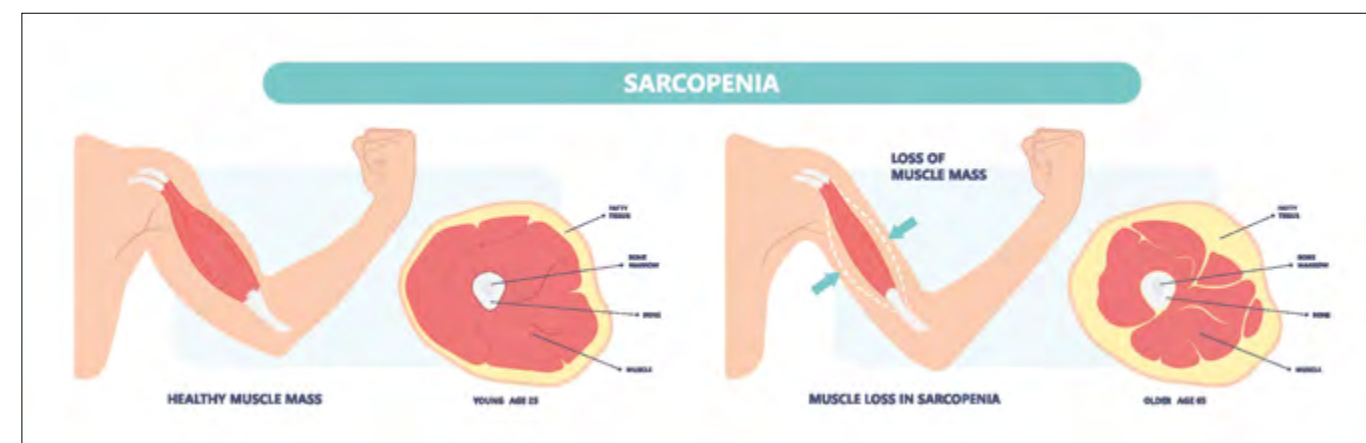
BIBLIOGRAFIA

- Aagard P, Andersen JL - Effects of strenght training on endurance capacity in top-level endurance athletes - Scandinavian Journ. Med.Sciences Sports - N°20 (suppl.2)/39-47 (2010)
- Abellan-Van Kan G, C. Derbaum JM, Cesari M, et al. -Sarcopenia: biomarkers and imaging (International conference on sarcopenia research)- Journ. Nutr Health Aging -15/834-846 (2011)
- Anselmo F. - Running e sarcopenia: l'invecchiamento delle fibre muscolari e le discipline di endurance. Origini, cause e rimedi (prima parte) - Scienza & Sport n° 57/73-79 - gennaio (2023)
- Anselmo F. - Running e sarcopenia. L'invecchiamento delle fibre muscolari e le discipline di endurance, quali i rimedi (seconda parte) - Scienza & Sport n° 61/66-73 - gennaio (2024)
- Anselmo F, Dotti A - Nuovi paradigmi in metodologia dell'allenamento: dal concetto di debito di ossigeno alla moderna evoluzione di EPOC (excess post-exercise oxygen consumption) - Atleticastudi n° 3 - ottobre (2025)
- Bamman MM, Hill VJ, Adams GR - Gender differences in resistance-training-induced myofiber hypertrophy among older adults - J Gerontol - 58/108-116 (2003)
- Bisciotti GN -L'invecchiamento: biologia, fisiologia e strategie anti-aging- Ed. Calzetti&Mariucci (2012)
- Bisciotti GN - Strenght and Conditioning, E-book, Anno III - n° 8 (2014)
- Bolton E, Rajkumar G - The ageing cardiovascular system - Rev. Clin. Ger. - 21/99-109 (2011)
- Borgacci R. - Agli anziani che perdono massa muscolare mancano le proteine: ecco come contrastare la sarcopenia con una dieta più specifica - Web site My personal trainer - settembre (2025)
- Borgacci R. - Sarcopenia: quale tipo di allenamento è più consigliato - Web site My personal trainer - maggio (2025)
- Borst SE-Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. - Age and Ageing - 33/548-555 (2004)
- Brooks SV, Faulkner JA - Skeletal muscle weakness in old age: underlying mechanisms - J.Med Sci Sports Exercise, 26/432-439 (1994)
- Burd NA, Gorissen SH- Sarcopenia & Diagnosi-Ed LJC Van Loon (2013)
- Campins L, Camps M, Riera et al. - Oral drugs related with muscle wasting and sarcopenia. - A review. Pharmacology - 99/1-8 (2017)
- Cherubini A, Rossi R, Senin A - Attività fisica ed invecchiamento. Napoli, EdiSES- p.282 (2002)
- Cho CH, Lee KJ, Lee EH - With the greatest care, stromal interaction molecule (STIM) proteins verify what skeletal muscle is doing -BMB Reports - 51 (8)/378-387 (2018)

- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone MA, Singh RA, Minson C, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS - Exercise and physical activity for older adults -American College of Sports Medicine - Med Sci Sports Exerc. -Jul;41(7)/1510-1530 (2009)
- Chrusch MJ, Chilibeck PD, Chad KE, Davison KS, Burke DG. - Creatine supplementation combined with resistance training in older men - Med Sci Sports Exerc. - 33(12)/2111-2117 (2001)
- Clarck BC, Manini BT- Meccanismi fisiopatologici di dis-regolazione della forza e della potenza muscolare- Journ - GMS-63/829-834 (2008)
- Clegg A, Young J, Iliffe S, et al.- Frailty in elderly people. -Ed. Lancet 381/752-62 (2013)
- Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM -. Sarcopenia: European Consensus on definition and diagnosis - J. Age Ageing -39/412-423 (2010)
- Di Tano G, Beltramin A, Parabita M, et al-. Sarcopenia: a new aging-related disease of the skeletal muscle-. Trends Med - 3(2)/125-133 (2003)
- Donatini A-Allenamento per la forza ed anti-aging-Web-site Newsletter Med Sc. Giudecca/VE, luglio (2017)
- Esmarck B, Andersen JL, Olsen S - Timing of post-exercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans - J Physiol - 535/301-311 (2001)
- Fiatarone MA, Marks EC, Fulle S, Mecocci P, Fano G, Vecchiet I, Vecchini A, Racciotti D, Cherubini A, Pizzigallo E, Vecchiet L, Senin U, Beal MF - Alterazioni ossidative specifiche nel muscolo vasto laterale di pazienti con diagnosi di sindrome da stanchezza cronica-Riv. Biol Med-29/1252-1259 (2000)
- Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. - Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current consensus definition: prevalence, etiology and consequences - International working group on sarcopenia. -J Am Med Dir Assoc -12/249-56 (2011)
- Foster C, Wright G, Battista RA, Porcari JP- Training in the aging athlete - Current Sports Medicine Reports - 6(3)/ 200-206 (2007)
- Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, et al-. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function - J Appl Physiol -64/1038-1044 (2003)
- Fukagawa NK - Protein and amino acid supplementation in older humans. Amino Acids - Jun. - 44(6)/1493-1509 (2013)
- Grassi B, Cerretelli P, Narini M,Marconi C -Peak anaerobic power in master athletes - European J. of Applied Physiology - 62, 394-399 (1991)
- Grassi B, Cerretelli P, Narini M, et Al - Peak anaerobic power in master athletes.- Eur J Appl Physiol -62/394-399 (1991)
- Grimble RF - Inflammatory response in the elderly - Curr Opin Clin Nutr Metab Care - 6/21-29 (2003)

- Hurst C, Robinson SM, Witham MD - Resistance exercise as a treatment for sarcopenia: prescription and delivery - J.Age Ageing - 51(2)/afac003 (2022)
- Kallmann DA, Plato CC, Tobin JD- The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: cross-sectional and longitudinal perspectives-Journ. Gerontol and Sci. Med.- 45M/82-88 (1990)
- Karavirta L, Häkkinen A., Sillanpää E, García-López D, Kauhanen A., Haapasari A, Gorostiaga E.- Effects of combined endurance and strength training on muscle strength,power and hypertrophy in 40-67-year-old men - Scandinavian journal of medicine & science in sports -21(3), 402-411 (2011)
- Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M - A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly -Am J Physiol Endocrinol Metabol - 291/381-387 (2006)
- Kenney WL, Bulskirk ER-Functional consequences of sarcopenia: effects on thermoregulation -J. Gerontol -50/70-85 (1985)
- Janssen I. - Sarcopenia - (Bales CW, Ritchie CS Editors, Handbook of Clinical Nutrition and Aging. 2nd ed. Springer -183-205 (2009)
- Jeong-su Kim, Wilson JM, Sang-Rok Lee-Implicazioni dietetiche sui meccanismi della sarcopenia: il ruolo di proteine, aminoacidi e antiossidanti-Journ. Nutr. Biochem. -gennaio - 1/1-13 (2010)
- Latham N, Anderson C, Bennett D, Stretton C--Progressive resistance strength training for physical disability in older people - Cochrane Database Syst Rev. - (2)/CD002759 (2003)
- Lo Buglio A, Romano A, Vendemiale G - Sarcopenia - Riv. Soc. Ital. di Medicina generale - N° 1/34-39 (2017)
- Luo L, Lu Am, Wang Y, Yong A, Chen Y, Hu J, Li X,Qin ZH - Chronic resistance training activates autophagy and reduces apoptosis of muscle cells by modulating IGF-1 and its receptors, Akt/mTOR and Akt/FOXO3a signaling in aged rats -Exp Gerontol - 48(4)/427-436 (2013)
- Manninen AH- Very-low-carbohydrate diets and preservation of muscle mass- Journ. Nutrition & Med. (2006)
- Manno R. Strength ability in aged people. Ital J Sport Sci -N° 11/16-22 (2004)
- Marques de Souza Paiva L, Gonçalves de Almeida S - Suplementação de proteína associada a prática de exercícios físicos resistidos para a redução do processo de sarcopenia no envelhecimento - Society and Development, v. 14/ n. 7 (2025)
- Marzani B, Pansarasa O, Marzatico F - "Oxidative stress" and muscle aging: influence of age, sex,

- fiber composition and function - Basic Appl Myol - 14/37-44 (2004)
- Massa R- Decline in VO2max with aging in master athletes and sedentary men - Riv. FCI (2014)
- McKendry J, Breen L, Shad B, Shad G - Muscle morphology and performance in master athletes: A systematic review and meta-analyses -Aging Research Reviews - vol. 45/ 62-82 (2018)
- Melov S.- Identificazione delle caratteristiche molecolari dell'invecchiamento per guidare lo sviluppo di terapie anti-età-Buck Institute for Research on aging- S.Francisco, California (USA) (2021)
- Minjee Han, Kyung-sook Woo, Kirang Kim - Association Between Protein Intake and Sarcopenia-Related Indicators Among Korean Older Adults: A Scoping Review - Clin Nutr Res. - 14(3)/216-229 (2025)
- Mithal A, Bonjour J-P, Boonen S, Burckhardt P, Yoshimura N, Cooper C, Dawson-Hughes B et Al.- Impact of nutrition on muscle strength and performance in older adults- Osteoporosis International Congress (2011)
- Morse CI,Thom JM,Betulla KM,Narici MV-Cambiamenti nell'architettura del muscolo tricipite surale con sarcopenia-Acta Physiol. Scand. - 183(3)/291-298 (2005)
- Nair KS. Muscle protein turnover: methodological issues and the effects of aging. J Gerontol A Biol Sci Med Sci.-N.;50/107-12. 2 (1995)
- Negro M, Cerullo G, D'Antona G -Muscolo scheletrico e invecchiamento: la sarcopenia (2016)
- Negro M, Rucci S, Marzatico F- Antiaging: nutrizione e attività fisica contro l'invecchiamento muscolare- Rivista della Società italiana di medicina generale- N°2/4 (2011)
- Norton LE, Layman DK - Leucine regulates translation initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise - J Nutr - 136/533S-57 (2006)
- Paddon-Jones D, Short KR, Campbell WW et al. - Role of dietary protein in the sarcopenia of aging- Am J Clin Nutr. (2008)
- Paddon-Jones D- Interplay of stress and physical inactivity on muscle loss: nutritional countermeasures. J Nutr - 136/2123-2126 (2006)
- Rampinini E-Effetto dell'allenamento di forza sulla prestazione di Endurance-Rivista Scienza & Sport n°90-Editoriale Sport Italia, Milano (2014)
- Rawson ES, Clarkson PM - Acute creatine supplementation in older men - Int. J. Sports Med 21/71-75 (2000)
- Ryan ND, et al. High-intensity strength training in non agerians. Effects on skeletal muscle - JAMA -263/3029-34 (1990)
- Rondanelli M, Donini L, Giusti A - Sarcopenia: definizione, diagnosi e trattamento nutrizionale



Confronto tra bicipite brachiale sano e sarcopenico

- Società italiana di gerontologia e geriatria - Pacini Ed, Pisa - dicembre (2024)
- Rossi P, Marzani B, Giardina S - Human skeletal muscle aging and the oxidative system: cellular events - Curr Aging Sci - 1/182-191 (2008)
- Roth SM, Ferrel RF, Hurley BF- Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. J Nutr Health Aging - 4(3)/143-155 (2000)
- Roth SM, Ivey FM, Martel GF et Al-Muscle size responses to strength training in young and older men and women. J Am Geriatr Soc- 49(11)/1428-1433 (2001)
- Sheffield-Moore M, Yeckel CW, Volpi E, et al. - Post-exercise metabolism in older and younger men following moderate aerobic exercise - Am J Physiol Endocrinol Metab- 287/513-522 (2004)
- Spattini M- Anti-aging e lo stile di vita integrato-Ed. Tecniche Nuove, Milano (2013)
- Squillante A - Allenamento della forza nell'atleta master-Web-site Scienze Motorie.Com- marzo, 11 (2021)
- Steffl G et Al. - Sarcopenia e attività fisica -Riv. Clin. Int Aging -12:1/835-845 (2018)
- Stout JR, Cramer JT, Zoeller RF, Torok D, Costa P - Effects of beta-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women Amino Acids-Vienna Congress (AUT)-32/381-386 (2007)
- Tarnopolsky M, Zimmer A, Paikin J - Creatine monohydrate and conjugated linoleic acid improve strength and body composition following resistance exercise in older adults - PLoS One; 2/e991 (2007)
- Tessier AJ, Chevalier S.-An Update on Protein Leucine, Omega-3 Fatty Acids, and Vitamin D in the Prevention and Treatment of Sarcopenia and Functional Decline"- Riv. Int.Nutrients - (8)/1099 (2018)
- Van den Beld AW, De Jong FH, Grobbee DE - Measures of bioavailable serum testosterone and estradiol and their relationship with muscle strength, bone density, and body composition in

- elderly men -J Clin Endocrinol Metab 85/3276-3282 (2000)
- Vecchiet L, Montanari G, Pizzigallo E, Iezzi S, de Bigontina P, Dragani L, Vecchiet J, Giamberardino MA -Caratterizzazione sensoriale dei tessuti parietali somatici negli esseri umani con sindrome da stanchezza cronica-Riv. Neurosc. Lett.- 208/117-120 (1996)
- Venturelli M, Saggin P, Reggiani C, Schena F et al. - Prove in vivo e in vitro sul riscontro che la funzione intrinseca dei muscoli scheletrici di arti superiori e inferiori non è influenzata dall'invecchiamento e dal disuso negli anziani- Acta Physiol, Oxford -settembre; 215 (1)/58-71 (2015)
- Vermeulen A, Kaufman JM - Declining gonadal function in elderly men. Baillieres Clin Endocrinol Metab - 11(2)/289-309 (1997)
- Vitale G, Giugnini B, Farina S, Persani L - Invecchiamento ed esercizio fisico - L'Endocrinologo - 25/159-164 (2024)
- Vitale G, Cesari M, Mari D - Aging of the endocrine system and its potential impact on sarcopenia - Eur J Intern Med 35/10-15 (2016)
- Volpi, E, Nazemi R, Fujita S - Muscle tissue changes with aging- Curr Opin Nutr Metab Care - July, 7(4)/ 405-410 (2004)
- Yarasheski KE. Exercise, aging, and muscle protein metabolism - J Gerontol A Biol Sci Med Sci - 58M/918-22 (2008)
- Young A, Stokes M, Crowe M- The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men - Clin Physiol - 5/145-54 (1985)
- Yuan Wen, Dungan CM, Mobley CM, Valentino T, Walden F, Murach KA - La metilomica del DNA specifico del nucleo rivela la memoria epigenetica dell'adattamento precedente nel muscolo scheletrico - Function by Oxford Academic-Vol. 2/n° 5 (august) (2021)
- Zambelli S - Sarcopenia e attività atletica agonistica: "invecchio ma non mollo" -Web-site Fitness Sport, la rivista del benessere- Milano (2015)



100 OSTACOLI: ITALIA VS EUROPA

Antonio Dotti

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.

Ezio Madonia

Ha partecipato alle Olimpiadi Seoul e Atlanta nei 100 m. Allenatore di atleti/e di élite internazionale dei 100 e 110 ostacoli. Attualmente allena la campionessa italiana Elena Carraro.

Campionati italiani assoluti,
Caorle 2025

Il consistente miglioramento delle atlete italiane nella gara dei 100 ostacoli non ha ancora colmato il divario esistente con le atlete di élite a livello europeo. Per indagare le motivazioni di questa differenza, gli autori, utilizzando i programmi Kinovea e Coach's Eye hanno scomposto la gara in 5 parti prendendo in considerazione e confrontando i dati rilevati in alcune manifestazioni internazionali e nazionali del 2025.

Un primo confronto riguarda l'evoluzione del record italiano con un commento dei cinque parametri prescelti, al quale sono seguite altre indagini simili riguardanti il meeting di Montecarlo, meeting di La Chaux De Fonds, due meeting di Rabat, il meeting di Ostrava, il meeting di Stoccolma, i Campionati italiani assoluti di Caorle, la semifinale dei Campionati mondiali di Tokyo. Le casistiche prese in esame evidenziano l'esistenza di tre condizioni essenziali per il risultato finale e quindi per il successo: la reazione allo sparo, l'uscita dai blocchi, il raggiungimento di alta velocità alla discesa del 1° ostacolo. Ciascuna di esse viene ampiamente descritta sia dal punto di vista scientifico che metodologico, preparatorio e tecnico-didattico. Chiarita la differenza tra reazione semplice e reazione

complessa, si passa alle indicazioni per allenare la reazione motoria, seguita dalla spiegazione biomeccanica dell'uscita dai blocchi e dall'incidenza che in questa fase riveste la forza esplosiva, offrendo suggerimenti sulla metodologia per allenarla.

Esaurita la fase di espressione della forza esplosiva è la volta della forza reattivo-elastica, che accompagna l'atleta all'avvicinamento al 1° ostacolo e lo conduce fino al termine della gara, che viene anch'essa esaminata dal punto di vista biomeccanico e tecnico-didattico.

Chiariti i fattori neuromuscolari che incidono sulla capacità di allontanarsi velocemente dai blocchi di partenza si indicano esercizi specifici per migliorare l'accelerazione.

In conclusione si ritiene che la prima parte della gara (circa 40 metri) sia di fondamentale importanza per il risultato cronometrico ed agonistico della gara. Pertanto il compito principale del tecnico sarà quello di focalizzare l'attenzione e l'impegno per individuare le carenze in accelerazione e porvi rimedio.

L'articolo si completa con un'utile bibliografia.

Giuliano Grandi

PREMESSA

Nel settore degli ostacoli alti femminili il 2025 ha visto un notevole movimento verso le prime posizioni europee delle nostre atlete, pur rimanendo rilevante il divario tra il vertice europeo e quello italiano.

GRADUATORIE EUROPEE 2025 (al 15/09/25)

1.	Ditaji	Kambundji	12.24
2.	Nadine	Visser	12.28
3.	Pia	Skrzyszowska	12.49

GRADUATORIE ITALIANE 2025 (al 15/09/25)

1.	Giada	Carmassi	12.69	(7)
2.	Elena	Carraro	12.79	(15)
3.	Veronica	Besana	12.88	(23)
4.	Elisa	Di Lazzaro	12.91	(28)

N.B. tra parentesi le posizioni nella graduatoria europea.

Per indagare sui motivi per cui la distanza delle nostre atlete rimane significativa dal resto d'Europa, abbiamo cercato di capire, utilizzando i programmi Kinovea e Coach's Eye, quali potessero essere le cause di queste differenze, in modo da determinare,

con la maggior precisione possibile (il tutto si gioca su pochi centesimi), le diverse interpretazioni ritmiche delle nostre atlete nel corso delle più importanti gare del 2025, confrontandole con quelle delle migliori atlete d'Europa.

Sono stati presi in esame:

1. Il tempo di reazione allo sparo (quando comunicato dall'organizzazione)
2. Tempo alla discesa del primo ostacolo, che convenzionalmente abbiamo considerato per tutte le atlete a 14 metri
3. Intervallo di tempo tra la discesa al 1° ostacolo alla discesa del 10°
4. Tempo dalla discesa al 10° ostacolo e tempo di arrivo
5. Risultato ottenuto

Ovviamente questi elementi sono strettamente collegati e il minor rendimento di uno di loro si riverbera sui successivi, determinando il peggioramento cronometrico e/o agonistico.

RECORD ITALIANO

Il primo confronto è stato effettuato sull'evoluzione del record italiano, anche se le due gare non si sono svolte in una realtà temporale coincidente (per Bogliolo, la gara presa in esame è la semifinale delle Olimpiadi di Tokyo 2020, per Carmassi il meeting

di Stoccolma svoltosi quest'anno), per cui le osservazioni restano solamente virtuali, anche se significative, in quanto manca la componente agonistica dello scontro.

	1	2	3	4	5
GIADA CARMASSI	0,153	2,56	8,99	1,14	12,69
LUMINOSA BOGLIOLO	0,154	2,61	9,00	1,14	12,75

In questa tenzone teorica possiamo notare che:

- o Il tempo di reazione allo sparo è stato praticamente identico
- o La velocità raggiunta alla discesa del 1° ostacolo da Giada Carmassi è di 8.4m/s a fronte di 8.2 m/s di Luminosa Bogliolo
- o Dal 10° ostacolo all'arrivo, il tempo di percorrenza è simile
- o Il miglioramento è stato di 6/100
- o La differenza sostanziale si realizza tra la partenza e la discesa del 1° ostacolo, 5/100, quelli che hanno determinato il record

Questi dati sono stati realizzati utilizzando la formula

$$v(t)=v_{\max}(1-e^{-t/\tau})$$

dove t è il tempo trascorso dall'inizio della gara, v(t) è la velocità al tempo t, v_{\max} è la velocità massima raggiunta nel corso della gara e τ è una costante talvolta chiamata "tempo di accelerazione". In questo modello, τ può essere definito come il tempo in cui l'atleta ha raggiunto circa il 63% della propria velocità massima. Chiaramente, sia v_{\max} sia τ dipendono individualmente dall'atleta (Briand & C. 2025).

MEETING DI MONTECARLO

Se invece esaminiamo il percorso agonistico della nostra primatista nazionale potremo rilevare al Meeting Hercules di Montecarlo rispetto a Nadine Visser:

	1	2	3	4	5
NADINE VISSER	0,149	2,55	8,87	1,14	12,56
GIADA CARMASSI	0,144	2,68	9,00	1,14	12,82

- o Prestazione 12.56 contro 12.82 con un differenziale di 0.26/100
- o Tempo discesa al 1° ostacolo 2.55 sec. contro 2.68 sec. Quindi con un differenziale di 0.13/100
- o Ciò ha determinato un ulteriore appesantimento del tempo cronometrico di 0.13/100 nella fase di corsa tra gli ostacoli

- o Velocità in m/s alla discesa del 1° ostacolo è di 8.4 /m/s a fronte di m 7.9 m/s. Questa differenza di velocità è la causa dell'appesantimento del tempo di percorrenza nel tratto successivo con un aggravio di ulteriori 13/100
- o Gli altri parametri (tempo di reazione e tempo dal 10° ostacolo all'arrivo) sono identici.

MEETING DI LA CHAUX DE FONDS

In questo meeting vengono invece poste a confronto le prestazioni della campionessa italiana Elena Carraro con la capofila europea Nadine Visser.

	1	2	3	4	5
NADINE VISSER	?	2,50	8,72	1,13	12,35
ELENA CARRARO	?	2,67	9,11	1,15	12,93

- o Prestazione di 12.35 contro 12.93 con un differenziale di 0.58/100, di cui 0,17/100 alla discesa del 1° ostacolo
- o Il che determina una velocità di entrata rispettivamente di 8.6 m/s per Visser a fronte di 7.9 m/s di Carraro
- o E un ulteriore ritardo di 0,39/100 nel tempo di percorrenza dalla discesa del 1° ostacolo al 10°
- o Ed infine un'aggiunta di 0,02/100 tra il 10° ostacolo e l'arrivo
- o La netta differenza di velocità di entrata al 1° ostacolo determina un saldo negativo costante e crescente.

MEETING DI RABAT (1)

	1	2	3	4	5
ELENA CARRARO	0,176	2,67	9,06 *	1,16	12,89
GIADA CARMASSI	0,144	2,66	9,00	1,15	12,81

In questo scontro casalingo la differenza di risultato appare principalmente legata ad un tempo di reazione modesto di Carraro (+32 millesimi) che la costringe ad uno sforzo ritmico tra il 1° e il 10° ostacolo. Da sottolineare le capacità di recupero di Carraro che con un tempo di reazione negativo riesce quasi a pareggiare Carmassi alla discesa del primo ostacolo. In questa occasione però, lo sforzo effettuato la porta a scomporsi, poiché nel successivo tratto tra gli ostacoli non riesce ad eseguire correttamente la parte ritmica. Questo errore la porta a distanziarsi nuovamente dall'avversaria nel finale di gara.

MEETING DI RABAT (2)

	1	2	3	4	5
GIADA CARMASSI	0,144	2,66	9,00	1,15	12,81
PIA SKRZYSZOWSKA	0,142	2,56	8,97	1,16	12,69
ELENA CARRARO	0,176	2,67	9,06	1,16	12,89

In questa occasione possiamo anche osservare il comportamento ritmico delle nostre due atlete con una delle maggiori protagoniste della scena europea degli ostacoli femminili, Pia Skrzyszowska: appare del tutto evidente che la differenza cronometrica tra le tre atlete è stata determinata da un diverso tempo di discesa dal 1° ostacolo, anche se per la Carraro pesa grandemente il tempo di reazione allo sparo (0,34 centesimi).

MEETING DI OSTRAVA

	1	2	3	4	5
ELENA CARRARO	0,177	2,67	9,17	1,17	13,01
SARAH LAVIN	0,144	2,60	9,03	1,13	12,76

Anche in questo scontro con Sarah Lavin, che è una buona interprete della specialità, il risultato di Carraro è pesantemente condizionato da un tempo di discesa molto alto (7/100) che non può non influenzare poi la velocità della parte ritmica della gara.

MEETING DI STOCCOLMA

	1	2	3	4	5
GIADA CARMASSI	0,153	2,56	8,99	1,14	12,69 R.I.
NADINE VISSER	0,142	2,50	8,87	1,12	12,49

Nella gara del record italiano appare in tutta evidenza il saldo negativo di Carmassi nei confronti di Visser in tutti i segmenti di gara presi in esame. Carmassi, pur con una velocità notevole raggiunta alla discesa del 1° ostacolo (8.3 m/s), deve confrontarsi con una Visser eccellente che invece nell'avvio corre a 8.6 m/s. Questo differenziale comporta il saldo negativo negli altri segmenti esaminati, anche se c'è da sottolineare l'ottima prestazione complessiva di Carmassi.

CAMPIONATI ITALIANI CAORLE

	1	2	3	4	5
ELENA CARRARO	0.192	2.70	9.04	1.13	12.87
GIADA CARMASSI	0.174	2.72	9.25	1.14	13.11
CELESTE POLZONETTI	0.172	2.70	9.32	1.18	13.20

Scontro in terra amica dai risvolti interessanti. Si può notare che Elena Carraro ha un tempo di reazione poco brillante, che però viene subito compensato da una notevole accelerazione dai blocchi, a tal punto che, alla discesa del 1° ostacolo ha pareggiato le sue avversarie (7.8 m/s a fronte di 7.7 m/s di Carmassi e di 7.8 m/s di Polzonetti). Ciò le consente di accelerare nella fase centrale della gara, con il risultato di guadagnare da due a tre decimi (che sono un'enormità).

Di contro, pur con un avvio deciso di entrambe le sue avversarie, la parte ritmica presenta per loro grosse difficoltà, anche se Polzonetti corona con il terzo posto una davvero eccellente stagione agonistica.

CAMPIONATI DEL MONDO TOKYO 2025 (SEMIFINALE)

	1	2	3	4	5
ELENA CARRARO	0,194	2,69	9,01	1,09	12,79
LOTTA HARALA	0,185	2,73	9,16	1,13	13,02

Concludiamo questa ricerca esaminando il comportamento di Elena Carraro ai recenti campionati del mondo di Tokyo. Da evidenziare il percorso virtuoso dell'atleta che, accreditata del 38° risultato complessivo, ha terminato le gare con l'11° tempo, che è tra l'altro il suo personale migliorato di 5/100. In questa semifinale l'abbiamo comparata alla finlandese Harala, buona interprete di una scuola che da sempre è in grado di presentare atlete di un certo interesse. Balza subito all'occhio il buon tempo di reazione (per una ostacolista) di Harala, mentre Carraro si attesta su di un tempo di reazione normale. Alla discesa del primo ostacolo però già le posizioni sono invertite, perché Carraro si produce in una accelerazione notevolissima (7.9 m/s alla discesa del primo ostacolo) in raffronto ad Harala che corre alla discesa in 7.7 m/s. Questa netta fase accelerativa permette a Carraro di percorrere il tratto con le barriere in un notevole 9,01 e addirittura il

tratto finale in 1,09 (in linea con le maggiori interpreti della specialità), mentre Harala, complice un non ottimale momento accelerativo, accumula nei tratti successivi un fardello cronometrico che la porterà ad ottenere un mediocre 13,02 che la relega all'ultimo posto della semifinale.

LE TRE CONDIZIONI PER IL SUCCESSO

Come si può notare dagli esempi presi in esame, il risultato cronometrico e quello agonistico è stato sempre condizionato da una differente esecuzione della **reazione allo sparo-uscita dai blocchi - raggiungimento di alta velocità alla discesa del 1° ostacolo**. Questi tre elementi hanno determinato il più delle volte il risultato finale.

IL TEMPO DI REAZIONE MOTORIA (O TEMPO DI LATENZA)

Il tempo di latenza è l'intervallo che intercorre tra la percezione di uno stimolo e la risposta dell'individuo. Dipende dal sistema nervoso centrale e dalla capacità di concentrazione dell'atleta. È strettamente correlato ai meccanismi di reclutamento delle fibre muscolari che avvengono nella fase iniziale dell'azione della forza esplosiva.

Poiché dipendono dal sistema nervoso centrale, le possibilità di sviluppo sono abbastanza limitate, per cui si deve cercare di mantenere gli standard di cui l'atleta è in possesso con esercitazioni costanti.

Si distinguono essenzialmente due tipi di reazione:

A) Reazione semplice, tipica delle prove di velocità dell'atletica leggera, in cui il gesto motorio è generato da uno stimolo già noto al soggetto (sparo dello starter nella partenza dai blocchi), ed è quindi caratterizzato da un segnale acustico. Dopo il segnale si esegue una sequenza prestabilita di movimenti.

L'intensità elevata dello stimolo determina la risposta motoria: a stimolazione elevata corrisponde una risposta massimale. Questa capacità si evolve positivamente (riduzione del tempo di latenza), sia a

Giada Carmassi



seconda dello stato di allenamento che dell'anzianità di carriera. Diversi studi affermano che questa tipologia di stimolo può variare in un ciclo annuale di allenamento, e quindi può rappresentare un mezzo di controllo per valutare lo stato di salute e di affaticamento del sistema nervoso centrale (Issurin, Verchoshankij, Weineck).

Il tempo di latenza nelle gare di velocità è però pesantemente condizionato da alcuni fattori esterni, come ad esempio il tempo che lo starter lascia passare dal comando "set" allo sparo. Poiché in una posizione ottimale di partenza gran parte del peso corporeo grava sulle dita (che sostengono sino al 70% del peso corporeo), se lo starter lascia trascorrere dei tempi lunghi prima dello sparo l'affaticamento del controllo del peso del corpo porta ad un abbassamento di concentrazione e di conseguenza ad un tempo di reazione più lungo.

La componente motoria ad uno stimolo esterno in condizioni di assenza di un'elevata resistenza è l'esempio di movimenti semplici, e si realizza con la partecipazione dei gruppi muscolari degli arti inferiori e del tronco. La coordinazione di questi elementi è abbastanza semplice per cui non influenza particolarmente la rapidità di movimento.

B) Reazione complessa, in cui l'atto di percezione è differenziato e prevede la scelta del tipo di reazione. Si applica negli sport di situazione (giochi di squadra) e di combattimento.

Lo stimolo non è prevedibile e arriva per lo più improvvisamente, per cui la reazione è più lenta, dovuta al fatto che intervengono non uno ma più segnali. A differenza della reazione semplice, la reazione complessa implica un processo cognitivo.

COME ALLENARE LA REAZIONE MOTORIA

- o Esercizi con stimoli visivi: ad esempio, un partner può muovere le mani o un oggetto in modo casuale e l'atleta deve reagire rapidamente toccando o spostandosi verso di esso
- o Esercizi con stimoli uditivi: ascoltare segnali sonori (come un fischio o un campanello) e reagire immediatamente con un movimento, come un salto o un cambio di direzione. Alcune ricerche hanno però dimostrato che l'utilizzo di forti stimoli acustici standard porta ad un rapido miglioramento della reazione motoria per poi altrettanto rapidamente passare all'assuefazione e quindi ad una stasi. Se si utilizzano stimoli diversi (come intensità di suono) si riesce invece ad incrementare ulteriormente la capacità di reazione
- o Esercizi di reazione ad uno stimolo luminoso: usare luci lampeggianti o dispositivi elettronici che accendono luci in modo casuale. Il compito

- dell'atleta è quello di toccare o premere un pulsante appena percepita l'accensione della luce
- o Esercizi di rapidità manuale: si devono afferrare e rilasciare oggetti in modo rapido, o rispondere a comandi verbali con movimenti specifici
 - o Recentemente, una ditta tedesca ha messo in produzione un interessante kit per lo sviluppo ed il miglioramento delle qualità di reazione denominato Artzt Neuroathletik Starter (Allenamento neuro atletico) con un set di 6 strumenti:
 - 1) Schede oculari per l'allenamento della percezione periferica di primi piani e per un controllo preciso
 - 2) Corda di Brock per l'addestramento alla visione binoculare sincronizzata; viene utilizzato nella terapia visiva per migliorare la coordinazione e la convergenza degli occhi.
 - 3) Benda per gli occhi per aumentare la difficoltà degli esercizi visivi
 - 4) Occhiali a griglia per allenare i muscoli oculari ed allo stesso tempo rilassarsi
 - 5) Palla di Marsden per allenare i movimenti di tracciamento oculare e la fissazione mirata
 - 6) Bastoncini visivi per l'allenamento della coordinazione oculo-motoria mirata.

Gli esercizi di inseguimento visivo migliorano non solo la motilità oculare, ma anche le prestazioni cognitive, come la velocità di elaborazione degli stimoli e la precisione decisionale. Questi benefici sono particolarmente rilevanti in sport ad alta intensità, dove ogni frazione di secondo può fare la differenza tra vittoria e sconfitta.

USCITA DAI BLOCCHI

Immediatamente dopo lo sparo l'atleta, attraverso una contrazione concentrica massimale, deve lasciare rapidamente il blocco di partenza.

Quando vengono effettuati movimenti caratterizzati da impegno massiccio nel minor tempo possibile si parla di **forza esplosiva**.

La caratteristica più importante del movimento esplosivo è quello di un rapido sviluppo, da zero, di elevati valori di forza. Si assiste ad un iniziale e progressivo aumento della tensione muscolare.

La forza esplosiva si può suddividere in due componenti:

- La forza iniziale dei muscoli, che è la capacità di sviluppare rapidamente l'estrinsecazione di forza nel momento iniziale della tensione. Essa è strettamente collegata al tempo di latenza successivo allo sparo dello starter
- La forza assoluta, che è capacità di rendimento dei muscoli. Si applica ai movimenti che sono alla base dello sviluppo di notevoli applicazioni di forza in un tempo minimo. In altre parole, se aumenta la forza dei muscoli che effettuano il movimento con la stessa escursione artico-



Elena Carraro

lare, si abbassa il tempo impiegato a produrre movimento, per cui la capacità principale della forza esplosiva non è tanto quella di effettuare un movimento velocemente e di sviluppare un elevato massimale di forza dinamica, quanto di raggiungere questo massimale nel minor tempo possibile.

Anche la posizione del corpo ha una notevole importanza per la grandezza della forza che deve essere sviluppata; infatti, eseguendo un certo movimento variano:

- a) l'angolo dell'articolazione
- b) la lunghezza del muscolo interessato
- c) l'angolo tra la direzione della sollecitazione muscolare ed il suo inserimento sulla struttura ossea.

Aumentando o diminuendo sia le leve che le applicazioni di forza ovviamente otteniamo come conseguenza delle modificazioni dei rendimenti meccanici (per quanto riguarda l'aspetto biomeccanico della partenza dai blocchi si faccia riferimento all'articolo "I 100hs e la ricerca dello spazio perduto", AtleticaStudi numero 3/25).

In alcuni casi anche una variazione minima della posizione di una parte del corpo può arrecare notevoli variazioni della forza. Per questo è necessario che l'ostacolista dedichi molto tempo al perfezionamento del gesto tecnico dell'uscita dai blocchi che deve diventare parte integrante del suo processo di allenamento.

COME ALLENARE LA FORZA ESPLOSIVA

L'allenamento per migliorare la forza esplosiva punta su movimenti rapidi, intensi e controllati, spesso con carichi sub-massimali o solo con il peso corporeo.

Pliometria

- o Salti pliometrici (box jump, salti su un piede, drop jump)
- o Movimenti esplosivi da seduti
- o Lanci di palla medica

Sollevamenti di resistenze

- o Strappo
- o Slancio

Sprint e scatti brevi

- o Sprint da fermo
- o Sprint in salita
- o Cambi di direzione rapidi

Lavoro con carichi leggeri ad alta velocità

- o Squat Jump con bilanciere leggero
- o Bench press esplosiva

Balzi

- o Da fermo
- o Triplo
- o Quintuplo

Le esercitazioni debbono seguire queste indicazioni

- **Massima intensità:** ogni ripetizione deve essere eseguita al massimo della velocità possibile
- **Poche ripetizioni:** da 3 a 6 per serie
- **Recupero completo:** tra 1 e 3 minuti tra le serie per garantire prestazioni esplosive.

FORZA VELOCE REATTIVO ELASTICA

Esaurito il “momento esplosivo” è la forza veloce, attraverso la rapidità di azione, che determina un rapido avvicinamento al 1° ostacolo.

Varie definizioni sono state date circa la rapidità. Come esempio abbiamo scelto quello di M. Grosser (1991) che recita “si intende (per forza veloce) la capacità di raggiungere in determinate condizioni la massima velocità di reazione e di movimento possibile, sulla base di processi cognitivi, di impegni massimi di volontà e della funzionalità del sistema neuromuscolare”.

In altre parole, la forza veloce è la capacità dei muscoli, tendini e tessuti connettivi di immagazzinare energia elastica durante una fase di allungamento e di rilasciarla rapidamente durante una fase di contrazione, contribuendo così a generare forza e potenza; si tratta della capacità di sfruttare l'elasticità dei tessuti per migliorare l'efficienza del movimento, come nel salto, nella corsa o in esercizi pliometrici. L'obiettivo è allenare il sistema neuromuscolare a reagire rapidamente e a sfruttare al massimo l'energia elastica immagazzinata, migliorando così la potenza, la velocità e l'efficienza del movimento.

COME ALLONTANARSI VELOCEMENTE DAI BLOCCHI DI PARTENZA

L'accelerazione di partenza è una forma specifica delle locomozioni cicliche. È caratterizzata da una rapida crescita della velocità dallo stato di quiete iniziale fino alla massima velocità. Considerando che l'accelerazione richiede un'elevata intensità degli impegni di forza deve essere prodotta anche:



Celeste Polzonetti

- Un'elevata intensità della corrente di impulsi d'eccitazione che si espandono dal sistema nervoso centrale alla periferia motoria
- Un'elevata intensità di funzionamento dei meccanismi energetici.

Ad esempio, nella corsa veloce l'accelerazione viene determinata principalmente dalla progressiva lunghezza dei passi (e non dalla frequenza, che risulta essere sempre massimale) che si può raggiungere grazie ad una elevata forza massima ed esplosiva dei muscoli interessati. La capacità di accelerazione iniziale è una capacità motoria specifica che non ha alcuna correlazione con la prestazione di corsa lanciata, non soltanto per le differenze nella regolazione nervosa centrale dei movimenti, ma anche per il diverso ruolo funzionale dei gruppi muscolari impegnati. Difatti la correlazione tra gli indici di forza rapida tra i flessori della coscia e l'accelerazione iniziale è molto elevata, mentre al contrario cala di molto rispetto alla velocità di corsa sulla distanza che, invece, viene influenzata dalla stiffness del piede e della gamba.

L'uscita dai blocchi dell'ostacolista è quindi un “crescit eundo”, cioè un progressivo aumento di percorso della falcata. Per tale motivo viene utilizzata il più possibile la forza dei quadricipiti, che sostenendo gli arti inferiori (intendendosi la gamba propriamente detta e cioè dal ginocchio in giù) permettono al corpo dell'atleta di allontanarsi rapidamente dal blocco. Poiché in questa fase il tempo di appoggio del piede a terra è maggiore che nel resto della gara, si tenderà ad utilizzare il contributo contrattile del piede a scapito di quello elastico, ma questo momento deve essere ribaltato rapidamente, dimodoché, intervenendo la fase reattivo elastica, venga amplificato l'incremento di velocità e si potranno sfruttare in maniera più completa i 13 metri di lancio della gara. Divengono così importanti i muscoli del tronco (addominali in primis) che consentono alla

coscia di salire velocemente verso la posizione orizzontale per favorire un rapido ritorno a terra sotto il centro di massa. Nei movimenti ciclici, ad ogni ciclo di tensione è necessario che i muscoli dopo aver eseguito il movimento siano in grado di rilassarsi rapidamente. L'alternanza contrazione-decontrazione rappresenta un momento fondante della possibilità di accelerare in maniera ottimale, e deve essere quindi allenata perché è da questo che dipende la realizzazione di movimenti ciclici veloci. È necessario, perciò, possedere ottime coordinazioni inter ed intramuscolari che devono essere permanentemente mantenute a livelli eccellenti, per poter effettuare con successo il rapido allontanamento dai blocchi o, lapalissianamente, un veloce avvicinamento all'ostacolo. Un attento esame del gioco agonisti-antagonisti risulta essere fondamentale per un efficace e rapido arrivo al primo ostacolo. Occorre sottolineare che il rilassamento muscolare rappresenta un processo attivo, per cui deve essere allenato. Dalla capacità di gestire questo processo dipende l'efficacia dei movimenti ciclici.

Esercizi specifici di accelerazione

- Sprint da 5, 10, 15 metri da blocchi o con 3 appoggi
- Training con slitta leggera (resistenza dal 15 al 20% del peso corporeo) su brevi distanze (max 30 m.)
- Sovraccarico con rilascio o partner che oppone leggera resistenza (max 10 appoggi)
- Utilizzo dei kettlebells per lo sviluppo coordinativo delle successioni intermuscolari
- Sviluppo della multilateralità o policoncorrenza
- Salto della corda.
- Reaction Speed Training: strumento in gomma a forma triangolare progettato per migliorare reattività, agilità e velocità. Grazie al rimbalzo imprevedibile è riferito in maniera specifica per esercizi di propriocezione e coordinazione occhio-mano, ma nel caso riferito agli ostacolisti concorre a un notevole miglioramento della reattività
- Bastoncini visivi per l'allenamento della coordinazione oculo-motoria mirata
- 1080 motion sprint: consente accelerazioni con resistenze programmate. Molto efficace ma di alto costo per cui è eventualmente consigliabile l'utilizzo con atleti di alta caratura sportiva.

CONCLUSIONI

Dallo studio delle principali manifestazioni del 2025 appare evidente che i primi secondi di competizione, quelli dalla partenza alla discesa dal primo ostacolo, sono fondamentali per la riuscita sia cronometrica che agonistica della gara. Arrivare dopo circa 14 m. con 40/50 cm di ritardo alla discesa

del 1° ostacolo costituisce un fardello pesante per la prestazione dell'ostacolista. Per cui individuare le carenze in accelerazione e porvi rimedio sarà il compito principale del tecnico. Questa tipologia di allenamento pone in rilievo la necessità di dedicare a questa porzione di gara una parte consistente del lavoro settimanale poiché i progressi in tal senso appaiono, quando ben allenati, millimetrici anche se risolutivi. È questa una condizione primaria se si vuole che un'ostacolista rimanga a livelli altamente competitivi. Ne risulta quindi un allenamento estremamente composito e tecnico che, se ben svolto, potrà portare finalmente le nostre atlete a competere con le migliori ostacoliste europee.

BIBLIOGRAFIA

- Briand, J., di Prampero, P.E., Osgnach, C. et al. *Quantifying metabolic energy contributions in sprint running: a novel bioenergetic model*. Eur J Appl Physiol (2025)
- Ceccarelli I.: Analisi descrittiva del rapporto tra tecnica e velocità in ostacoliste di alta prestazione. Atletica Studi num. 3-4 (2014)
- Dotti A.; Madonia E.: I 100 ostacoli e la ricerca dello spazio perduto. Atletica Studi num. 2 (2025)
- Hochmuth G.: Biomeccanica dei movimenti sportivi. Ed Nuova Atletica del Friuli (1983)
- Maddougall D. Sale D.: The physiology of training for high performance. Oxford press (2014)
- Healy R., Kenny I.C., and Andrew J. Harrison A.J.: Profiling elite male 100-m sprint performance: The role of maximum velocity and relative acceleration. Journal of Sport and Health Science, 11(1):75-84 (2022)
- Samozino J.P., Rabita G., Dorel S., Slawinski J., Peyrot N: Saez de Villarreal E., and Morin J.B.: A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 26(6):648-658 (2016)
- Verchoshankij Y.: La moderna programmazione dell'allenamento sportivo. Vol. quarto. Ed Scuola dello Sport (2001)
- Verchoshankij Y.: La preparazione fisica speciale. Vol. secondo. Ed Scuola dello Sport (2001)
- Verchoshankij Y.: Introduzione alla teoria e metodologia dell'allenamento sportivo. Vol. primo. Ed Scuola dello Sport (2001)
- Verchoshankij Y.: Lo sviluppo della forza specifica nello sport. Edizioni di Atletica Leggera (1970)
- Weineck J.: L'allenamento ottimale - Calzetti & Mariucci (2024)

Si ringrazia per la preziosa consulenza scientifica il dottor Filippo Girardi, dottorando in fisica, con specializzazione sulla teoria dell'informazione quantistica, presso l'Università Normale di Pisa.



GENESI DELLO STUDIO BIOMECCANICO NELLA TECNICA DEI SALTI

Giorgio Fracchia

Nato ad Asti il 24 marzo 1948. Laurea in ingegneria civile, con interesse a studi di biomeccanica (cinematica) applicata all'atletica leggera. Ha praticato l'atletica dal 1964, nell'ambito della società Vittorio Alfieri di Asti, nella specialità del decathlon, prima a livello assoluto poi nel settore master. Con la qualifica di istruttore ottenuta nel 1970 si è dedicato all'allenamento di atleti delle categorie cadetti, allievi e juniores, principalmente nelle prove multiple e nel salto con l'asta. Dal 2024 è allenatore specialista salti.

Tutor Prof. Stefano Serranò

INDICE

1. Introduzione
2. Metodologia dell'analisi biomeccanica
3. Panoramica sul salto in lungo del XX secolo
4. L'atleta del XX secolo, Carl Lewis ad Helsinki 1983
5. L'impresa del XX secolo, il salto di 8.90 di Bob Beamon a Città del Messico 1968

Simon Ehammer, Golden Gala,
Roma 2025

Su questo numero di AtleticaStudi ospitiamo (e ne siamo onorati per vari motivi) un bellissimo project work dell'allenatore specialista Giorgio Fracchia sulla "Genesi dello studio biomeccanico nella tecnica dei salti", che spazia sapientemente dall'ineguagliabile e famosissima ripresa che il padre Luciano fece del record del mondo di Bob Beamon, il quale ottenne la straordinaria misura di 8,90 metri nel salto in lungo in occasione delle Olimpiadi di Città del Messico, fino alle più moderne tecniche di analisi biomeccanica dei gesti sportivi.

Una breve panoramica sulla metodologia dell'analisi biomeccanica, dalla genesi in occasione delle Olimpiadi di Città del Messico fino ai giorni nostri, anticipa una stimolante panoramica sul salto in lungo del XX secolo, partendo dall'analisi dei risultati degli 8 finalisti maschili delle 19 edizioni dei Campionati mondiali disputati fino al 2023 (il saggio è stato scritto in data antecedente ai recenti Campionati mondiali di Tokyo 2025) e delle Olimpiadi dal 1924 al 2021.

Una dotta anticipazione storica, che individua in Carl Lewis l'atleta più rappresentativo del XX secolo, introduce al vero e proprio studio biomeccanico della finale del salto in lungo in occasione dei Campionati mondiali di Helsinki del 1983, che viene accuratamente analizzata partendo dall'esposizione dei metodi di analisi utilizzati: caratteristiche e posizionamento della telecamera, analisi dei filmati, riferimenti di tempo, riferimenti metrici, errore di parallasse, dati biometrici e tecnici dei finalisti.

L'analisi del salto inizia con un'ampia trattazione della rincorsa prendendo come riferimento Carl Lewis, del quale vengono commentate le caratteristiche della rincorsa esposte in una interessantissima tabella.

Gli ultimi 4 passi di tutti i finalisti sono a loro volta oggetto di indagine e di analisi sia cinematica sia afferente alla rilevazione dei tempi di passo e dei tempi di volo, esposti in altrettante chiare tabelle.

Gli aspetti cinematici dello stacco e del salto sono trattati in modo approfondito ricorrendo alle note formule della fisica e della biomeccanica, studiando in modo particolare il volo di Lewis nel salto di 8,55 metri, risolto col metodo grafico-analitico della traiettoria del centro di massa del corpo nella fase di volo, che consente di tracciarne il contornogramma dello stacco e del volo, in opportuna scala. Lo stesso metodo consente di analizzare il salto di Grimes di 8,23 metri. Un'ulteriore tabella riporta i dati (angolo di stacco, velocità di stacco, altezza parabola) di tutti gli altri finalisti.

L'ultima parte di questo brillante saggio tecnico, con originali risvolti storici, è dedicata all'impresa del XX secolo: il salto di 8,90 metri di Bob Beamon a Città del Messico 1968. Dopo interessanti pillole di storia ed accenni ai metodi di analisi utilizzati si passa ad una trattazione degli ultimi tre passi, dello stacco e del salto, ricorrendo anche in questo caso al contornogramma del salto di 8,90 metri, ampiamente descritto e commentato.

Il commento finale evidenzia la soddisfazione dell'autore per le conferme avute, pur con la semplicità dei mezzi utilizzati, e solleciterà la gratitudine dei lettori per questo magnifico esempio di competenza tecnica e di cultura sportiva.

Grazie, grazie, grazie.

Giuliano Grandi

1. INTRODUZIONE

Questo studio illustra le prime esperienze di analisi nel campo della biomeccanica del movimento sportivo, in particolare indirizzato alle specialità dei salti dell'atletica leggera, e più in dettaglio al salto in lungo, adottando i mezzi semplificati di analisi a disposizione degli autori del lavoro all'epoca degli eventi analizzati (1968, Olimpiadi di Città del Messico; 1983, Campionati mondiali di Helsinki).

2. METODOLOGIA DELL'ANALISI BIOMECCANICA

Genesi dell'analisi biomeccanica

Le azioni sono state filmate con cineprese semiprofessionali (Paillard-Bolex) con velocità di ripresa tra i 50 e i 100 f/s. Per l'impossibilità di accedere al campo di gara la ripresa è eseguita dalla tribuna, con coordinate in altezza e nel piano, rispetto all'evento filmato, determinate in modo approssimativo.

I riferimenti dei tempi di esecuzione dell'azione si basano unicamente sulla velocità di ripresa della cinepresa. I riferimenti metrici sono ricavati in accordo a note misure rilevabili dal campo di gara, quali la distanza dall'asse di battuta dalla sabbia, la lunghezza del salto, le misure standard ricavabili dalla pista e dalle corsie.

I fotogrammi del filmato vengono quindi stampati su carta millimetrata, mantenendo i rapporti di scala tra le varie immagini (si consideri che all'epoca delle azioni filmate, seconda metà del '900, l'uso di computer ad uso comune era ancora precluso).

Si passa poi all'analisi del salto con la creazione, partendo dalla stampa dei fotogrammi, di contornogrammi dello stacco e del volo per determinare la lunghezza della parabola. Utilizzando poi le formule della trigonometria e della fisica si procede alla determinazione dei parametri cinematici della prestazione (velocità di ingresso e di uscita, angoli di stacco, lunghezze del moto parabolico).

Oggi l'uso comune di personal computer permette comunque di minimizzare gli errori di lettura della grafica. Considerando che viene utilizzata una sola videocamera, opportune correzioni sulle misurazioni delle immagini stampate vengono adottate per ottenere risultati più attendibili. La videocamera deve essere posizionata a sufficiente distanza dal piano in cui si muove l'atleta per ridurre al minimo l'errore di parallasse, che potrebbe essere ridotto utilizzando più videocamere.

L'asse ottico è perpendicolare al piano del movimento.

L'errore di parallasse è legato all'angolo di ripresa ed è tanto maggiore quanto maggiore è l'angolo di ripresa rispetto alla perpendicolare all'azione del salto.

Un altro aspetto da considerare è che con l'aumentare della distanza di ripresa si riduce anche la dimensione (apparente) dell'atleta sul fotogramma stampato.

La combinazione di questi due effetti può portare anche ad un errore di lettura del 10%. Opportune correzioni di lettura dei fotogrammi sono state prese in conto in questo studio.

L'analisi biomeccanica, oggi

L'analisi biomeccanica si è successivamente evoluta soprattutto negli ultimi decenni anche per l'entrata in gioco dei procedimenti di studio computerizzati.

Oggi si usano videocamere professionali ad alta velocità (200 f/s fino a 2000 f/s). L'utilizzo di più videocamere sincronizzate, invece di un unico apparecchio, permette di annullare gli errori di parallasse. Le videocamere sono disposte in posizioni opportune per avere una visuale completa del gesto sportivo nelle tre direzioni del movimento e non solo nel piano dell'azione studiata. Videocamere posizionate frontalmente rispetto al salto permettono anche di percepire i minimi movimenti laterali dell'atleta durante la rincorsa e il salto.

Programmi di video analisi consentono di definire con esattezza parametri quali tempi di contatto e di volo e ampiezze dei passi.

Si utilizzano punti di riferimento posizionati sul corpo dell'atleta per valutare gli angoli di impostazione degli elementi corporei e definire con maggior precisione la posizione del centro di massa, con l'aiuto di programmi computerizzati e software per analisi video, come illustrato nel lavoro dell'Università di Iowa¹ sui salti di Jason Grimes.

La disposizione di cellule fotoelettriche a distanze note dallo stacco definiscono con maggior precisione le velocità degli ultimi passi della rincorsa.

L'analisi può essere completata e migliorata con esami di laboratorio, disponendo di adeguate attrezzature. Questo comporta uno studio dell'azione tecnica anche da un punto di vista dinamico, e non solo cinematico, con l'uso di pedane piezometriche per la definizione delle forze e delle accelerazioni, per lo studio più dettagliato dei parametri che oggi completano il quadro delle innovazioni in questo campo di studio.

La presente relazione si rifà ancora a metodi di lavoro semplificati con procedure di lavoro comunque valide che portano a risultati attendibili, se confrontati con i dati reperibili nella bibliografia sull'argomento.

Questo lavoro segna un po' la genesi dello studio biomeccanico del gesto sportivo.

Qui vengono analizzate le azioni nel salto in lungo relative a due eventi agonistici del passato:

- La finale del salto in lungo dei primi Campionati del mondo di atletica (Helsinki 1983)
- Il salto di 8.90 metri di Robert Beamon alle Olimpiadi di Città del Messico nel 1968.

3. PANORAMICA SUL SALTO IN LUNGO DEL XX SECOLO

Uno sguardo ai risultati ottenuti nelle più importanti manifestazioni internazionali della seconda metà del secolo scorso (Olimpiadi e Campionati del mondo) ci dà un'idea dell'evoluzione di questa specialità in campo maschile negli ultimi decenni.

CAMPIONATI DEL MONDO: nella Tab. 1A/B i risultati degli otto finalisti maschili nel salto in lungo di tutte le 19 edizioni disputate fino ad oggi e la loro media.



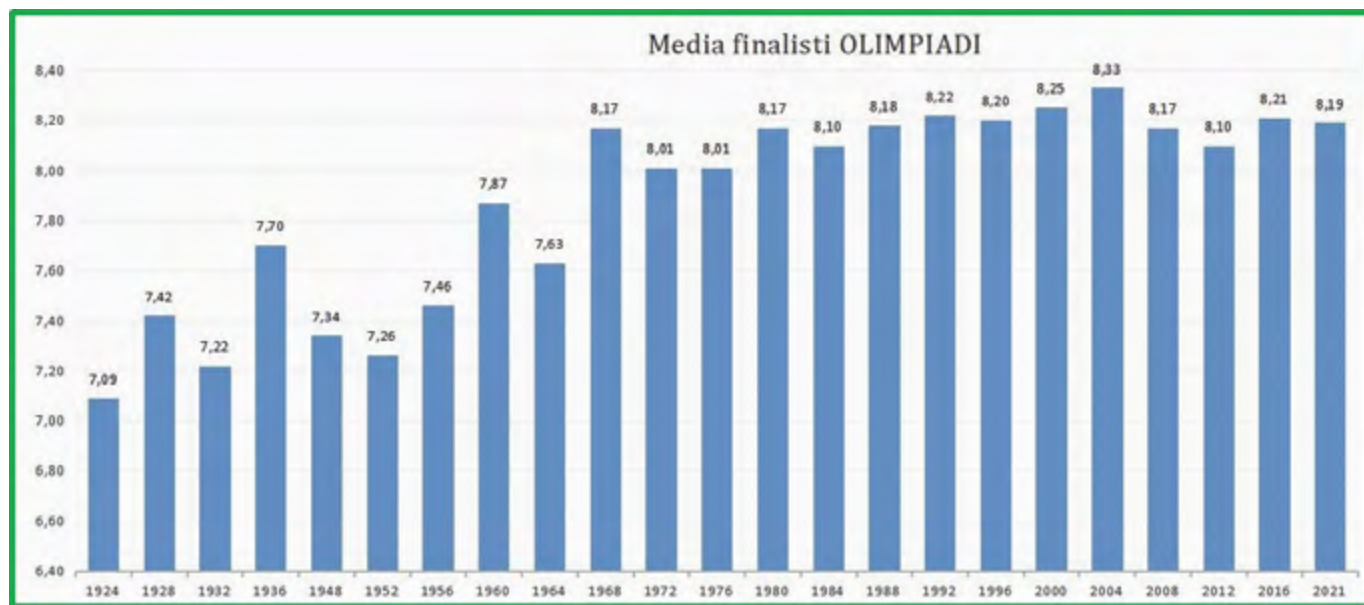
MEDIE 8 FINALISTI SALTO IN LUNGO CAMPIONATI MONDIALI																			
1983	1987	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2023
Helsinki	Roma	Tokyo	Stoccarda	Goteborg	Atene	Siviglia	Edmonton	Sain Denis	Helsinki	Osaka	Berlino	Taegu	Mosca	Pechino	Londra	Doha	Eugene	Budapest	
8,55	8,67	8,95	8,59	8,70	8,42	8,56	8,40	8,32	8,60	8,57	8,54	8,45	8,56	8,41	8,48	8,69	8,36	8,52	
8,29	8,53	8,91	8,16	8,30	8,38	8,40	8,24	8,28	8,34	8,47	8,47	8,33	8,29	8,24	8,44	8,39	8,32	8,50	
8,12	8,33	8,42	8,15	8,29	8,18	8,36	8,21	8,22	8,25	8,30	8,37	8,29	8,27	8,18	8,32	8,34	8,16	8,27	
8,12	8,19	8,22	8,05	8,14	8,14	8,35	8,21	8,13	8,24	8,25	8,21	8,23	8,26	8,14	8,27	8,28	8,15	8,27	
8,09	8,16	8,06	8,00	8,01	8,04	8,24	8,10	8,10	8,21	8,19	8,17	8,21	8,24	8,10	8,26	8,23	8,04	8,05	
8,06	8,14	8,02	7,97	8,00	8,03	8,01	8,10	8,08	8,20	8,17	8,07	8,19	8,22	8,02	8,23	8,20	8,02	8,00	
8,06	8,11	8,01	7,95	7,94	7,98	8,00	8,08	8,02	8,11	8,01	8,06	8,19	8,10	8,02	8,23	8,01	7,96	7,98	
7,99	8,10	7,99	7,93	7,93	7,88	7,99	7,92	7,93	8,06	7,98	8,06	8,17	8,02	7,97	8,18	7,97	7,93	7,94	
8,160	8,279	8,323	8,100	8,164	8,131	8,239	8,158	8,135	8,251	8,243	8,244	8,258	8,245	8,135	8,301	8,264	8,118	8,191	

Tab. 1A/B Medie 8 finalisti ai Campionati del mondo nel salto in lungo

Non si notano progressi sostanziali negli ultimi 40 anni, sia a livello di medie che di prestazioni individuali. In molte edizioni hanno avuto accesso alla finale anche atleti con meno di 8 metri; le medie sono praticamente allineate.

La differenza la fanno le prestazioni fuori standard di pochi campioni di livello assoluto, come nel 1991 a Tokyo dove si registra la migliore media delle 19 edizioni grazie alle due prestazioni eccezionali di Mike Powell (8.95 m, record mondiale tuttora imbattuto) e di Carl Lewis (8.91 m, seconda prestazione di sempre, sia pur ventosa) che hanno avvicinato la barriera dei 9 metri in quella gara.

OLIMPIADI: Nella Tab. 2 le medie degli otto finalisti maschili nel salto in lungo delle edizioni dal 1924 al 2021.



Tab. 2 Medie finalisti alle Olimpiadi nel salto in lungo

Anche in questo caso i progressi medi dell'ultimo mezzo secolo sono pressoché insignificanti. La recente edizione 2024 dei Giochi di Parigi dà una media di 8.17 perfettamente in linea con quella del 1968 (56 anni prima!), anche se giova ricordare che a Città del Messico era presente un certo Bob Beamon, che con il suo storico salto di 8.90 m ha certamente contribuito ad alzare la media.

Perché questa immobilità di risultati?

La specialità del salto in lungo è basata sulla velocità, qualità poco allenabile perché molto naturale ("velocisti si nasce") e che non ha avuto vantaggi da evoluzione tecnica come nel salto in alto con il cambio di stili di salto, con le metodologie di allenamento, il miglioramento dei materiali della pista o altri fattori come le nuove scarpe al carbonio che ultimamente hanno fatto progredire in modo deciso alcuni settori dell'atletica, in particolare le corse sulle lunghe distanze.

Velocista e saltatore: solo Carl Lewis e pochi altri

L'accoppiata tra queste due specialità sembra essere molto rara, a scapito della qualità in comune tra le due (la velocità).

Nella Tab. 1 vi è un solo nome tra gli otto finalisti in qualsiasi edizione dei Campionati del mondo che appare anche in una corrispondente finale della velocità. L'atleta è Carl Lewis, vincitore ad Helsinki nel 1983 anche dei 100m in 10.07.

E andando ancora più indietro bisogna risalire alle Olimpiadi di Berlino 1936 con la doppietta di Jesse Owens nei 100 (10.3) e nel salto in lungo, con un salto di 8.06 che ancora oggi potrebbe ben figurare in una finale mondiale.

4. L'ATLETA DEL XX SECOLO: CARL LEWIS A HELSINKI 1983

Pillole di storia

Considero Carl Lewis l'atleta più rappresentativo del secolo, ancor più di Jesse Owens che è passato alla storia per un paio di eventi, sia pur eccezionali: il 25 maggio 1935 ad Ann Arbor (USA) quando in due ore migliorò quattro primati mondiali, tra i quali il primo over 8 metri della storia nel salto in lungo; poi l'anno dopo alle Olimpiadi di Berlino con le quattro medaglie d'oro conquistate nei 100m, 200m, lungo e staffetta 4x100.

Carl Lewis è stato protagonista ai massimi livelli mondiali nel salto in lungo e nella velocità per almeno 15 anni, collezionando quattro vittorie consecutive ai Giochi olimpici nel lungo (un record che eguaglia i quattro successi di Al Oerter nel disco) e una bella serie di titoli mondiali nelle due specialità tra il 1983 e il 1996. L'atleta ha sempre dato la preferenza alle vittorie piuttosto che ai record, un settore che per sua scelta, e anche per un po' di sfortuna, non gli ha dato le soddisfazioni che avrebbe meritato:

- due volte primatista mondiale sui 100 piani, ma a "posteriori" dopo la squalifica di Ben Johnson a Roma



Carl Lewis, Giochi olimpici, Seoul 1988

(1987) e l'anno dopo alle Olimpiadi di Seoul, in entrambe le gare Carl si era classificato al secondo posto scendendo sotto il precedente limite mondiale

- sui 200 metri giova ricordare il 19.75 da lui ottenuto a Indianapolis il 18 giugno 1983 correndo gli ultimi 15 metri a braccia alzate in segno di giubilo, atteggiamento che gli è costato ben più dei 3 centesimi di secondo che al traguardo lo hanno tenuto dietro all'allora record mondiale di Pietro Mennea (19.72)
- nel salto in lungo Lewis è stato il primo a "colmare" il buco di misure tra lo storico salto di 8.90 di Beamon e il resto del mondo, rendendo abituali prestazioni oltre gli 8.70 tra le quali ricordiamo il salto di 8.77 (Los Angeles, 18 maggio 1975) lasciando 21 cm in pedana, un salto reale vicinissimo ai 9 metri. Ai Mondiali di Tokyo (1991) era stato il primo atleta a superare il mitico 8.90 di Beamon, con un suo salto di 8.91, purtroppo invalidato da una bava di vento di troppo (+2.3). Subito dopo è arrivato l'8.95 di Powell, attuale record del mondo.

Oggetto di questa analisi è lo studio biomeccanico della finale del salto in lungo maschile ai primi Campionati del mondo disputati a Helsinki nel 1983, rassegna istituita in quell'anno con cadenza quadriennale e poi divenuta biennale.

La media degli 8 finalisti di Helsinki risulta essere 8.16, praticamente invariata rispetto all'edizione di Budapest 2023.

La gara è stata vinta dall'emergente americano Carl Lewis che conquistava così a 22 anni il suo primo successo di rilevanza mondiale.

La finale del salto in lungo a Helsinki

Questa analisi è sviluppata esaurientemente sul salto vincente di Carl Lewis, una prima prova di 8.55 sufficiente per assegnargli la medaglia d'oro con buon margine sul connazionale Grimes (8.29). Altri salti dei finalisti sono trattati in questa relazione per confronto.

In Tab. 3 la classifica ufficiale della gara di Helsinki 1983.

Pos	Nome	Prove						Misura	Note
		1	2	3	4	5	6		
1	Carl Lewis (USA)	8.55	—	8.42	—	—	—	8.55 m	CR
2	Jason Grimes (USA)	8.29	X	8.23	8.29	X	8.17	8.29 m	
3	Mike Conley (USA)	X	8.06	X	8.12	8.12	X	8.12 m	
4	László Szalma (HUN)	X	7.93	X	8.09	8.08	8.12	8.12 m	
5	Nenad Stekló (YUG)	7.80	5.54	7.94	5.99	7.76	8.09	8.09 m	
6	Gary Honey (AUS)	7.86	7.93	8.06	X	7.94	7.96	8.06 m	
7	Antonio Corgos (ESP)	7.94	7.79	7.92	7.91	8.06	X	8.06 m	
8	Yusuf Alli (NGA)	7.89	X	7.89	7.85	7.89	7.74	7.89 m	

Tab. 3 La finale del salto in lungo ad Helsinki

Metodi di analisi utilizzati

Videocamera

Viene utilizzata una sola videocamera fissa per registrare le azioni di ogni atleta in ogni prova. La videocamera è impostata a 62 f/s.

Cellule fotoelettriche disposte da altri gruppi di studio a distanze note lungo la pedana in prossimità dello stacco sono state utilizzate in questo lavoro per determinare le misure metriche.

I fotogrammi delle azioni studiate vengono stampati su carta in scala per la conversione delle distanze misurate in quelle reali.

Posizionamento della videocamera

È posizionata in tribuna secondo lo schema di Fig. 1.

È allineata perpendicolarmente alla pedana a 8 metri di distanza dall'asse di battuta e registra l'azione degli atleti negli ultimi passi di avvicinamento allo stacco e di tutto il salto.

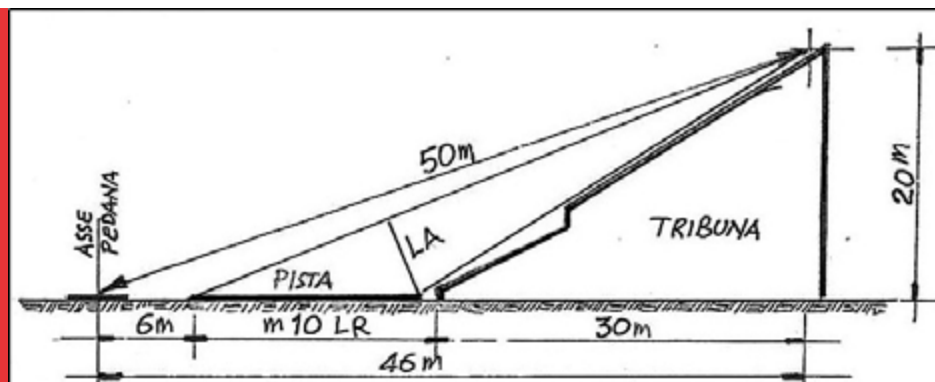


Fig. 1 Posizionamento videocamera

La videocamera è posizionata a circa 46 metri dall'asse pedana e in tribuna ad una altezza di 20 metri sul terreno.

Analisi dei filmati

Immagini selezionate dei film per ogni prova sono stampate e analizzate.

Riferimenti di tempo

Si utilizza la velocità di ripresa di 62 f/s.

Riferimenti metrici

In direzione **trasversale** (perpendicolare all'asse pedana) si utilizzano i dati della Fig. 1 rapportando le misure rilevate nell'immagine stampata (Misura Apparente LA) alle misure note del campo (LR = larghezza pista, larghezza corsia = 122 cm).

Vengono così determinate le dimensioni reali: larghezza pedana 150 cm, larghezza fossa sabbia 250 cm.

Poiché l'azione del salto avviene praticamente nel piano longitudinale (asse pedana e asse verticale) e non

nello spazio, queste ultime misure servono per determinare lo scostamento **laterale** dell'atleta in fase di atterraggio rispetto all'asse pedana.

In direzione **longitudinale** (asse pedana) sono presenti importanti riferimenti dati dalle fotocellule predisposte lungo la pedana da altri gruppi di studio, posizionati a 1, 6 e 11 metri dall'asse di battuta.

Questi rilievi sono stati utilizzati in questa relazione per il calcolo delle velocità in entrata, delle lunghezze e dei tempi dei passi.

L'asse di battuta risulta posizionato a 4,5 metri dalla sabbia.

Errore di parallasse

In direzione longitudinale la disponibilità di una sola videocamera, che segue l'azione completa dell'atleta dalla rincorsa all'atterraggio, genera un errore di parallasse sulle letture dei riferimenti ai lati della pedana; e anche un errore di prospettiva, in quanto le immagini del salto a maggior distanza dall'obiettivo appaiono più piccole, perché più lontane, e con angolo di ripresa più ampio rispetto alle immagini in primo piano.

Questi due effetti richiedono una correzione della misura rilevata sul fotogramma, in particolare nei primi passi della rincorsa (che sono i più lontani ed inclinati rispetto all'osservatore), che può arrivare al 10% rispetto alle immagini in primo piano, e di questo fattore si è tenuto conto nelle verifiche.

Dati biometrici e tecnici dei finalisti

atleta	nazione	altezza	peso kg	personale	gara	stile
LEWIS	USA	1,88	79	8,79	8,55	3 1/2
ALLI	NIG	1,83	83	8,21	7,89	3 1/2
HONEY	AUSL	1,83	70	8,13	8,06	1 1/2
CORGOS	SPA	1,83	78	8,19	8,06	3 1/2
CONLEY	USA	1,88	77	8,28	8,12	2 1/2
SZALMA	UNG	1,88	87	8,24	8,12	
GRIMES	USA	1,79	77	8,39	8,29	2 1/2
STECIC	YUG	1,81	69	8,45	8,09	

Tab. 4 Dati biometrici e tecnici dei finalisti²

Analisi del salto, la rincorsa di Lewis

La rincorsa è finalizzata ad ottenere la massima velocità controllabile allo stacco, essendo evidente che la lunghezza del salto è di fatto determinata principalmente da questo valore, oltre che dall'angolo di stacco. Un saltatore da otto metri si presenta allo stacco con una velocità di 10 +/- 0.5 m/s^{3,4}. Valori più elevati di velocità sono indicati per velocisti puri come Carl Lewis in salti superiori a 8.50 metri, fino a un massimo di 11.3 m/s⁴ nella gara di lungo ai Campionati del mondo di Roma 1987.

E' possibile verificare in prima approssimazione il rapporto della velocità controllabile sulla velocità massima dai dati biomeccanici di Carl Lewis, che oltre ad essere un eccellente saltatore in lungo era anche un eccellente velocista.

Una velocità di 11.3 m/s è compatibile con le doti di velocità di questo grande atleta che nel corso del suo WR sui 100 piani (9.93 a Seoul 1988 dopo la squalifica di Ben Johnson) ha toccato⁵ una punta di 0.83 sec tra i 50 e i 60m, un dato che equivale a una velocità di 12.04 m/s.

Ne deriva per Lewis un rapporto tra velocità controllabile e velocità massima pari al 94%, valore in accordo alla bibliografia sull'argomento (G. Dyson propone un valore indicativo del 95%⁶). Per raggiungere velocità sub-massimale un atleta necessita di una rincorsa di 40-45 m; questi sono i valori abitualmente adottati da atleti di alto livello. I valori della velocità di entrata vengono in genere riferiti agli ultimi 5 o 10 metri della rincorsa, dove l'atleta cessa di spingere e procede per inerzia agli ultimi due passi per preparare lo stacco. La perdita di velocità tra il valore in entrata e quello di stacco è valutabile, secondo diversi autori⁷, tra 0.5 e 1.5 m/s.

Inoltre nelle fasi finali della rincorsa l'inevitabile caricamento sull'ultimo passo, con conseguente abbassamento del CM, riduce, in quasi tutti i saltatori, la lunghezza dell'ultimo passo⁸ rispetto ai precedenti e anche il tempo di esecuzione è notevolmente ridotto, in certi casi quasi dimezzato.

Si vedano le tabelle 6 e 7 di questo report.

La rincorsa di Carl Lewis nel suo salto di 8.55 ad Helsinki è analizzata attraverso lo studio dei fotogrammi con maggiori dettagli nella Tab 5: gli ultimi 11 passi (27 metri) con le lunghezze e i tempi.

PASSO DALLLO STACCO	PIEDE DI STACCO	LUNGHEZZA PASSO	distanza dallo stacco	Tempo passo completo	Tempo fase aerea	Tempo contatto
		metri	metri	millesimi di secondo		
11	sinistro	2,40	27,20	256	158	98
10	destro	2,45	24,92	234	135	99
9	sn	2,51	22,47	258	155	103
8	dx	2,50	19,96	235	139	96
7	sn	2,44	17,46	245	147	98
6	dx	2,50	15,02	244	145	99
5	sn	2,57	12,52	256	155	101
4	dx	2,58	9,95	245	148	97
3	sn	2,59	7,37	253	159	94
2	dx	2,48	4,78	242	121	121
1	sn	2,27	2,30	205	81	124
stacco	dx					

Tab. 5 La rincorsa di Carl Lewis

La lunghezza dei passi dell'atleta, circa 250-260 cm, è decisamente superiore alla media. In questa gara solo Szalma e Alli con i loro ultimi quattro passi di 960-980 cm, si avvicinano ai 992 cm di Lewis che, nel secondo e ultimo salto di gara (8.42 la sua misura), fa ancora meglio con 10.60 m (media 265 cm/passi), correggendo senza apparente difficoltà un'errata precisione di rincorsa con un penultimo passo di 3 metri.

Lewis, che è alto 1.88, conferma il suo lungo passo di corsa con i 44,3 passi utilizzati per vincere la gara dei 100 metri nella stessa edizione dei Campionati di Helsinki, una media di 2.26 m/passi, sicuramente sottostimata dai primi passi di gara che sono decisamente più corti.

Si nota un tempo di contatto al suolo di circa 100 ms, un po' inferiore alle valutazioni bibliografiche⁹ di 120 ms.

Gli ultimi 4 passi

I dati cinematici degli ultimi 4 passi degli atleti sono calcolati con buona precisione utilizzando i riferimenti metrici disponibili sul campo, in dettaglio le tre fotocellule disposte a 1, 6 e 11 metri dallo stacco, con pedana che dista 4,5 m dalla sabbia.

La Tab. 6 riassume dati e caratteristiche della fase finale della rincorsa di 21 salti, 19 dei quali (benché ufficialmente solo 13) superiori agli 8 metri.

atleta	misura del salto					lunghezza passi			Ultimi 10 metri	
	A	B	C	D	E	ultimi 4	penultimo	ultimo	ultimo/penultimo	tempo x*100
	m	m	cm	m	cm	cm	cm	cm		velocità m/s
LEWIS	8,55	8,58	3	//	15	992	248	227	0,92	96,0
LEWIS	8,42	8,42	0	//	15	1080	300	235	0,78	96,0
ALLI	7,89	8,08	19	//	//	973	265	246	0,98	97,9
ALLI	7,89	8,07	18	//	//	967	260	242	0,93	100,3
ALLI	7,85	8,05	20	//	//	960	260	240	0,92	100,0
HONEY	7,86	7,94	8	7,96	//	860	230	210	0,91	97,6
HONEY	7,93	7,96	3	//	//	897	235	212	0,90	100,6
HONEY	8,06	8,06	0	8,07	//	900	230	210	0,91	99,5
CORGOS	7,94	8,12	18	//	//	922	235	232	0,99	101,3
CORGOS	7,92	8,00	8	//	//	922	260	217	0,87	104,2
CORGOS	7,93	8,05	14	//	30	885	222	219	0,99	103,9
CONLEY	8,06	8,08	2	//	20	935	230	220	0,96	99,7
CONLEY	8,12	8,15	3	//	20	887	227	227	1,00	101,9
CONLEY	8,12	8,12	0	//	25	890	225	230	1,02	100,0
SZALMA	8,08	8,19	11	8,21	//	980	265	229	0,86	100,3
SZALMA	8,12	8,12	0	8,14	//	970	268	210	0,78	100,5
SZALMA	8,09	8,09	0	8,12	//	965	265	215	0,81	100,3
GRIMES	8,23	8,25	2	//	20	908	245	203	0,83	101,0
GRIMES	8,29	8,31	2	//	5	933	250	218	0,87	99,2
GRIMES	8,29	8,30	1	//	5	915	240	210	0,88	100,0
GRIMES	8,17	8,17	0	//	15	930	235	200	0,85	100,2

Tab. 6 Dati degli ultimi 4 passi

Legenda della tabella:

(A) Misura ufficiale del salto

(B) Misura del salto dal punto effettivo di stacco

(C) "Perdita" (cm) allo stacco (differenza tra A e B)

(D) Misura effettiva del salto prendendo in conto lo scostamento laterale dell'atleta in fase di atterraggio rispetto all'asse della rincorsa e della pedana

(E) Perdita in fase di caduta (cm): differenza tra segno dei piedi nella sabbia e segno del bacino o delle mani, una perdita dovuta quasi sempre a una non perfetta impostazione del centro di massa allo stacco¹⁰.

L'inevitabile scostamento laterale dell'ultimo passo contribuisce a una ulteriore riduzione della velocità sia orizzontale che verticale.

Sulla lunghezza degli ultimi 4 passi di rincorsa si possono fare alcune considerazioni: interessante è la differenza tra le misure che si riferiscono ai soli due salti eseguiti da Lewis: nel secondo salto l'atleta si trova al quart'ultimo passo 68 cm più indietro rispetto al primo salto ed è costretto a coprire con quattro passi una distanza di 10.60 metri prima dello stacco, impresa che l'atleta porta a termine senza apparente difficoltà nonostante un penultimo passo di 3 metri.

Si noti l'accorciamento dell'ultimo passo rispetto al penultimo, attuato con rare eccezioni dai saltatori in lungo e coerente con la bibliografia⁸.

Un'altra caratteristica tipica dei lunghisti è la brevità della fase di volo nell'ultimo passo rispetto ai precedenti.

I tempi di esecuzione dell'ultimo passo sono molto ridotti rispetto ai precedenti, come evidenziato nella Tab. 7, che mostra i tempi degli ultimi quattro passi per alcuni salti.

atleta	misura	Tempi passo (millesimi di secondo)				Tempi di volo (fase aerea)		
		4	3	2	1	Penultimo	Ultimo	U/P
LEWIS	8,42	234	262	294	213	181	105	0,58
GRIMES	8,23	233	221	254	176	137	65	0,47
HONEY	8,06	214	209	248	188	137	69	0,50
SZALMA	8,09	250	237	274	205	155	74	0,48
CONLEY	8,12	222	224	234	218	103	73	0,71
ALLI	7,89	229	221	261	223	155	102	0,66
CORGOS	7,94	239	231	245	202	127	81	0,64

Tab. 7 Tempi degli ultimi 4 passi

Si nota come la fase aerea dell'ultimo passo si riduce al 50-70% rispetto ai passi precedenti.

Conclusioni sugli ultimi passi, conseguenze del caricamento (i dati rientrano nella logica della preparazione alla fase di stacco):

- abbassamento del CM che può arrivare a 10 cm
- aumento del tempo della fase di appoggio a terra del piede nel penultimo
- brevità della fase aerea dell'ultimo, con un tempo di volo che quasi si dimezza rispetto al penultimo
- arretramento del CM rispetto all'appoggio dei piedi, in questo caso è meglio dire che sono gli arti inferiori a passare davanti, piuttosto che è il bacino a rimanere indietro, non essendoci una perdita di velocità apprezzabile
- penultimo passo: il caricamento inizia sul penultimo passo grazie ad un allungamento dello stesso rispetto ai precedenti, per un appoggio più avanzato del piede che viene lasciato "scivolare" in avanti anziché "portato sotto" come nei passi normali. Ne consegue anche un aumento del tempo di contatto del successivo appoggio.

Il "rimbalzo" di Gary Honey

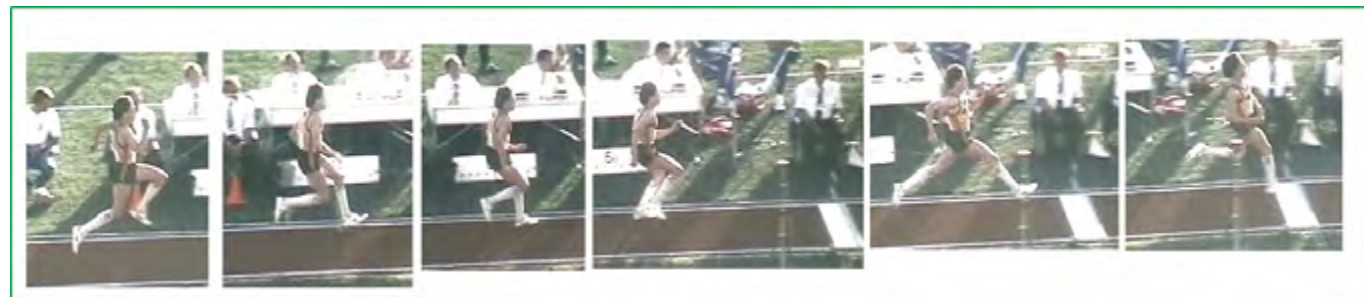


Fig. 2 Gli ultimi due passi di Honey

Gli ultimi due passi della rincorsa di Honey (qui il salto di 8.06) presentano una variante tecnica particolare, che mi piace definire come un "rimbalzo":

Il dettaglio della gamba destra che passa davanti alla sinistra prima che questa tocchi terra e il successivo brevissimo tempo di volo nel passo finale, sono una caratteristica nei salti dell'australiano, già rivista in passato in alcuni salti di Bob Beamon a Città del Messico 1968; l'efficacia di questa variante tecnica sulla prestazione meriterebbe un'analisi più approfondita con mezzi più adeguati.

Lo stacco e il salto

I dati cinematici del salto vengono determinati con le note formule della fisica e della biomeccanica, considerando che il salto in lungo è una parabola, traiettoria caratteristica di tutti i gesti sportivi.

Il moto parabolico è descritto con precisione dalla:

$$[Eq\ 1] \quad L = \frac{\sin(2\alpha) * V_R^2}{g}$$

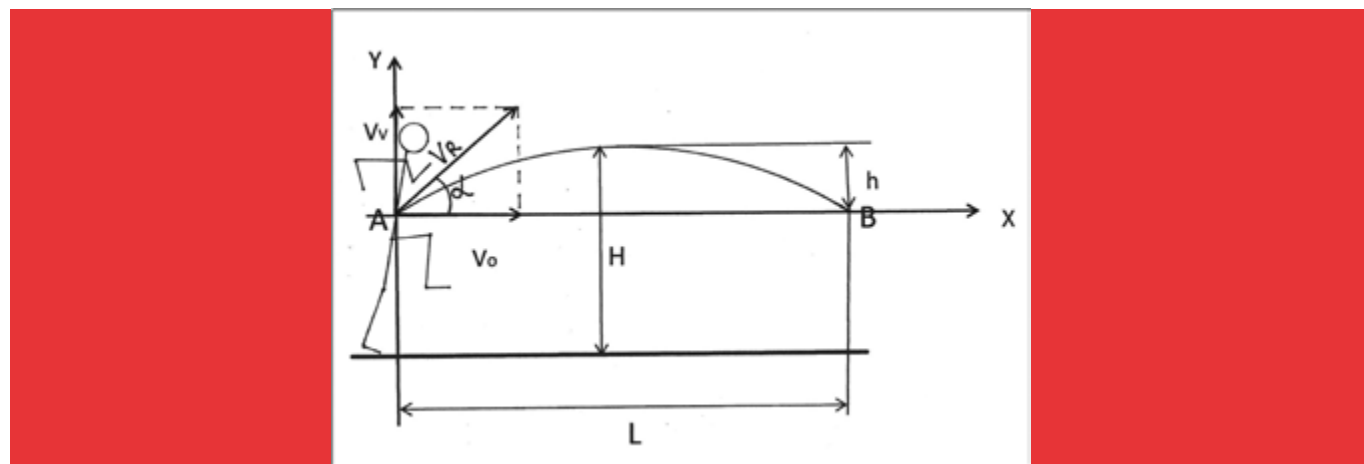


Fig. 3 Moto parabolico

e dalle due equazioni delle coordinate di un qualsiasi punto della traiettoria x (orizzontale) e y (verticale) che si esprimono con le seguenti eguaglianze:

$$[Eq\ 2] \quad x = V_R * t * \cos\alpha$$

$$[Eq\ 3] \quad y = V_R * t * \sin\alpha - 0.5 * g * t^2$$

Dove (Fig. 3):

L = lunghezza della parabola

g = accelerazione di gravità = 9.81 m/sec²

α = angolo di stacco

V_R = velocità di uscita o di stacco

H = altezza massima della parabola (da terra)

h = altezza del volo rispetto alla quota di stacco

V_v e V_o = componenti verticale e orizzontale della velocità.

Le tre equazioni dimostrano che la posizione del CM dell'atleta è definito istante per istante dai valori iniziali (allo stacco) dalla velocità di uscita V_R e dall'angolo di uscita α, e che quindi tale posizione non può essere modificata durante il salto da eventuali spostamenti di segmenti corporei.

La posizione del CM non può essere modificata durante il salto¹¹.

Quindi la scelta di uno tra i diversi stili di salto adottati oggi (hang, 1/2/3 e mezzo, veleggiato, ecc.) non contribuisce in alcun modo ad allungare la traiettoria del CM e serve unicamente a preparare l'atleta per un migliore atterraggio nella sabbia.

Analogamente un eventuale errore di rotazione imposto al momento dello stacco¹¹ non può essere corretto durante il volo (principio di conservazione del momento angolare).

Sempre dalla Eq.1 si deduce che un aumento dell'angolo di stacco dell'1%, a parità di velocità, porta a una maggior lunghezza del salto di 6 cm; mentre un aumento della velocità di uscita, a parità di angolo di stacco, sempre dell'1%, allunga il salto di 14 cm.

È quindi più vantaggioso un miglioramento percentuale della velocità rispetto al miglioramento della stessa percentuale dell'angolo di stacco.

Perdita di velocità e di energia allo stacco

Tra la velocità di entrata e quella di uscita (V_R di Fig. 3) si registra una perdita di velocità dell'ordine di 0.5-1.5 m/sec¹², in parte a causa del caricamento per la preparazione allo stacco e in parte per il cambio di direzione del CM (angolo di stacco).

La perdita di velocità comporta una perdita di energia.

Un cambio di direzione nel moto (conseguente all'angolo di stacco) determina una perdita di velocità che è proporzionale all'angolo di stacco.

Un atleta che "entra" con una velocità di 10 m/s perde circa il 10% di velocità allo stacco (vedere anche Tab. 8) e di conseguenza il 20% di energia, essendo: E (cinetica) = 1/2 * Massa * V².

Angoli di stacco di 45° rispetto ai tradizionali 19°-25°¹³, in accordo all' Eq.1, allungherebbero la lunghezza del salto di oltre 2 metri, ma per ottenere uno stacco a 45° occorrerebbe l'eguaglianza tra velocità verticale e orizzontale allo stacco, evento compatibile solo con una velocità di entrata più ridotta, come avviene nel salto in alto.

Determiniamo quindi i tre parametri del salto (Fig. 3):

- Lunghezza della parabola L
- Angolo di stacco α
- Velocità di stacco V_R, V_o, V_v

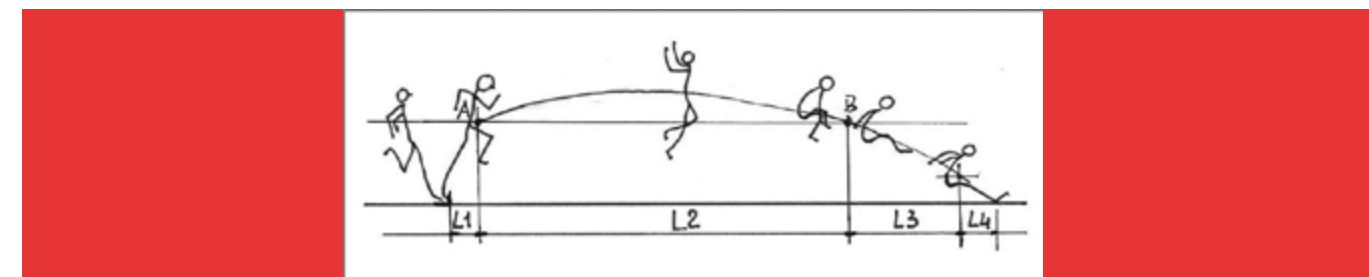


Fig. 4 Composizione della parabola

La lunghezza complessiva del salto L è composta dalla somma delle quattro componenti L1-L4 (Fig. 4), dove:

L1 = Distanza orizzontale del CM tra il limite della pedana e l'istante dello stacco

L2 = Distanza A-B in figura della parte superiore della parabola dove B è l'intersezione del CM con l'asse orizzontale che passa da A

L3 = Come da figura

L4 = Distanza orizzontale del CM all'istante del contatto dei piedi con la sabbia e il segno della misurazione lasciato nella sabbia.

La lunghezza L2 viene determinata *graficamente* con misura in scala, rapportata alla lunghezza complessiva nota del salto L (Fig. 5, salto di Lewis).

Gli altri due valori (angolo di stacco e velocità) vengono determinati dalla risoluzione delle equazioni che descrivono il moto parabolico.

Il salto di 8.55 di Carl Lewis

Il volo di Lewis viene risolto col metodo grafico-analitico della traiettoria del centro di massa del corpo nella fase di volo, metodo abbastanza preciso e semplice. Per questo è sufficiente conoscere due grandezze: la lunghezza del volo L2 e il tempo di volo.

Tracciamo il contornogramma dello stacco e del volo di Lewis (Fig. 5), in opportuna scala.

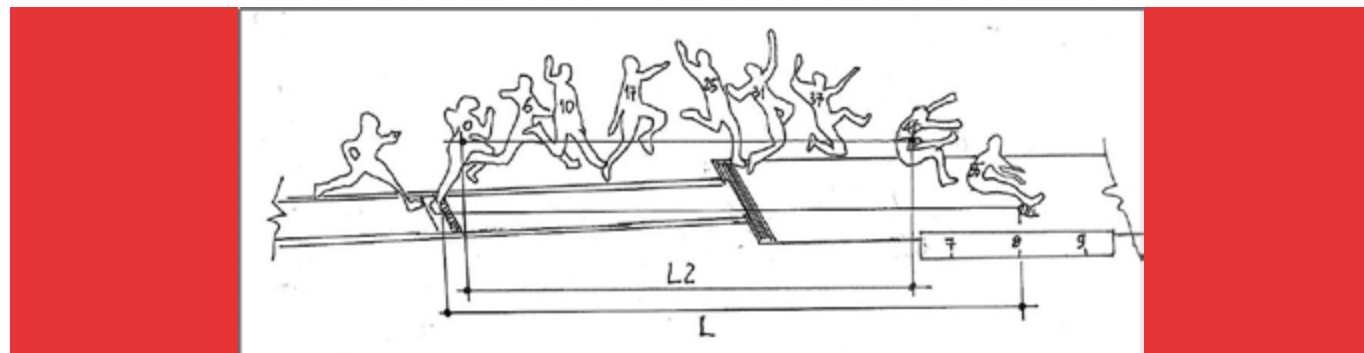


Fig. 5 Contornogramma del salto di Lewis di 8.55

Nota: in Fig. 5 è evidente lo scostamento laterale dell'atleta in fase di atterraggio rispetto all'asse pedana.

Errore di lettura

I numerini in figura si riferiscono ai fotogrammi, con inizio (fg 0) allo stacco. L'eventuale errore di lettura nella determinazione del fotogramma esatto del termine parabola L2 corrisponde a 1 fotogramma (errore circa 2%). La procedura per la ricerca dei parametri è conforme al metodo adottato da Vladimir Popov¹⁴.

Il tempo di volo è noto dal conteggio dei fotogrammi rapportato alla velocità di ripresa.

Il tratto L2 viene calcolato graficamente riportando in scala i fotogrammi del salto di 8.55 di Carl Lewis, rapportati alle lunghezze note del salto e della distanza dell'asse di battuta dalla sabbia.

Il fg 47 rappresenta l'intersezione del tratto L2 con l'asse orizzontale passante per il CM allo stacco. La lunghezza tra i fg 0 e 47 risulta quindi, in rapporto alla lunghezza L nota: L2 = 6.67 m

Essendo la velocità orizzontale costante durante il volo si ha:

$6.67/47 = 0.142$ m/fg avanzamento in metri del CM corrispondente a ogni fotogramma.

Si ottiene inoltre dal filmato il numero di fotogrammi corrispondenti agli altri segmenti del salto:

$L1 = 2.5 \text{ fg} * 0.142 \text{ m/fg} = 0.36 \text{ m}$

$L3 = 8 \text{ fg} * 0.142 = 1.14 \text{ m}$

$L4 = 8.55 - (0.36 + 6.67 + 1.14) = 0.38 \text{ m}$

Conoscendo il valore di L2 si risolvono le [Eq 2] e [Eq 3] ottenendo i risultati cercati.

Sapendo che (Popov, [Ref. 1]):

- per $x = L2 = 6.67 \text{ m}$ $y = 0$ $t = T2 = 47 \text{ fg} / 62 \text{ f/s} = 0.758''$

Dalla [2] $VR = L2 / (T2 * \cos\alpha)$ che, sostituita nella [3]:

$Tg\alpha = g * T2^2 / (2 * L2)$ da cui:

$\alpha = 22,90^\circ$, $V_R = 9.55 \text{ m/s}$ sono i dati cinematici del salto di Carl Lewis.

Da questi valori si ottengono le due componenti della velocità:

$V_V = V_R * \sin\alpha = 3.72 \text{ m/s}$ Velocità verticale allo stacco

$V_O = V_R * \cos\alpha = 8.80 \text{ m/s}$ Velocità orizzontale allo stacco

A completare l'analisi l'altezza del volo (altezza parabola L2, Fig. 3):

[Eq 4] $h = g * T2^2 / 8 = 0.70 \text{ m}$

e la perdita di velocità allo stacco (differenza tra velocità di entrata e V di uscita) = $10.42 - 9.55 = 0.87 \text{ m/s}$ (pari all'8.34%).

Il salto di 8.23 di Grimes

Si procede analogamente a quanto fatto per il salto di Lewis, ma in modo più sintetico, riportando solo i risultati conclusivi.

Questo salto è stato analizzato in quanto presenta valori estremi dell'angolo di stacco, oltre a tempi di volo molto elevati.

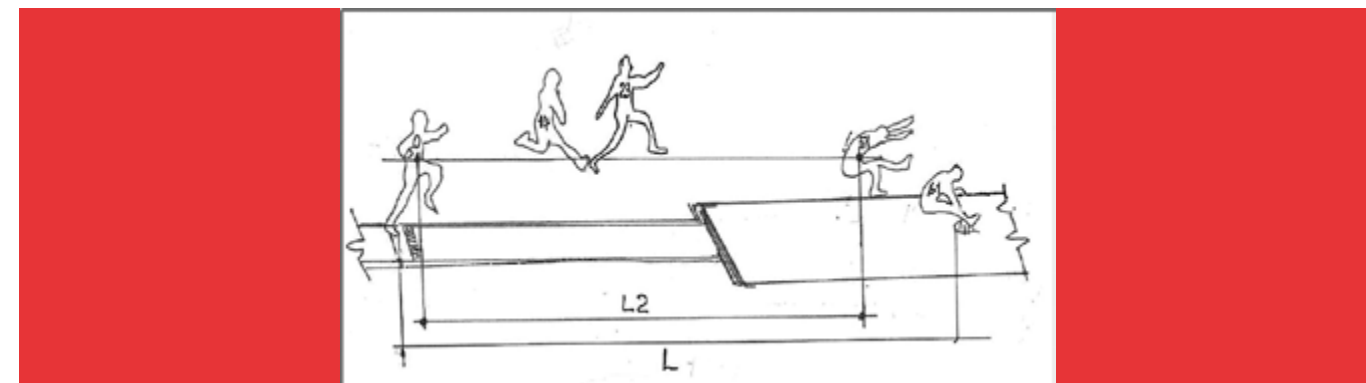


Fig. 6 Il salto di Grimes 8.23

Con riferimento alla Fig. 6 si misura in scala L2 = 6.65m rispetto alla lunghezza nota L = 8.23.

L2 corrisponde a 51 fotogrammi, con un avanzamento di:

$6.65/51 = 0.130 \text{ m/fg}$: avanzamento in metri del CM corrispondente a ogni fotogramma.

Sapendo che:

- per $x = L2 = 6.65 \text{ m}$ $y = 0$ $t = T2 = 51 \text{ fg} / 62 \text{ f/s} = 0.822''$

Dalle due equazioni [2] e [3] si ottiene, ponendole nell'uguaglianza:

$Tg\alpha = 9.81 * 0.8222 / (2 * 6.65)$ da cui $\alpha = 26,4^\circ$

$V_R = 665 / (0.822 * \cos(26.4))$ da cui $V_R = 9.03 \text{ m/s}$

Ne consegue:

$V_V = V_R * \sin\alpha = 4.01 \text{ m/s}$ Velocità verticale allo stacco

$V_O = V_R * \cos\alpha = 8.09 \text{ m/s}$ Velocità orizzontale allo stacco

L'altezza del volo (altezza parabola L2, Fig. 3):

$h = g * T2^2 / 8 = 0.83 \text{ m}$

e la perdita di velocità allo stacco (differenza tra le velocità di entrata e di uscita) = $9.90 - 9.03 = 0.87 \text{ m/s}$ (pari all' 8.78%).

Nota: l'angolo di uscita di Grimes ($26,4^\circ$) è molto elevato, ma è coerente con il suo tempo di volo (Tab. 8) che risulta ampiamente il più alto tra tutti i salti analizzati. Grimes rimane in volo per quasi un secondo, molto più di Carl Lewis che presenta una misura maggiore, e questo implica un maggior angolo di stacco (e una maggior altezza raggiunta dal CM).

Tempi di volo

Considerazioni sul tempo impiegato dallo stacco fino al tocco della sabbia e i suoi rapporti con velocità e angolo di stacco. Questi valori sono elencati nella Tab. 8 per diversi salti, con le corrispondenti velocità di entrata, che variano tra i 10.42 m/s di Lewis e i 9.60 di Corgos.

Ammettendo in prima approssimazione che la chiusura del salto non sia molto diversa da un saltatore all'altro, possiamo assumere che il tempo T2 della parabola principale (Fig. 7) sia una frazione costante del tempo di volo.

Si veda in Tab. 8 come velocità di entrata e tempo di volo siano in stretta relazione (a parità di misura). Chi "entra" molto veloce (Lewis, Honey) ha in genere un tempo di volo basso, cioè una traiettoria schiacciata. Atleti più potenti sacrificano la velocità di entrata a favore di angoli di stacco maggiore, e conseguente maggior velocità verticale.

I due salti di Lewis (8.55 e 8.42) presentano la stessa velocità di entrata di 10.42 m/s, ma nella seconda prova, un penultimo passo di 3 metri per aggiustare la rincorsa ha compromesso l'efficacia dello stacco con un ridotto angolo di stacco rispetto alla prima prova.

I valori dei tempi di Conley sono molto elevati, ma del tutto fuori standard sono quelli di Grimes, con angoli di stacco decisamente anomali.

Gli altri salti

Un'analisi semplificata, ma attendibile sui risultati, è stata condotta per determinare i valori del salto (angolo di stacco, velocità di stacco, altezza parabola) anche per prestazioni degli altri finalisti.

I valori sono riportati in Tab. 8.

Il metodo si basa sulle seguenti due considerazioni:

1 - Il tempo T2 della parabola A-B è una frazione pressoché costante del tempo di volo (assumiamo il valore dell' 85%).

Nei due casi analizzati di Lewis e Grimes, che sono i due casi estremi per quanto riguarda l'angolo di stacco, questi valori sono rispettivamente pari al

$0.758'' / 0.877'' = 0.86$ per Lewis e $0.822 / 0.971 = 0.85$ per Grimes.

2 - La lunghezza L2 della parabola nel settore di traiettoria A-B (Fig. 7) è una frazione quasi costante della lunghezza totale del salto L (assumiamo il valore dell' 80%).

Nei due casi analizzati si hanno questi valori:

$6.67 / 8.55 = 0.78$ per Lewis

$6.65 / 8.23 = 0.81$ per Grimes

Il secondo valore viene maggiormente influenzato dal tipo di salto e soprattutto da come viene eseguita la chiusura. Nei salti con maggior altezza di parabola h la lunghezza della stessa è una percentuale maggiore rispetto ai salti che presentano una velocità di stacco maggiore e una altezza minore.

Sulla base di queste due assunzioni sono stati calcolati i parametri cinematici degli altri salti, completando così l'analisi della gara.

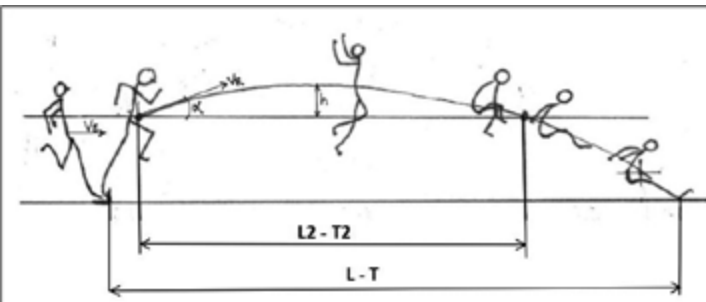
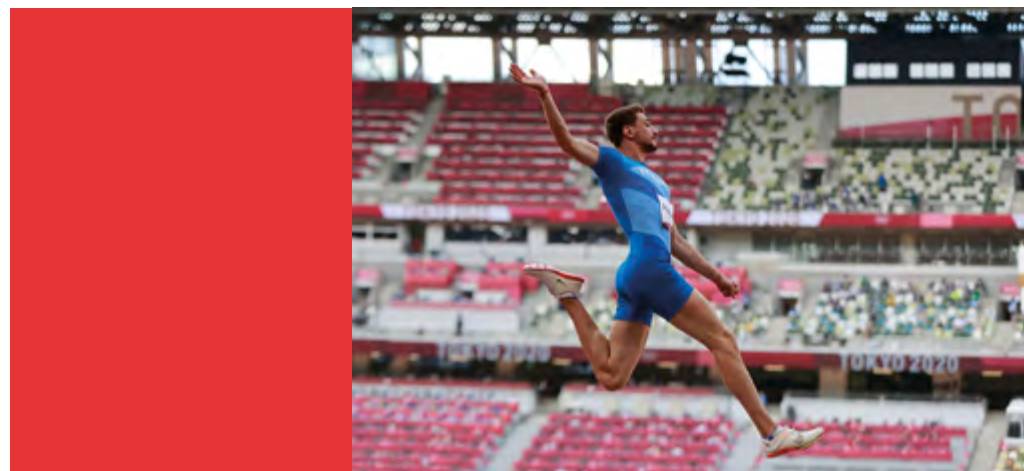


Fig. 7

L'angolo di uscita α e la velocità di uscita V_R sono calcolate assumendo come valori di partenza per il tempo T2 e la lunghezza L2 del tratto A-B i valori approssimati:

$T2 = 0.85 T$, $L2 = 0.80 L$



Filippo Randazzo, Giochi olimpici, Tokyo 2020

atleta	misura	Velocità Entrata	Velocità Uscita	Perdita Velocità		Tempo di volo T	Tempo di volo T2	Altezza parabola	Angolo di stacco
	L (m)	V_E (m/s)	V_R (m/s)	m/sec	%	s * 100	s * 100	h (cm)	α
LEWIS	8,55	10,42	9,54	0,88	8,45	87,7	75,8	70,5	22,93
LEWIS	8,42	10,42	10,11	0,31	2,99	83,5	71,0	61,8	20,15
ALLI	7,89	10,21	9,72	0,49	4,80	81,5	69,3	58,8	20,46
ALLI	7,89	9,97	9,27	0,70	7,04	87,1	74,0	67,2	23,07
ALLI	7,85	10,00	9,45	0,55	5,45	84,2	71,6	62,8	21,80
HONEY	7,86	10,25	9,82	0,43	4,18	80,0	68,0	56,7	19,85
HONEY	7,93	9,94	9,41	0,53	5,32	85,8	72,9	65,2	22,34
HONEY	8,06	10,05	9,71	0,34	3,36	83,7	71,1	62,1	21,06
CORGOS	7,94	9,87	9,37	0,50	5,09	86,3	73,4	66,0	22,59
CORGOS	7,92	9,60	9,35	0,25	2,64	84,6	73,6	66,4	22,73
CORGOS	7,91	9,63	9,29	0,34	3,56	87,1	74,0	67,2	23,02
CONLEY	8,06	10,03	9,34	0,69	6,87	88,5	75,2	69,4	23,27
CONLEY	8,12	9,81	9,15	0,66	6,69	91,9	78,1	74,8	24,75
CONLEY	8,12	10,00	9,30	0,70	7,03	89,8	76,3	71,4	23,75
SZALMA	8,08	9,97	9,36	0,61	6,14	88,5	75,2	69,4	23,22
SZALMA	8,12	9,95	9,62	0,33	3,30	85,5	72,7	64,8	21,75
SZALMA	8,09	9,97	9,57	0,40	4,01	85,8	72,9	65,2	21,95
GRIMES	8,23	9,90	9,03	0,87	8,79	97,1	82,2	82,9	26,47
GRIMES	8,29	10,08	9,38	0,70	6,92	90,8	77,2	73,0	23,80
GRIMES	8,29	10,00	9,07	0,93	9,34	96,0	81,6	81,7	26,20
GRIMES	8,17	9,97	9,03	0,94	9,47	94,8	80,6	79,6	25,97

Tab. 8 Valori cinematici di tutti i salti di Helsinki

5. L'IMPRESA DEL XX SECOLO: IL SALTO DI 8.90 DI BOB BEAMON A CITTÀ DEL MESSICO 1968

Se Carl Lewis può essere considerato l'atleta più rappresentativo del XX secolo per la quantità e continuità di successi internazionali e di risultati ottenuti nella sua lunga carriera nella velocità e nel salto in lungo, è indubbio che l'impresa più incredibile e imprevedibile del secolo è il salto di 8.90 metri realizzato da Robert "Bob" Beamon il 10 ottobre 1968 a Città del Messico nella finale olimpica del salto in lungo.

Pillole di storia

Migliorare il record mondiale di questa specialità di 55 cm in un colpo solo (il 6,6%) è un'impresa che non ha precedenti, non solo in questa specialità. E' come se oggi un saltatore atterrasse a 9.50, una misura 55 cm superiore all'attuale record del mondo (Powell 8.95), anche se le condizioni in quella gara del 1968 erano perfette e ineguagliabili: il vantaggio dell'altura, il tartan della pista (una delle novità di questa grandissima edizione dei Giochi), il vento a favore al limite della norma (2,00 m/s) e uno stacco al limite del nullo.



Fig. 8 Livellazione sabbia

Beamon si era presentato a questa gara non come grande favorito, ma tra i candidati alla medaglia in un lotto di atleti che si giocavano il titolo quasi con le stesse possibilità di salire sul podio: in pedana i primatisti mondiali con 8.35 Ralph Boston (USA) e Igor Ter Ovanesian (URSS), oltre a Lynn Davies, campione olimpico quattro anni prima a Tokyo e agli altri "ottometristi" Beer, Lepik e Crawley.

Lo stesso Beamon vantava un personale di 8.33 ottenuto il 20 giugno a Sacramento a due centimetri dal mondiale e aveva poi vinto le selezioni USA con 8.39, inficiato dal vento oltre il limite (+3.2m/s).

A Città del Messico, il giorno prima, nel turno eliminatorio aveva "pasticciato" con la rincorsa, rischiando molto. C'era voluto il terzo salto, dopo due nulli, perché si guadagnasse il diritto di accedere alla finale: un 8.19 di sicurezza lasciando allo stacco almeno 15 cm, un salto che già lasciava intendere il suo potenziale. Meglio di lui il suo "maestro" Boston con 8.27 al primo tentativo.

Il giorno dopo, la finale. Il modernissimo sistema di lisciatura della sabbia ideato per l'occasione (Fig. 8) si è dimostrato inadeguato ed è stato prontamente sostituito dai tradizionali livellatori a mano.

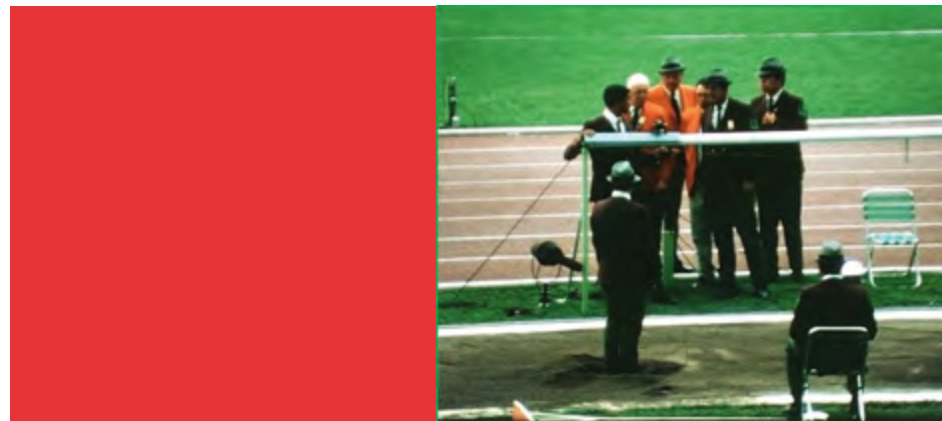


Fig. 9 Misurazione

Il primo salto di Beamon ha subito congelato la gara, lasciando gli avversari annichiliti e consapevoli di poter competere ormai solo per la medaglia d'argento.

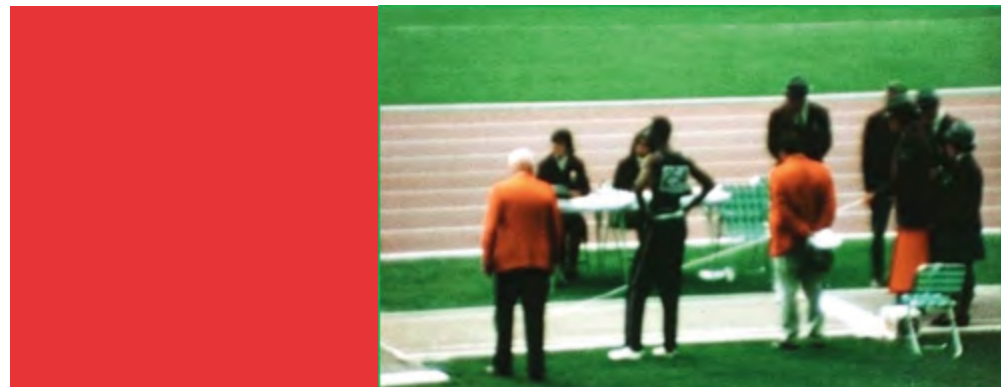


Fig. 10 Rotella

La misurazione del salto di Beamon è stata problematica (Fig. 9); lo strumento di nuova invenzione per leggere le misure da fuori buca si è dimostrato inadeguato per un salto così lungo, così si è ricorsi alla tradizionale rotella metrica (Fig. 10).

Le Olimpiadi messicane hanno introdotto molte novità tecniche, tra l'altro essendo i primi Giochi olimpici con il cronometraccio al centesimo di secondo, e da allora nasce la cronologia dei primati omologati con questa procedura.

Dopo il salto, Beamon, resosi finalmente conto di quello che aveva fatto, ha avuto un'inevitabile crisi di pianto, consolato dal compagno di squadra ed ormai ex primatista mondiale Ralph Boston (Fig. 11).

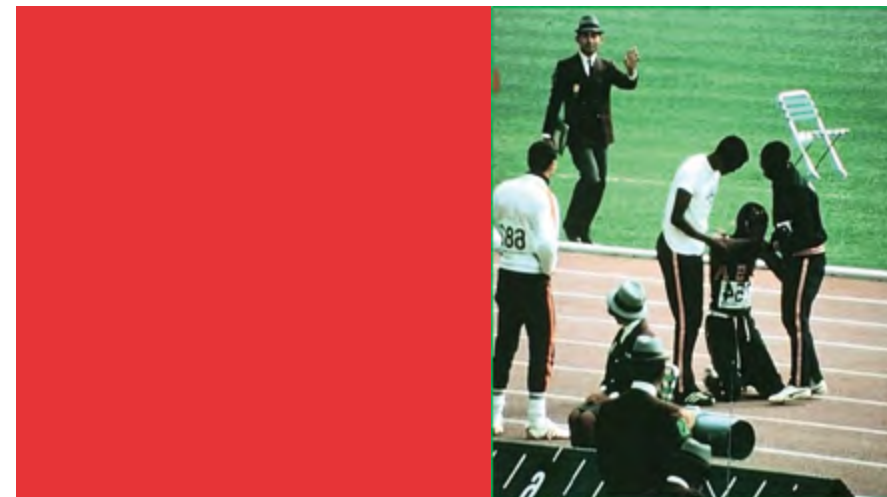


Fig. 11

Poi un violento temporale ha interrotto la gara. Alla ripresa Beamon si è cimentato nel suo secondo ed ultimo salto, sotto gli occhi di tutto il mondo e ne è uscita una modesta (per lui) misura di 8.04 che ha chiuso la sua gara, essendo ormai mentalmente scarico e totalmente appagato per l'impresa compiuta.

Metodi di analisi utilizzati

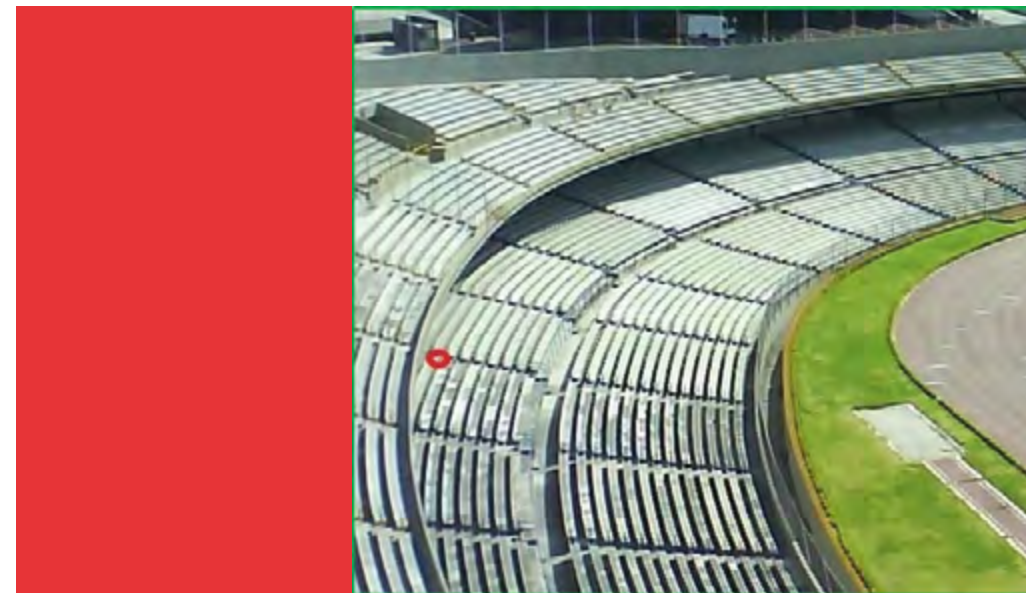


Fig. 12 Posizione cinepresa

Per l'analisi biomeccanica del salto si è fatto uso di una cinepresa semiprofessionale (Paillard-Bolex) con pellicola 16 mm e velocità di 74 f/s. Questo valore è stato confermato dal confronto con le riprese televisive della TV (Standard PAL 25 f/s).

Su questo dato si verificano i tempi di esecuzione dell'azione, mentre per le lunghezze si fa riferimento alle misure note dell'impianto sportivo, in particolare la distanza dell'asse di battuta dalla buca (4 metri), dello stacco del salto triplo dalla buca (12 metri) e la lunghezza nota dei salti.

Il filmato è realizzato dalla tribuna con visuale perpendicolare alla rincorsa, a una distanza di 35 metri dall'asse pedana e obiettivo a 4 metri oltre il limite della buca (Fig. 12).



Fig. 13 Stampa fotogrammi

I fotogrammi del filmato vengono quindi stampati su carta e numerati (Fig. 13) mantenendo i rapporti di scala tra le varie immagini, e il tutto viene analizzato compilando il contornogramma dello stacco e del volo per determinare la lunghezza della parabola; si utilizzano quindi le note equazioni della trigonometria e della fisica finalizzate alla ricerca dei parametri cinematici della prestazione (velocità di ingresso e di uscita, angoli di stacco, lunghezze del moto parabolico).

Considerando che viene utilizzata una sola cinepresa e che la posizione dell'atleta, rispetto all'obiettivo, varia in ogni istante, sia come distanza dall'obiettivo che come angolo di visuale, opportune correzioni sulle misurazioni delle immagini stampate vengono applicate per correggere le misure prese in scala.

Gli ultimi tre passi

Si è ampiamente discusso sul fatto che gli ultimi tre passi della rincorsa siano stati determinanti per la prestazione e sul fatto che la loro lunghezza, in particolare quella esagerata dell'ultimo passo (Fig. 14 a, b, c), non rispecchia gli standard classici di questa specialità, che vede generalmente un ultimo passo più corto del penultimo e questo più lungo del terz'ultimo⁸ (si veda anche la Tab. 6 di questo report).

Nel caso di Beamon si ha un progressivo allungamento degli ultimi tre passi con l'ultimo molto lungo che comporta un caricamento esagerato, sia in verticale (abbassamento del centro di massa di almeno 10 cm) che in orizzontale, con un forte arretramento del busto.

Nonostante questa anomalia l'atleta è riuscito a non perdere velocità, che è addirittura cresciuta negli ultimi passi e a staccare con un elevato angolo di uscita.

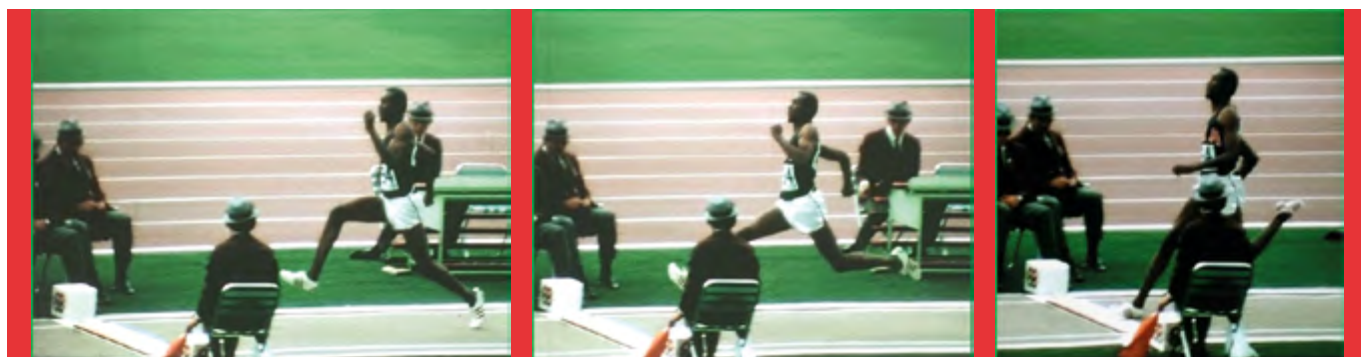


Fig. 14 a, b, c: L'ultimo passo

Da notare in Fig. 14 b la gamba destra completamente distesa a cercare la pedana.

Questa esagerata apertura nell'ultimo passo fa sì che l'atleta arrivi allo stacco col tallone (Fig. 14 c), "errore" che dovrebbe comportare una certa frenatura e perdita di velocità. Ma questo non accade nel salto di Beamon.

In Tab. 9 la lunghezza degli ultimi passi in quattro salti di quell'evento analizzati per un confronto con il salto del record:

- il salto di 8.90
- il secondo salto di 8.04 di Beamon
- il salto di 8.27 in qualificazione di Boston
- il salto di 8.19 in qualificazione di Beamon

atleta	misura mt	Ultimi tre passi				perdita allo stacco cm	velocità media 3 passi m/s
		3 passi mt	terz'ultimo mt	penultimo mt	ultimo mt		
Beamon	8,90	7,52	2,38	2,46	2,68	0	10,10
Beamon	8,04	7,35	2,47	2,50	2,38	17	10,30
Boston	8,27	7,45	2,48	2,73	2,24	5	10,25
Beamon	8,19	7,05	1,91	2,60	2,54	15	10,45

Tab. 9 Gli ultimi tre passi

Con una certa approssimazione, dovuta alla difficoltà di definire con precisione la posizione del CM nei tre passi finali con i mezzi a disposizione, è stata determinata anche la velocità singolarmente dei tre passi nel salto di 8.90:

Terzultimo: 9.67 m/s

Penultimo: 9.81 m/s

Ultimo: 10.67 m/s

Questa distribuzione sembrerebbe a prima vista un po' anomala, con l'ultimo passo più veloce del penultimo, mentre la bibliografia corrente⁴ riporta il contrario; ma giova ricordare che il tempo di volo dell'ultimo passo è generalmente (vedere Tab. 7) molto ridotto, anche a meno del 50% rispetto ai due precedenti.

Lo stacco e il salto

In Fig. 15 la sequenza del salto di Beamon.

Questo atleta ha messo in mostra uno stile (o meglio...un "non stile") semplicissimo, estremamente naturale senza troppe sforbiciate, passi aerei e altri movimenti inutili a confermare che meno l'atleta si muove nella fase di volo, maggiori sono le possibilità di non danneggiare l'inerzia acquisita allo stacco.

L'intera azione è priva di rotazioni in avanti o indietro, grazie a uno stacco (15-1) senza eccentricità rispetto al CM: poi Beamon passa da una posizione "hang" (15-5) molto aperta a una posizione estremamente chiusa (15-13) in cui quasi la testa si posiziona in mezzo alle gambe che, rispetto alla più comune posizione a "L", permette il massimo sollevamento degli arti inferiori (per la nota legge di conservazione del momento angolare).

Nella fase discendente della parabola l'atleta "plana" verso la sabbia con una chiusura del salto perfetta e il bacino che passa appena sopra i talloni (15-20) senza intaccare la sabbia.

I dati cinematici del salto vengono determinati con le note formule della fisica e della biomeccanica.

Trascurando l'effetto della resistenza dell'aria il moto parabolico è descritto con precisione dalle tre equazioni descritte nell'analisi del salto di Carl Lewis (con riferimento alla Fig. 3):

$$[Eq\ 1] \quad L = \frac{\sin(2\alpha) * V_R^2}{g}$$

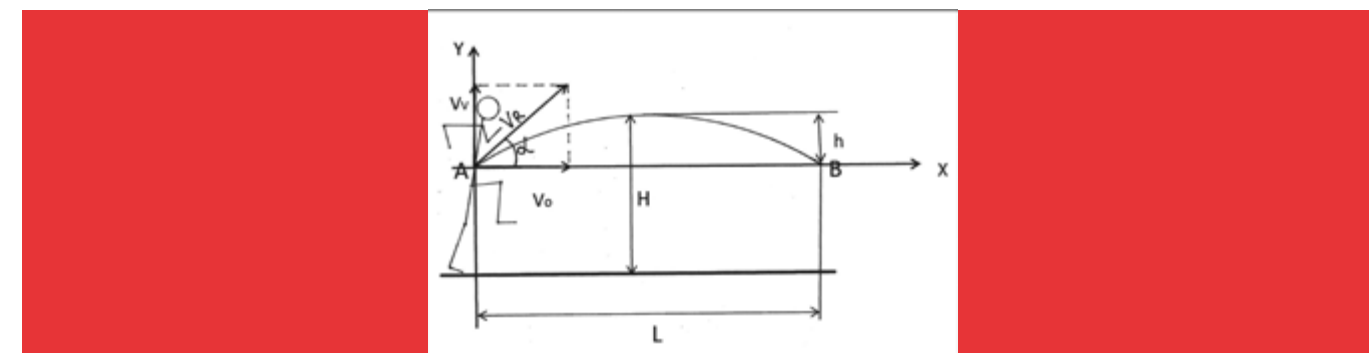


Fig. 3 Moto parabolico

e dalle due equazioni delle coordinate di un qualsiasi punto della traiettoria x (orizzontale) e y (verticale) che si esprimono con le seguenti eguaglianze:

[Eq 2] $x = V_R \cdot t \cdot \cos\alpha$

[Eq 3] $y = V_R \cdot t \cdot \sin\alpha - 0.5 \cdot g \cdot t^2$



Fig. 15 Il salto di 8.90 di Bob Beamon

Si determinano i tre parametri del salto

- Lunghezza della parabola L2
- Angolo di stacco α
- Velocità di stacco V_R , V_O , V_V (Fig. 3)

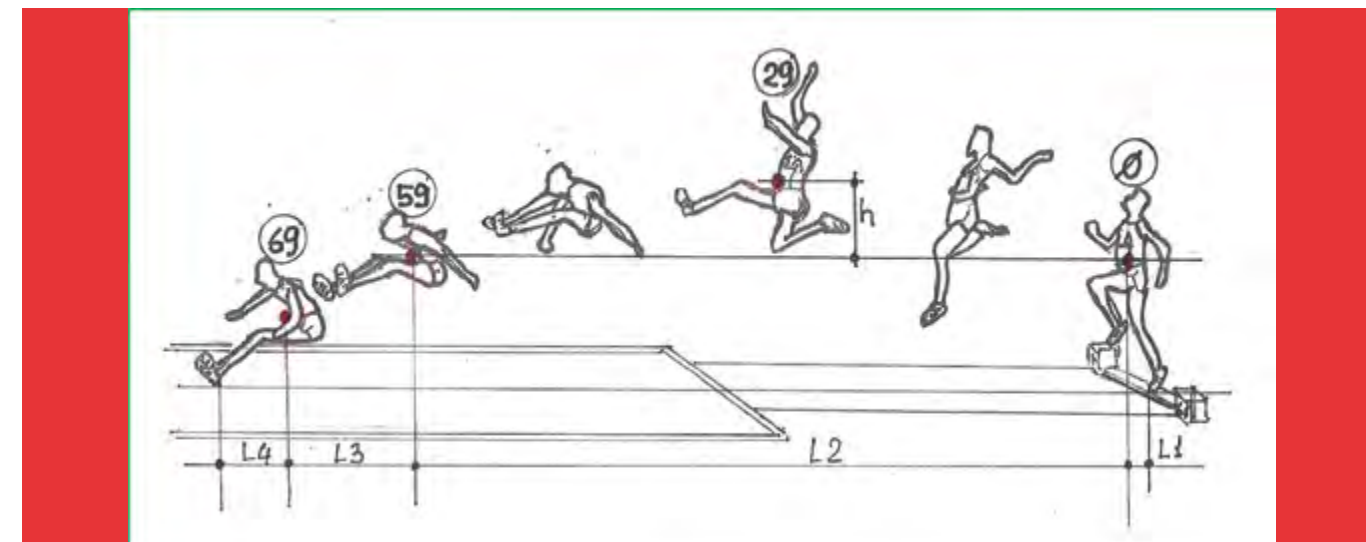


Fig. 16 Contornogramma del salto di 8.90

I numerini si riferiscono ai fotogrammi, assunto il fg 0 come quello iniziale.

Delle tre incognite da determinare la lunghezza L2 della parabola principale viene determinata *graficamente* con misura in scala sul contornogramma del salto, rapportata alla lunghezza complessiva del salto (8.90) e alla distanza della pedana dalla sabbia (4.00m).

Gli altri due valori (angolo di stacco e velocità) si ottengono dalla risoluzione, con le abituali procedure della fisica, delle equazioni **[Eq 1, 2, 3]**.

Assunto come fg 0 quello iniziale (allo stacco) il fg 59 rappresenta l'intersezione del tratto L2 con l'asse orizzontale passante per il CM allo stacco. La lunghezza tra i fg 0 e 59 risulta quindi, in rapporto alla lunghezza nota di 8.90 del salto, misurato in scala:

$L2 = 6.87 \text{ m}$ e il tempo corrispondente a L2 vale $T2 = 59/74 = 0.797''$.

Essendo la velocità orizzontale costante durante il volo si ha:

$6.87/59 = 0.116 \text{ m/fg}$: avanzamento in metri del CM corrispondente a ogni fotogramma.

Dal conteggio dei fotogrammi si ottengono le lunghezze degli altri segmenti del salto:

$L1 = 2.5 \text{ fg} \cdot 0.116 \text{ m/fg} = 0.29 \text{ m}$

$L3 = 10 \text{ fg} \cdot 0.116 = 1.16 \text{ m}$

$L4 = 8.90 - (0.29 + 6.87 + 1.16) = 0.58 \text{ m}$

Conoscendo il valore di L2 si risolvono le equazioni (2) e (3) ottenendo risultati cercati.

Sapendo che:

- per $x = L2 = 6.87$ $y = 0$ $t = T2 = 0.797''$

dalle due equazioni (2) e (3) si ottiene, ponendole nell'uguaglianza:

dalla [2] $V_R = L2 / (T2 \cdot \cos\alpha)$ che, sostituita nella [3]:

$Tg\alpha = g \cdot T2^2 / (2 \cdot L2) = 9.8 \cdot 0.7972 / (2 \cdot 6.87) \Rightarrow \alpha = 24,37^\circ$

$V_R = 6.87 / (0.797 \cdot \cos(24.37)) = 9.46 \text{ m/s}$

Ne consegue:

$V_V = V_R \cdot \sin\alpha = 3.90 \text{ m/s}$ Velocità verticale allo stacco

$V_O = V_R \cdot \cos\alpha = 8.62 \text{ m/s}$ Velocità orizzontale allo stacco

A completare l'analisi l'altezza del volo (altezza parabola L2, Fig. 3):

[Eq 4] $h = g \cdot T2^2 / 8 = 0.78 \text{ m}$

e la perdita di velocità allo stacco (differenza tra velocità di entrata e V di uscita) = $10.67 - 9.46 = 1.21 \text{ m/s}$

Tempi di volo

Qui i tempi di volo dei 4 salti, dallo stacco fino al contatto con la sabbia.

	Misura	Tempo (s)
Beamon	8.90	0.932"
Beamon	8.04	0.804"
Boston	8.27	0.851"
Beamon	8.19	0.858"

È interessante notare che il tempo totale di volo di Beamon nel salto di 8.90 è di 0.932, inferiore a quello di Jason Grimes che nel suo salto di 8.23 ad Helsinki (molto più corto, quindi) è rimasto in volo per 0.971". Il motivo sta nell'angolo di stacco, che nel caso di Grimes raggiunge valori (oltre 26°) più alti rispetto a Beamon, che comunque presenta un angolo di stacco che si posiziona nella parte alta del range di questo parametro.

Conclusioni

Ho eseguito questo lavoro inizialmente per mio interesse personale.

La ricerca dei parametri cinematici del salto in lungo (velocità, tempi, lunghezze, perdite di energia e soprattutto angoli e velocità di stacco) ha sempre destato il mio interesse, come il confronto e la conferma dei dati trovati con quelli della bibliografia su questo argomento.

I mezzi da me adottati per questi studi sono ridotti all'essenziale: una cinepresa semiprofessionale (Bolex) con velocità tra i 50 e i 100 f/s, i riferimenti dei tempi in funzione della velocità di ripresa, le misure metriche dedotte da quello che offre il campo di gara (misura della prestazione, distanza della pedana dalla sabbia, larghezza pista e corsie).

Le riprese sono state effettuate sempre dalla tribuna e in totale mancanza di attrezzature di campo e di laboratorio più idonee, come la video analisi, per i successivi studi.

Nonostante tutto i risultati ottenuti mi soddisfano in quanto sono in genere in linea con i dati che ho reperito da analisi biomeccaniche più professionali e moderne.

Il salto di 8.90 di Bob Beamon ha destato sin da subito il mio interesse soprattutto per la distribuzione degli ultimi tre passi della rincorsa, che appaiono decisamente al di fuori di ogni standard abituale per prestazioni di questo livello. Ancora oggi mi chiedo come l'atleta abbia potuto, con un ultimo passo così esagerato in lunghezza e un conseguente eccessivo caricamento, ben evidenziato dai fotogrammi (Fig. 14), non perdere velocità e soprattutto riuscire a staccare con un angolo di uscita così elevato.

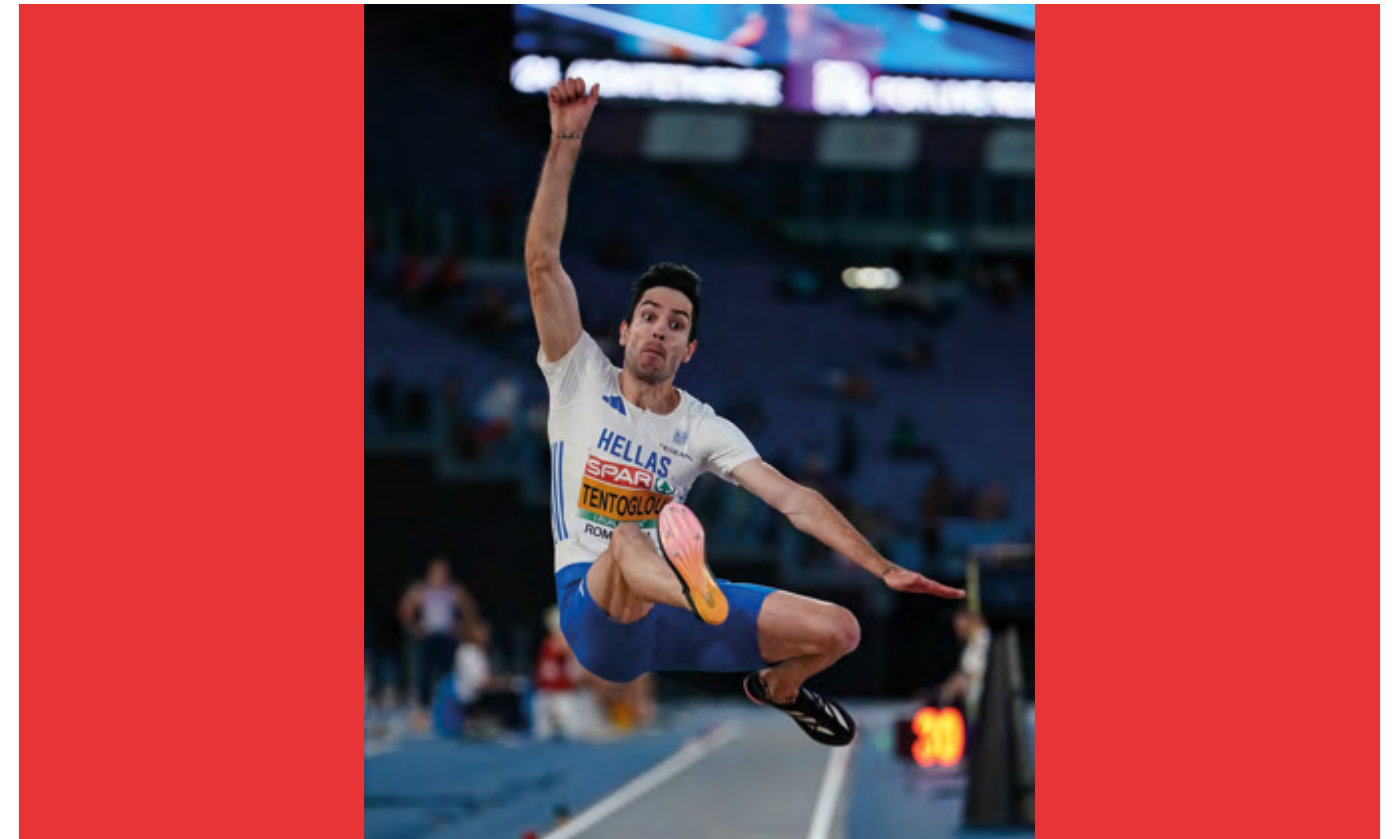
Per questo salto non è facile trovare altri riferimenti per confermare i dati cinematici ricavati dalla presente analisi, trattandosi di un evento eccezionale e, direi, imprevedibile.

Nella Tab. 10 il confronto tra i dati ricavati da questo studio e quelli proposti da V. Popov nel 1971 e ripresi da diversi autori, tra cui D. Donskoj¹⁵.

	Velocità entrata	angolo di stacco	Altezza volo	Lunghezza parabola L2
	m/s	gradi	m	m
Questo studio	10,67	24,37°	0,78	6,87
D. Donskoj	10,7	24°	0,75	6,74

Tab. 10 Dati cinematici del salto di 8.90

I dati dei due studi appaiono congruenti e allineati.



Miltiadīs Tentoglou, Campionati europei, Roma 2024

RIFERIMENTI

- 1 James Hay, Ron Canterna, Jhon Miller - The University of Iowa - A biomechanical analysis of the technique of Jason Grimes- Appendix A: Methods used to gather data - 1983
- 2 ATFS Members - The first world championships in athletics - Updating statistics for the entry lists - 1983
- 3 Vladimir Popov - Tecnica del salto in lungo - Analisi dello stacco e del volo di alcuni specialisti, Pag. 45 - 1962
- 4 E.Nixdorf; P.Bruggeman - Biomechanical Analysis of the long jump - Table 3 - 1987
- 5 Renato Canova - Atletica Leggera N. 347 - Radiografia dei 100 più veloci della storia - 1988
- 6 Geoffrey Dyson - The mechanics of Athletics - Jumping (Chapter eight) - 1963
- 7 E.Nixdorf; P.Bruggeman - Biomechanical Analysis of the long jump - Tables 3/12 - 1987
- 8 The University of Iowa - A biomechanical analysis of the technique of Jason Grimes - Comparative data - Stride Lengths - 1983
- 9 Vladimir Popov - Tecnica del salto in lungo - Lo stacco, tab. pag. 33 - 1962
- 10 Atletica Leggera N. 287 - H.R.Kunz, G.Gladic, R.Sieber - La biomeccanica del salto in lungo - 1983
- 11 Geoffrey Dyson - Principi di Meccanica in Atletica - Salto in lungo, il volo - 1971
- 12 The University of Iowa - A biomechanical analysis of the technique of Jason Grimes - Change of CM's Velocity, Table 13 - 1983
- 13 James Hay - The biomechanics of Sports Techniques - Jumping, Table 26 - 1985
- 14 Vladimir Popov - Tecnica del salto in lungo - Metodo di analisi dello stacco e del volo, pag. 41 - 1962
- 15 D. Donskoj - Biomeccanica - La biomeccanica del salto, Tab. 9 - 1983



L'EFFICIENZA NELLE STAFFETTE 4x100: ANALISI STATISTICA DELLE FINALI OLIMPICHE DAL 1996 AL 2024

Alessandro Lubisco

Ricercatore del Dipartimento di Scienze statistiche dell'Università di Bologna. Docente nel Corso di Laurea triennale in Scienze delle attività motorie e sportive.

Lucio Polito

Laureato in Scienze delle attività motorie e sportive. Studente della laurea magistrale "Scienze e Tecniche dell'Attività Sportiva" all'Università di Bologna.

La staffetta azzurra campione olimpica a Tokyo 2020

Le scienze statistiche, come dimostrano i due pregevoli studi che presentiamo su questo numero, si stanno interessando sempre di più all'atletica leggera, sia per il fascino che destano negli studiosi le specialità che ne fanno parte, sia per l'espressione delle prestazioni che la caratterizzano in termini numerici (tempi, distanze, punteggi).

Questa ricerca originale che gli autori hanno proposto ad AtleticaStudi si dedica all'efficienza nelle staffette 4x100, proponendo un'analisi statistica delle finali olimpiche dal 1996 al 2024.

Il principio della collaborazione sequenziale, cioè la duplice competenza di coniugare la prestazione individuale massimale con la capacità di inserirsi con precisione in una catena collettiva senza soluzione di continuità, contraddistingue le gare di staffetta in diverse discipline sportive, prima fra tutte la staffetta 4x100 dell'atletica leggera, che si configura come un caso paradigmatico di efficienza collettiva ad alta velocità.

Dopo un breve excursus storico e tecnico-regolamentare della specialità, vengono presi in considerazione gli aspetti biomeccanici del cambio del testimone, evidenziandone l'importanza in termini cronometrici e richiamando le tre principali metodologie di cambio in uso a livello internazionale.

Assume quindi particolare rilievo la prestazione complessiva e la strategia di squadra, che possono essere sempre di più analizzati in termini scientifici grazie alle recenti regolamentazioni, favorevoli per costruire strategie replicabili e misurabili.

Evidenziata la rilevanza della coordinazione e delle dinamiche di squadra, oggetto di importanti sessioni di allenamento, e sottolineati gli aspetti psicologici e tattici di questa specialità, viene proposta un'ampia rassegna degli studi presenti in letteratura.

Lo studio della staffetta 4x100 offre oggi un terreno di ricerca straordinario per sviluppare nuove metodologie di ottimizzazione della performance collettiva, in relazione alla quale si espongono i tre ambiti principali di interesse: tecnologia e analisi dei dati, personalizzazione dell'allenamento e trasferibilità ad altre discipline.

Dopo un richiamo alle caratteristiche della pista di atletica e delle zone di cambio, si passa ad esaminare i dati delle ultime otto edizioni dei Giochi olimpici (Atlanta 1996-Parigi 2024) e dei Campionati del mondo da Pechino 2015 a Tokyo 2025, relativi alle staffette che hanno concluso la gara, con l'obiettivo

di sviluppare un modello predittivo in grado di stimare i tempi di gara tenendo conto sia dei segmenti lanciati (quando l'atleta riceve il testimone già in accelerazione), sia della corsa in curva del primo e terzo frazionista.

Esposto il data set analizzato ed i calcoli eseguiti, si passa ad un'analisi descrittiva dei tempi ufficiali e delle variazioni delle prestazioni per poi passare al calcolo della prestazione media per ciascun intervallo di 10 metri, assunta come base di riferimento per le successive elaborazioni.

Partendo dai dati disponibili a 10, 20 e 30 metri, viene quindi utilizzato un modello esponenziale, per stimare i tempi intermedi a 5, 15, 25 metri dalla partenza e la prestazione potenziale nella fase lanciata.

Viene quindi presentata la modellizzazione per stimare la prestazione attesa oltre i 100 metri, utilizzando in questo caso una formulazione quadratica. Vengono poi illustrati i risultati conseguiti utilizzando un approccio combinato che integra i due modelli (esponenziale e quadratico) ritenuti idonei per stimare il tempo potenziale di prestazione di una staffetta, considerando la dinamica dell'accelerazione iniziale, la prestazione oltre i 100 m e le penalizzazioni associate alla percorrenza delle curve.

Per valutare l'efficacia complessiva di una staffetta è stato introdotto un indicatore di efficienza temporale, che fornisce un criterio sintetico e comparabile per determinare la qualità della prestazione indipendentemente dai tempi assoluti registrati. Successivamente viene proposta un'analisi descrittiva dell'indice di efficienza prendendo in considerazione gli indicatori che lo compongono, illustrati in una chiara tabella e opportunamente commentati, ed illustrati in appositi grafici.

Viene quindi trattato il potenziale di miglioramento, inteso come differenza assoluta tra prestazione attesa e prestazione reale, per poi passare alle strategie di composizione ed alle dinamiche di miglioramento tra semifinali e finali. Questo ampio saggio si conclude sollecitando un'attenzione crescente all'ottimizzazione dei cambi del testimone, alla gestione dei tratti curvi e alla coesione psicologica del team, integrando opportunamente analisi biomeccaniche, strategie di squadra e resilienza mentale.

Il saggio si conclude con una esauriente bibliografia.

Giuliano Grandi

INTRODUZIONE

Le gare a staffetta rappresentano una forma di competizione che attraversa più discipline sportive, accomunate dal principio della collaborazione sequenziale: un gruppo di atleti che, uno dopo l'altro, contribuisce a un risultato comune. In atletica leggera, le 4x100 e 4x400 metri sono l'espressione più codificata e spettacolare di questo modello, ma la stessa logica del "tempo condiviso" ritorna, per esempio, nel nuoto, nel

ciclismo su pista, nello sci di fondo e nel biathlon. In ogni caso, la staffetta richiede una duplice competenza: la prestazione individuale massimale e la capacità di inserirsi con precisione in una catena collettiva senza soluzione di continuità.

Nel nuoto, ad esempio, le staffette olimpiche (4×100 e 4×200 stile libero, 4×100 mista) riproducono dinamiche molto simili a quelle dell'atletica: la trasmissione del testimone è sostituita da un tuffo sincronizzato con l'arrivo del compagno, e pochi centesimi possono separare la vittoria dalla squalifica. Negli ultimi anni, l'introduzione delle staffette miste – con squadre composte da uomini e donne – ha aggiunto una dimensione strategica inedita, costringendo allenatori e analisti a ripensare l'ordine di partenza, l'equilibrio delle prestazioni e la gestione delle differenze fisiologiche legate al genere. L'introduzione delle staffette miste anche nel programma olimpico rappresenta un contributo significativo alla promozione e alla visibilità di questa formula, stimolando l'interesse non solo degli addetti ai lavori, ma anche del pubblico.

All'interno di questo quadro, la 4×100 metri in atletica si configura come un caso paradigmatico di efficienza collettiva ad alta velocità. È la combinazione estrema di velocità pura, coordinazione e precisione tecnica. Nel corso di oltre un secolo, la disciplina ha subito una progressiva evoluzione regolamentare e tecnologica, fino a diventare non solo una delle prove più spettacolari del programma olimpico, ma anche un modello ideale per lo studio dell'interazione tra fattori individuali e di squadra.

DALLE ORIGINI OLIMPICHE ALLA STANDARDIZZAZIONE TECNICA

La 4×100 metri fece il suo debutto ufficiale nel programma olimpico maschile a Stoccolma 1912, accanto ad altre distanze sperimentali. Per le donne, la prima apparizione risale ai Giochi di Amsterdam 1928, segnando l'inizio della partecipazione femminile alle grandi competizioni internazionali di staffetta. Fin dalle prime edizioni risultò evidente che la prestazione complessiva non dipendeva solo dalla velocità dei singoli, ma anche – e forse soprattutto – dall'efficacia del passaggio del testimone.

Nel corso del Novecento, i regolamenti furono progressivamente affinati. Un punto cruciale fu la definizione della zona di cambio, oggi fissata in 30 metri complessivi, senza più distinzione tra i 10 metri di accelerazione e i 20 di passaggio effettivo. Questa standardizzazione ha ridotto il margine di interpretazione tecnica, migliorato la sicurezza e favorito lo sviluppo di schemi di trasmissione sempre più ottimizzati. Anche le dimensioni del testimone sono state normate: lunghezza tra 28 e 30 cm, diametro di circa 12 cm e peso minimo di 50 grammi.



Staffetta maschile azzurra, Giochi olimpici, Tokyo 2020

La stabilità del regolamento ha consentito agli atleti di allenarsi con strumenti identici a quelli di gara, riducendo le variabili meccaniche e focalizzando il lavoro sulla precisione del gesto.

Parallelamente, l'analisi biomeccanica e l'organizzazione della sequenza dei frazionisti hanno assunto un ruolo sempre più determinante. Se nelle staffette degli anni Trenta e Quaranta le prestazioni riflettevano quasi esclusivamente la somma delle velocità individuali, a partire dagli anni Sessanta l'attenzione si è spostata sulla sincronizzazione dei movimenti e sulla minimizzazione del tempo di trasmissione.

Le grandi potenze della velocità – Stati Uniti, Giamaica, Gran Bretagna – hanno sviluppato modelli di conduzione del testimone che privilegiano traiettorie più dinamiche e tempi di cambio più aggressivi, a rischio però di squalifica in caso di fuori zona.

I record mondiali e olimpici costituiscono la traccia più evidente di questa evoluzione tecnico-scientifica. Il primato maschile di 36,84 s (Giamaica, Londra 2012) e quello femminile di 40,82 s (Stati Uniti, Londra 2012) rappresentano il punto di equilibrio tra eccellenza atletica individuale e perfetta sincronizzazione collettiva. In queste prestazioni, la somma delle velocità dei quattro sprinter non basterebbe a spiegare il tempo finale: la vera differenza risiede nell'efficienza del sistema squadra, nella capacità di trasformare quattro corse individuali in un'unica azione continua.

BIOMECCANICA DEL CAMBIO DEL TESTIMONE NELLA 4×100 M

Il cambio del testimone rappresenta il **momento cruciale** della staffetta 4×100: è qui che si decide, spesso, il destino della gara. Sebbene la velocità individuale resti un requisito imprescindibile, gli studi biomeccanici hanno dimostrato che l'efficienza del passaggio può incidere sul tempo finale per un margine compreso tra 0,5 e 0,7 secondi – una differenza enorme in prove che si giocano sui centesimi.

Il cambio efficace richiede una sincronizzazione millimetrica tra chi arriva e chi parte, regolata dalle velocità relative dei due corridori, dalla traiettoria del braccio e dall'angolo di ricezione del testimone. L'atleta in arrivo deve avviare l'accelerazione prima del compagno, così da entrare in zona cambio già a velocità crescente e ridurre al minimo la decelerazione del precedente. Ogni variabile – posizione della mano, tempismo del rilascio, angolo del braccio – è determinante: un errore di pochi centimetri o centesimi può tradursi in tempo perso o, peggio, in squalifica.

Le tecniche di passaggio oggi più diffuse sono tre:

1. **Upsweep**: il testimone viene passato con un movimento ascendente. È teoricamente la soluzione più rapida, ma anche la più rischiosa.
2. **Downsweep**: il testimone viene depositato nella mano del compagno con un movimento discendente. È la tecnica attualmente più utilizzata a livello mondiale, poiché combina sicurezza e fluidità.
3. **Push-pass**: il testimone viene "spinto" orizzontalmente nella mano del ricevente. Può risultare leggermente più veloce del *downsweep*, ma espone a un rischio maggiore di errore.

La scelta dipende da fattori come coordinazione, abitudini tecniche e caratteristiche antropometriche dei frazionisti. Le analisi video e i sistemi di *motion capture* mostrano che le squadre con cambi più armonici e sincronizzati guadagnano diversi decimi rispetto ad altre con corridori di pari velocità, ma esecuzioni meno precise.

Un ruolo decisivo è svolto anche dalla gestione dello spazio e del tempo all'interno della zona di cambio, oggi standardizzata in 30 metri. La padronanza di questi parametri è ormai considerata più importante della velocità pura nel determinare l'esito finale.

Le metodologie di allenamento moderne, supportate dall'analisi biomeccanica e dai sistemi di acquisizione ad alta frequenza, consentono di ottimizzare il cambio in funzione della velocità istantanea del sistema "testimone-squadra", integrando tecnologia e performance. L'impatto di questo progresso è ben visibile nei record mondiali e olimpici, che riflettono non solo il miglioramento fisico degli atleti, ma anche l'affinamento tecnico e metodologico del gesto collettivo.

PRESTAZIONE COMPLESSIVA E STRATEGIE DI SQUADRA

La performance di una staffetta 4×100 non può essere interpretata come la semplice somma delle velocità individuali dei quattro corridori. L'analisi storica e scientifica mostra che la differenza tra una medaglia e un piazzamento fuori podio dipende spesso dalla gestione tattica dei cambi, dalla scelta dell'ordine dei frazionisti e dalla strategia globale di gara.

La disposizione classica dei corridori risponde a una logica precisa:

- Primo frazionista: specialista della partenza dai blocchi, capace di accelerare rapidamente e gestire la prima curva.
- Secondo frazionista: corridore potente sul rettilineo opposto, con la massima velocità lineare.
- Terzo frazionista: resistenza alla decelerazione e abilità nella seconda curva, mantenendo il testimone su una traiettoria ottimale.

- Quarto frazionista: velocità pura, capacità di recupero o difesa del vantaggio e gestione emotiva nelle fasi decisive.

Tuttavia, le combinazioni possibili sono molteplici e dipendono dalle caratteristiche dei singoli atleti, dal livello di esperienza e dalle condizioni della pista o del contesto competitivo. La flessibilità tattica e la comunicazione interna diventano così componenti decisive, tanto quanto la velocità.

La sincronizzazione del cambio resta comunque il fattore chiave. Anche atleti di altissimo livello possono perdere decimi preziosi se il passaggio non è perfettamente coordinato. Fiducia reciproca, comunicazione implicita e consolidamento dell'automatismo tecnico sono le basi per ridurre gli errori e ottimizzare il rendimento complessivo.

Le recenti regolamentazioni – dalla standardizzazione della zona di cambio alle dimensioni del testimone – hanno consentito la costruzione di **strategie replicabili e misurabili**, aprendo la strada a un'analisi sempre più scientifica della staffetta. Le serie storiche dei record mostrano chiaramente come i progressi non siano dovuti soltanto all'aumento della velocità dei singoli, ma soprattutto all'evoluzione del sistema di cambi e delle fasi di accelerazione.

COORDINAZIONE E DINAMICHE DI SQUADRA

Al di là della tecnica e delle prestazioni individuali, la 4×100 rappresenta un caso emblematico di efficienza collettiva sincronizzata. Il risultato finale dipende in larga misura dalla capacità del gruppo di muoversi come un unico organismo.

Il momento del cambio del testimone richiede una coordinazione temporale estrema: la fase di accelerazione del ricevente deve sovrapporsi alla minima decelerazione del compagno in arrivo. Un errore di soli due o tre decimi può generare contatti irregolari, perdita di velocità o squalifica.

Le squadre che si allenano sistematicamente in condizioni simulate di gara mostrano, secondo gli studi biomeccanici, una riduzione significativa della variabilità temporale tra i cambi e una maggiore stabilità esecutiva.

La coesione del gruppo e la fiducia reciproca sono fattori imprescindibili. I frazionisti devono saper anticipare i movimenti dei compagni, percependo visivamente o tattilmente il momento del contatto. Nelle fasi di massimo stress agonistico, la comunicazione non verbale – uno sguardo, un richiamo di postura, la sensibilità della mano – risulta spesso più efficace delle istruzioni verbali.

Le squadre di vertice dedicano ore e ore di allenamento esclusivamente alla ripetizione dei cambi, fino a trasformare il gesto in un automatismo. Anche la scelta dell'ordine dei frazionisti non è solo una questione di velocità, ma di compatibilità biomeccanica: alcuni atleti rendono meglio in coppia con specifici compagni, ottimizzando angoli, tempi e traiettorie.

La storia delle staffette dimostra che una sincronizzazione superiore può compensare una minore velocità individuale. Squadre leggermente più lente, ma con cambi impeccabili, riescono spesso a superare avversari più forti sul piano cronometrico.

È questa la lezione più interessante della 4×100: una prova in cui la somma non fa il totale, e dove la perfetta efficienza collettiva diventa la vera misura del valore tecnico e organizzativo di una squadra.

ASPETTI PSICOLOGICI E TATTICI

Oltre ai fattori biomeccanici e coordinativi, la prestazione nella 4×100 è fortemente influenzata da componenti psicologiche. La gestione della pressione competitiva, soprattutto nelle grandi manifestazioni internazionali, rappresenta un elemento decisivo per mantenere l'efficacia dei cambi e ridurre il rischio d'errore. In contesti come Giochi olimpici e Campionati del mondo, gli atleti sono chiamati a eseguire gesti di altissima precisione in pochi decimi di secondo, mentre gestiscono l'adrenalina da gara e la tensione derivante dall'attenzione del pubblico e degli avversari. Le ricerche di psicologia dello sport mostrano che la capacità di mantenere la concentrazione, controllare l'ansia e non “pensare troppo” durante il cambio del testimone è direttamente associata a un minor numero di errori e a tempi complessivi migliori.

La componente mentale si intreccia quindi con la tattica e la tecnica. La fiducia reciproca tra i compagni, la comunicazione implicita e la consapevolezza dei tempi interni del gruppo consentono di mantenere cambi fluidi anche sotto pressione.

In questo senso, la 4×100 rappresenta un campo ideale per osservare la sinergia mente-corpo: la coordinazione cognitiva e quella motoria diventano due facce dello stesso processo di efficienza collettiva, capace di distinguere squadre con prestazioni fisiche simili, ma con livelli diversi di stabilità mentale e relazionale.

ANALISI DELLA LETTERATURA

Il fascino della 4×100 deriva proprio dalla sua natura ibrida: una prova che unisce l'eccellenza individuale alla



Staffetta maschile azzurra, Giochi olimpici, Tokyo 2020

precisione di un gesto tecnico condiviso. Negli ultimi vent'anni, numerosi studi biomeccanici, matematici e statistici hanno contribuito a chiarire i fattori critici che determinano la prestazione complessiva, sottolineando l'influenza diretta delle dimensioni cognitive, relazionali e comunicative sull'efficacia del team.

Tra i contributi più significativi:

- Zhang e Chu (2000) hanno analizzato le tecniche di cambio ottimale, evidenziando come la sincronizzazione tra chi parte e chi arriva, insieme all'angolo di rilascio del testimone, sia determinante per ridurre le perdite di tempo.
- Zarębska et al. (2021) hanno confermato che il gesto tecnico è la variabile principale della performance collettiva: piccole variazioni nell'impugnatura o nella traiettoria del testimone possono modificare in modo significativo l'efficienza del cambio.
- Salo (2001) ha dimostrato che le squadre con maggiore coerenza tra la velocità di chi riceve e di chi consegna ottengono tempi finali migliori, mentre disallineamenti anche minimi compromettono la prestazione.
- Ward-Smith e Radford (2000-2003) hanno applicato modelli di analisi metabolica e matematica per stimare il contributo di ciascun frazionista e quantificare l'impatto dei cambi sul tempo totale, proponendo equazioni predittive di efficienza.
- Masedu e Angelozzi (2008) hanno impiegato modelli di programmazione lineare intera per individuare l'ordine ottimale dei corridori, considerando velocità individuali e caratteristiche specifiche dei cambi: i risultati mostrano che la strategia di disposizione può influenzare sensibilmente il tempo finale.
- Karlsson e Lunander (2024) hanno introdotto un approccio stocastico, modellando la variabilità casuale dei cambi e dimostrando come piccoli errori di sincronizzazione possano avere effetti cumulativi sul tempo complessivo, suggerendo l'importanza di allenamenti che riducano la variabilità temporale.
- Sul piano psicosociale, Bry et al. (2009) hanno mostrato che il “*priming* cooperativo” – cioè l'attivazione mentale della cooperazione – aumenta la velocità di trasmissione del testimone, mentre Høigaard et al. (2006) hanno documentato come una maggiore coesione di squadra riduca il fenomeno del “*social loafing*” (calo dell'impegno individuale in contesti collettivi).

- Muñoz et al. (2023) hanno confermato che i team con elevata coesione presentano migliori capacità di gestione dello stress e abilità mentali più sviluppate, elementi che si traducono in prestazioni più stabili nelle gare di squadra.
- Infine, Feltz et al. (2012) hanno osservato un effetto diretto del cosiddetto “*Köhler effect*”: gli atleti meno performanti migliorano in modo significativo le proprie prestazioni quando competono in staffetta rispetto alle gare individuali, soprattutto nelle finali.

Nel complesso, la letteratura scientifica converge su un punto essenziale: la 4×100 è un sistema complesso in cui la prestazione collettiva non può essere spiegata solo dalla somma dei contributi individuali, ma dipende dall'interazione dinamica tra tecnica, sincronizzazione, coesione e stabilità psicologica.

PROSPETTIVE FUTURE E APPLICAZIONI

Lo studio della staffetta 4×100 offre oggi un terreno di ricerca straordinario per sviluppare nuove metodologie di ottimizzazione della performance collettiva. Le prospettive più promettenti si concentrano su tre ambiti principali: tecnologia e analisi dei dati, personalizzazione dell'allenamento e trasferibilità ad altre discipline.

1. Tecnologia e analisi dei dati

I sistemi di *motion capture* ad alta frequenza, i sensori di velocità e gli accelerometri consentono di analizzare con precisione ogni fase del cambio del testimone: angoli di rilascio, velocità relative, traiettorie e punti critici di sincronizzazione. L'integrazione di intelligenza artificiale e modelli predittivi apre la strada a simulazioni di gara, ottimizzazione dell'ordine dei frazionisti e previsioni dell'impatto di eventuali variazioni nei tempi di cambio.

2. Allenamento personalizzato e gestione dello stress

L'uso di dati oggettivi permette di costruire programmi di allenamento su misura, mirati a migliorare la qualità del cambio e la gestione psicologica della competizione. Le simulazioni in condizioni di pressione, unite a esercizi specifici di sincronizzazione e rilascio, consentono di incrementare l'efficienza complessiva e la stabilità del gesto.

3. Trasferibilità e modelli interdisciplinari

I principi che regolano la 4×100 – sincronizzazione, coordinazione temporale, ottimizzazione della transizione – trovano applicazione anche in sport come il nuoto, il ciclismo su pista, il biathlon e lo sci di fondo. L'introduzione delle staffette miste amplia ulteriormente il campo di analisi, imponendo di considerare la gestione strategica delle differenze fisiologiche e la distribuzione equilibrata delle frazioni tra uomini e donne.

In prospettiva, la staffetta 4×100 continuerà a rappresentare un laboratorio ideale per lo studio dell'efficienza collettiva nello sport. L'interazione tra evoluzione storica, progressi biomeccanici, strategie tattiche e fattori psicologici offre un quadro integrato per comprendere come la prestazione individuale possa essere armonizzata all'interno di un sistema di squadra.

Le nuove tecnologie, insieme a metodologie di analisi sempre più sofisticate, promettono di estendere queste conoscenze ad altri contesti sportivi, migliorando la capacità dei team di trasformare velocità e precisione in rendimento collettivo ottimale.

PISTA E SPECIFICITÀ DELLA 4×100 M

Una pista di atletica standard misura complessivamente 400 m lungo il bordo interno della corsia 1. È costituita da due rettilinei paralleli (circa 84,39 m ciascuno) e due semicirconferenze di collegamento (raggio interno circa 36,50 m). Le piste moderne dispongono tipicamente di otto corsie (ciascuna larga 1,22 m), sebbene esistano impianti con sei o nove corsie. Le gare si disputano in senso antiorario.

Poiché le corsie esterne percorrono una distanza maggiore lungo le curve, World Athletics prevede partenze sfalsate (“*staggered starts*”) per compensare questa differenza, garantendo che ogni atleta copra la stessa distanza complessiva.

- Nella 4×100 m, la partenza prevede sempre uno sfalsamento progressivo verso l'esterno.
- Il primo frazionista della corsia 1 (la più interna) parte dalla linea ufficiale di arrivo dei 100 m, all'inizio della prima curva. Spostandosi verso l'esterno, ogni blocco di partenza è posizionato 7,67 m più avanti; di conseguenza, la squadra in corsia 8 parte 53,7 m davanti alla corsia più interna. Questa differenza visiva viene progressivamente “recuperata” nel corso della gara, affinché tutte le squadre completino esattamente 400 m al traguardo.

Le tre zone di cambio, ciascuna lunga 30 m e rappresentate in Figura 1, sono tracciate trasversalmente su ogni corsia:

- Cambio 1-2: 80-110 m dal via, rettilineo opposto.
- Cambio 2-3: 180-210 m, seconda curva.
- Cambio 3-4: 280-310 m, rettilineo finale.

Nelle corsie esterne, queste zone sono disegnate con uno sfalsamento radiale per assicurare la stessa distanza effettiva di corsa.

Le distanze effettivamente percorse da ciascun frazionista dipendono dal punto in cui avviene il passaggio del testimone e risultano quindi variabili in funzione della frazione:

- Primo frazionista: 80-110 m.
- Secondo frazionista: 70-130 m.
- Terzo frazionista: 70-130 m.
- Quarto frazionista: 90-120 m.

Le distanze indicate rappresentano valori teorici estremi: la minima corrisponderebbe a una ricezione del testimone da atleta quasi fermo, mentre la massima implicherebbe un cambio effettuato al limite della zona consentita. Nella pratica, i passaggi avvengono di norma nella parte finale della zona di cambio, per consentire al ricevente di raggiungere la massima velocità prima della trasmissione del testimone.

Le diverse corsie presentano specifiche difficoltà e percezioni per gli atleti:

- Le corsie interne presentano curve più strette, rendendo più impegnativa la navigazione per primo e terzo frazionista.
- Le corsie esterne hanno curve più ampie, visivamente “piatte”, con possibile impatto sulla percezione spaziale e sulla gestione del cambio.
- Lo sfalsamento iniziale fa apparire i corridori delle corsie esterne “in vantaggio” rispetto a quelli interni, fino al riallineamento visivo sul rettilineo finale.

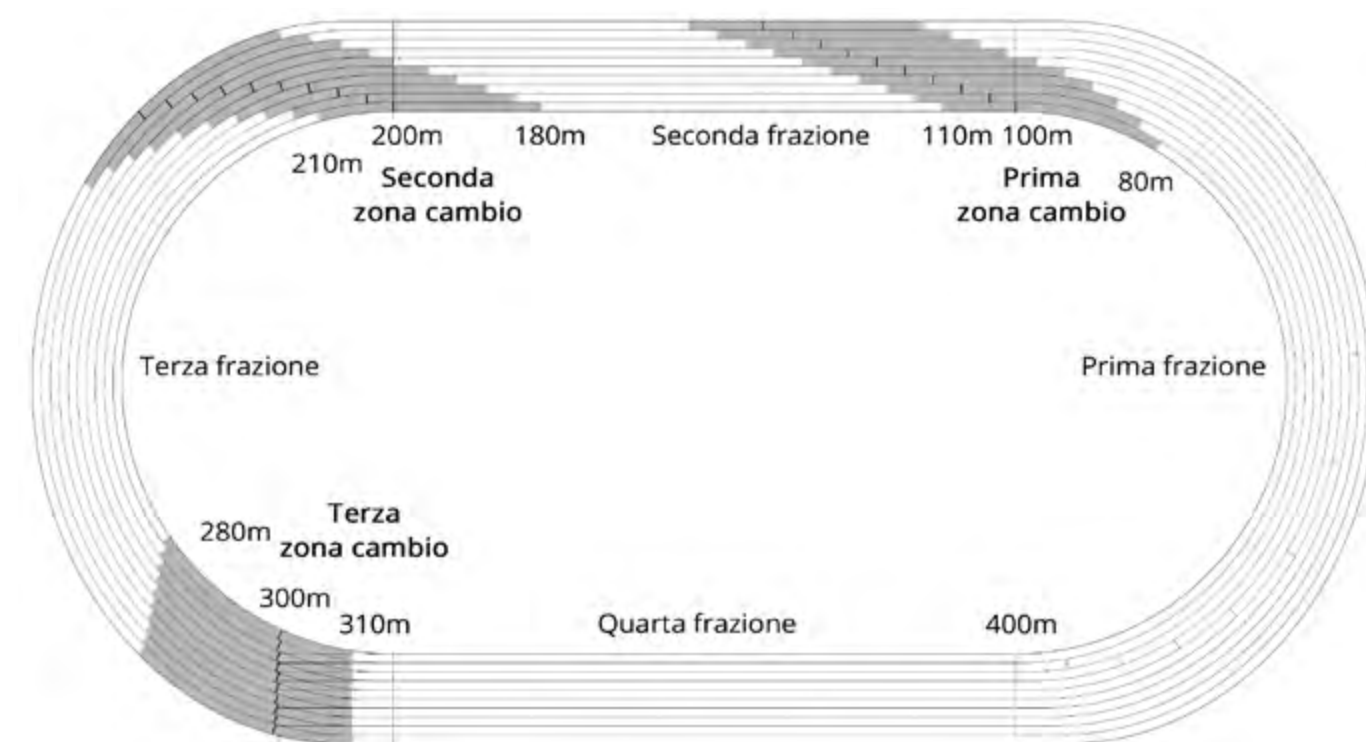


Figura 1: Le zone di cambio nella pista di atletica

METODI: STIME DELLE PRESTAZIONI NELLE STAFFETTE 4×100 M OLIMPICHE

Le staffette 4×100 m anche di alto livello presentano un'elevata probabilità di errori tecnici, come evidenziato dai dati delle ultime otto edizioni dei Giochi olimpici (Atlanta 1996-Parigi 2024) e dei Campionati del mondo da Pechino 2015 a Tokyo 2025.

Dal numero complessivo di staffette “a referto”, pari a 672, sono stati tolti 9 esiti legati a casi di doping con

squalifiche retroattive. Infatti, le squadre coinvolte apparivano sia in finale che in semifinale e quindi venivano conteggiate due volte.

Quindi, tra semifinali e finali, su 663 prestazioni 118 sono risultate non classificate per squalifiche dovute a motivi tecnici (DQ), per mancata conclusione della gara (DNF) o, con decisioni retroattive, per doping (Tabella 1). Significa che il 17,8% delle staffette è stato squalificato.

Tabella 1: Numero di staffette iscritte in finale (semifinale), squalificate per ragioni tecniche (DQ), non partite o non arrivate al traguardo (DNF), per genere e manifestazione

	Donne				Uomini			
Olimpiade	Iscritti	DQ	DNF	Doping	Iscritti	DQ	DNF	Doping
Atlanta 1996	8 (15)	0 (2)	0 (3)	0 (0)	8 (16)	0 (3)	2 (2)	0 (0)
Sydney 2000	8 (16)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	8 (16)	0 (2)	0 (1)	0 (0)
Atene 2004	8 (16)	0 (1)	0 (2)	1 (0)	8 (16)	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Pechino 2008	8 (16)	1 (3)	2 (2)	1 (0)	8 (16)	2 (0)	0 (4)	1 (0)
Londra 2012	8 (16)	0 (1)	0 (0)	1 (0)	8 (16)	1 (1)	0 (0)	1 (0)
Rio 2016	8 (16)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	8 (16)	2 (1)	0 (0)	0 (0)
Tokyo 2020	8 (16)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	8 (16)	1 (1)	1 (2)	1 (0)
Parigi 2024	8 (16)	1 (2)	0 (0)	0 (0)	8 (16)	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Totale	64 (127)	3 (12)	3 (7)	4 (0)	64 (128)	7 (9)	3 (10)	3 (0)

	Donne				Uomini			
Mondiale	Iscritti	DQ	DNF	Doping	Iscritti	DQ	DNF	Doping
Pechino 2015	8 (16)	2 (2)	0 (0)	1 (0)	8 (14)	1 (0)	1 (2)	0 (0)
Londra 2017	8 (16)	8 (1)	0 (2)	0 (0)	8 (16)	0 (1)	1 (1)	0 (0)
Doha 2019	8 (16)	1 (2)	0 (1)	0 (0)	8 (16)	1 (2)	1 (1)	0 (0)
Eugene 2022	8 (16)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	8 (16)	1 (2)	0 (1)	0 (0)
Budapest 2023	9 (17)	1 (0)	2 (2)	0 (0)	8 (16)	2 (1)	1 (3)	0 (0)
Tokyo 2025	8 (16)	1 (1)	0 (2)	0 (0)	8 (17)	0 (0)	1 (3)	0 (0)
Totale	49 (97)	13 (6)	2 (7)	2 (0)	48 (95)	5 (6)	5 (11)	0 (0)

L'obiettivo principale dello studio è valutare le prestazioni delle staffette maschili e femminili nelle finali olimpiche dal 1996 al 2024, sviluppando un modello predittivo in grado di stimare i tempi di gara tenendo conto sia dei segmenti lanciati (quando l'atleta riceve il testimone già in accelerazione), sia della corsa in curva del primo e terzo frazionista.

Sommare semplicemente i primati personali individuali (SB) non è infatti appropriato, poiché tre dei quattro frazionisti corrono con partenza lanciata e percorrono una distanza superiore ai canonici 100 metri, ma solo una parte di essa con il testimone.

DATASET E CALCOLI

Il dataset analizzato comprende:

- 119 team finalisti olimpici (60 uomini, 59 donne) con tempi ufficiali (dati raccolti da worldathletics.org);
- i migliori tempi stagionali (SB) dei singoli atleti nello stesso anno (athlefirst.org);
- le 50 migliori prestazioni mondiali sui 100 m, con split ogni 10 m (athlefirst.org).

Le elaborazioni dei dati sono state eseguite con Excel 365 e SPSS 28.

TEMPI UFFICIALI E VARIAZIONE DELLE PRESTAZIONI

Un'analisi descrittiva preliminare dei tempi ufficiali di gara mette in evidenza sia l'ampiezza, sia la variabilità delle prestazioni registrate nelle diverse edizioni olimpiche.

Considerando solo le finali, tra gli uomini, il miglior tempo osservato è il record del mondo stabilito dalla



Giamaica alle Olimpiadi di Londra 2012 con 36,84 s. Il tempo più alto è stato fatto registrare dalla squadra cubana ad Atlanta 1996 con 38,96 s: un distacco di circa 2 secondi, che riflette non solo le differenze nella composizione delle squadre, ma anche l'impatto critico dei cambi del testimone. Tra le donne, il range è anche più ampio: ai vertici la staffetta USA di Londra 2012 con 40,82 s (record del mondo) contro i 44,87 s della Cina a Sydney 2000, con oltre 4 secondi di differenza.

Sebbene i tempi assoluti di gara offrano una prima indicazione del livello di prestazione, una prospettiva più informativa sarà fornita in seguito dall'analisi dell'efficienza, intesa come confronto tra il tempo teorico stimato sulla base delle prestazioni individuali e il tempo effettivamente registrato nella finale di staffetta. Prima di affrontare questo aspetto, è tuttavia utile osservare come i tempi medi di staffetta si siano evoluti nelle diverse edizioni olimpiche e analizzare il grado di variabilità riscontrato all'interno di ciascuna edizione, con particolare attenzione alle eventuali differenze tra uomini e donne (Tabella 2).

Tabella 2: Numero di staffette iscritte in finale (n), tempo medio di gara e deviazione standard (SD) per genere e Olimpiade

	Donne		Uomini	
Olimpiade	n	Media ± SD	n	Media ± SD
Atlanta 1996	6	42,694 ± 0,738 s	8	38,460 ± 0,580
Sydney 2000	8	42,969 ± 1,031 s	8	38,326 ± 0,465
Atene 2004	8	42,671 ± 0,561 s	7	38,415 ± 0,241
Pechino 2008	7	42,990 ± 0,487 s	6	38,326 ± 0,715
Londra 2012	8	42,170 ± 0,787 s	7	37,903 ± 0,621
Rio 2016	8	42,135 ± 0,778 s	8	37,828 ± 0,367
Tokyo 2020	7	42,021 ± 0,657 s	7	37,843 ± 0,320
Parigi 2024	8	42,278 ± 0,390 s	8	37,746 ± 0,183

Passando all'evoluzione dei tempi medi nelle otto edizioni olimpiche considerate, la rappresentazione grafica (Figura 2) mostra che l'andamento complessivo non segue un declino lineare e costante. Al contrario, sia tra gli uomini sia tra le donne si osservano alcune discontinuità, con un miglioramento particolarmente marcato tra il 2008 e il 2012.

Per le donne, le variazioni risultano più moderate, con valori medi oscillanti intorno ai 42-43 secondi, sebbene dopo il 2008 si noti una lieve tendenza alla riduzione. È interessante osservare che la dispersione dei punti attorno alle linee medie fornisce un'indicazione visiva della variabilità: nelle finali femminili essa appare relativamente ampia e stabile lungo tutto il periodo, mentre nelle finali maschili tende a ridursi progressivamente, soprattutto nelle edizioni più recenti, segnalando livelli prestativi via via più compatti.

Le analisi descrittive mediante grafici a linee confermano che la tendenza non è caratterizzata da un decremento lineare continuo, bensì da miglioramenti concentrati in momenti specifici, in particolare tra le edizioni del 2008 e del 2012 per entrambe le categorie.

Per quantificare l'andamento temporale, le analisi iniziali hanno impiegato modelli di regressione lineare distinti per le staffette maschili e femminili. In entrambi i casi, l'anno dell'edizione olimpica è stato considerato come variabile indipendente e il tempo di staffetta come variabile dipendente. I coefficienti stimati hanno mostrato un'elevata coerenza tra le due categorie, indicando che gli effetti dei predittori erano sostanzialmente analoghi tra uomini e donne ($B \approx -0,029$ secondi per anno), suggerendo che i progressi prestativi si sono verificati a un ritmo simile in entrambi i gruppi.

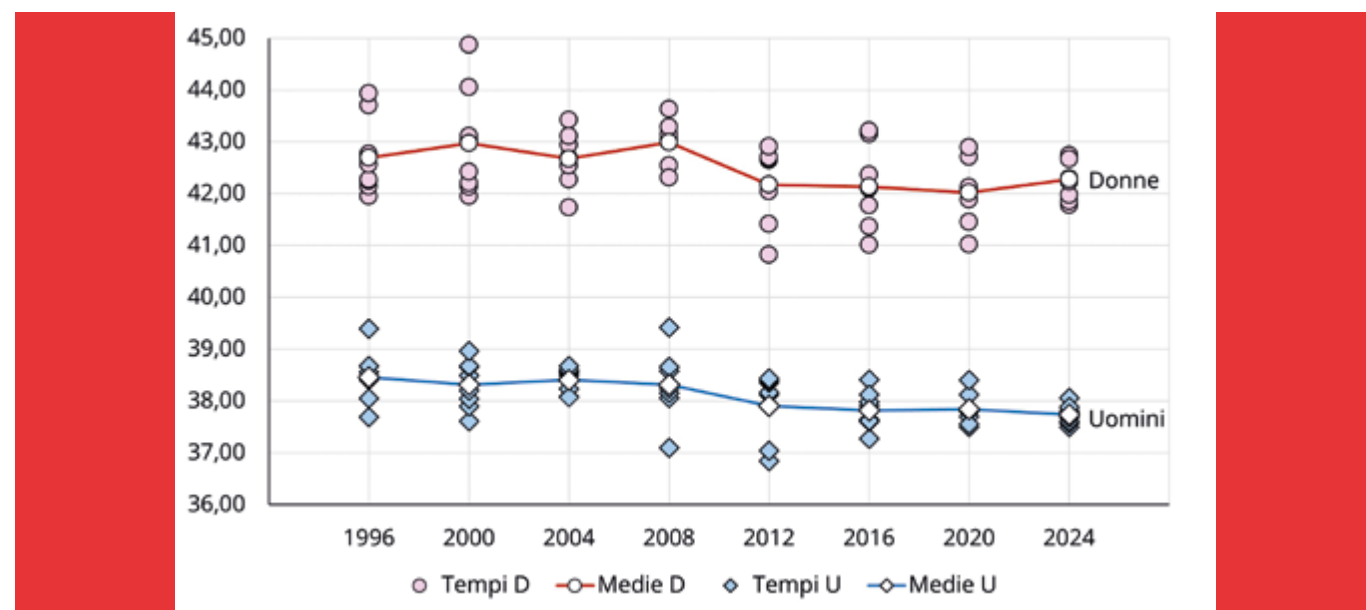


Figura 2: Tempi di gara e tempi medi delle finali olimpiche delle staffette 4x100 m per genere e anno olimpico

L'analisi della varianza a una via (UNIANOVA) consente una valutazione più articolata dell'evoluzione temporale delle prestazioni all'interno di ciascun sesso. L'analisi è stata condotta separatamente per uomini e donne, trattando l'anno come fattore fisso e utilizzando errori standard robusti (HC3) per tenere conto di eventuali fenomeni di eteroschedasticità. Anche in questo caso, i test di uguaglianza delle varianze – tra cui il test di Levene, il test di White e le versioni standard e modificate del test di Breusch-Pagan – non hanno evidenziato deviazioni significative dall'ipotesi di omoschedasticità per nessuno dei due gruppi.

Per le donne, l'ANOVA univariata si è avvicinata ma non ha raggiunto la soglia convenzionale di significatività statistica ($F_{7,51} = 2,112$; $p = 0,059$; $\eta^2 = 0,225$), suggerendo un effetto temporale moderato e non del tutto uniforme tra le diverse edizioni olimpiche. Al contrario, per gli uomini, l'anno ha esercitato un'influenza statisticamente significativa sulla prestazione di staffetta ($F_{7,52} = 3,174$; $p = 0,007$; $\eta^2 = 0,299$), evidenziando un miglioramento più netto e costante nel corso delle edizioni.

Le comparazioni a coppie tra le medie chiariscono ulteriormente il quadro: tra le donne, riduzioni significative dei tempi si osservano principalmente nei confronti tra il 2000 e il 2020, e tra il 2000 e il 2012; negli uomini, invece, quasi tutti i confronti tra le prime edizioni (1996-2004) e quelle più recenti mostrano decrementi significativi, confermando la tendenza discendente già individuata nelle regressioni lineari.

È interessante notare che le stime dei parametri ottenute con errori standard robusti risultano coerenti, sia nella direzione sia nella magnitudine, con i risultati delle regressioni: la presenza di coefficienti negativi per la maggior parte dei contrasti relativi all'anno conferma che i tempi di staffetta si sono progressivamente ridotti negli ultimi trent'anni. L'entità di tali variazioni, pur modesta su base annuale, si traduce in un miglioramento apprezzabile nel corso dei cicli olimpici, soprattutto tra gli uomini, offrendo così un solido contesto quantitativo per interpretare i guadagni in efficienza e i perfezionamenti tecnici che hanno caratterizzato l'evoluzione della velocità d'élite nel tempo.

Nel complesso, questa ANOVA rafforza le evidenze emerse dalle analisi di regressione, mostrando come la riduzione dei tempi di sprint nel corso delle edizioni olimpiche sia statisticamente significativa per gli uomini (quasi per le donne).

Non emergono invece prove statisticamente significative di una riduzione della variabilità delle prestazioni. Ciò suggerisce che i progressi osservati siano principalmente riconducibili all'ottimizzazione delle metodologie di allenamento, alla cura tecnica dei cambi e alla selezione accurata degli atleti, fattori che hanno accelerato i tempi senza alterare in misura sostanziale l'equilibrio competitivo tra le diverse nazioni finaliste.

LA PRESTAZIONE MEDIA DI RIFERIMENTO

Sulla base delle 50 migliori prestazioni mondiali sui 100 m, considerate separatamente per uomini e donne, è stata calcolata una "prestazione media" per ciascun intervallo di 10 m. I tempi medi finali risultanti sono pari, rispettivamente, a 10,803 s per le donne e 9,798 s per gli uomini. Questo profilo medio è stato assunto come base di riferimento per le successive elaborazioni (Tabella 3).

Nella riga denominata "Tempo progressivo" sono riportati i tempi medi di passaggio a ogni intervallo di 10 m. I valori tra parentesi indicano i tempi "netti", ottenuti sottraendo il tempo medio di reazione dai parziali (rispettivamente 0,155 e 0,148 s per donne e uomini).

La riga "Tempo sui 10 metri" mostra invece il tempo medio necessario per percorrere ciascun segmento di 10 m.

L'andamento riflette la tipica fase di accelerazione iniziale, che gradualmente lascia spazio a una velocità più stabile nei tratti successivi. Le donne raggiungono la velocità massima di 10,66 m/s (38,4 km/h) nel sesto segmento di 10 m, con un tempo di percorrenza di 0,938 s, mentre gli uomini toccano il picco di 11,96 m/s (oltre 43 km/h) nel settimo segmento, percorso in 0,836 s, evidenziando le differenze nello sviluppo della velocità tra i due sessi.

È importante notare che i tempi corretti di 10,648 e 9,649 s corrispondono alla prestazione effettiva netta sui 100 m, ossia al tempo necessario per coprire la distanza al netto della componente di reazione.

Tabella 3: La prestazione media di riferimento sui 100 m, per genere

Donne											
Distanza	Tempo di reazione (TR)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
Tempo progressivo (senza TR)	0,155	1,999 (1,844)	3,111 (2,956)	4,125 (3,970)	5,086 (4,931)	6,026 (5,871)	6,964 (6,809)	7,909 (7,754)	8,855 (8,700)	9,816 (9,661)	10,803 (10,648)
Tempo sui 10 m (senza TR)	0,155	1,999 (1,844)	1,112	1,014	0,962	0,940	0,938	0,945	0,947	0,961	0,986
Velocità media (m/s) (senza TR)		5,00 (5,42)	9,00	9,86	10,40	10,64	10,66	10,59	10,56	10,40	10,14
Variazione % di velocità			79,85 (65,90)	9,65	5,43	2,34	0,15	-0,68	-0,21	-1,52	-2,53

Uomini											
Distanza	Tempo di reazione (TR)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
Tempo progressivo (senza TR)	0,148	1,894 (1,746)	2,919 (2,771)	3,838 (3,690)	4,712 (4,563)	5,559 (5,410)	6,398 (6,249)	7,234 (7,086)	8,078 (7,929)	8,928 (8,780)	9,798 (9,649)
Tempo nei 10 m (senza TR)	0,148	1,894 (1,746)	1,026	0,918	0,874	0,847	0,839	0,836	0,844	0,850	0,870
Velocità media (m/s) (senza TR)		5,28 (5,73)	9,75	10,89	11,45	11,81	11,92	11,96	11,85	11,76	11,50
Variazione % di velocità			84,65 (70,20)	11,67	5,10	3,16	0,95	0,33	-0,90	-0,78	-2,21

In sintesi, considerando la velocità espressa in metri al secondo, la prestazione delle donne (e degli uomini) può essere descritta come segue:

- un forte incremento nei primi 20 metri, da 0 a 9,00 (9,75) m/s;
- il raggiungimento di una velocità prossima al massimo nei successivi 20 metri, fino a 10,40 (11,45) m/s tra i 30 e i 40 metri;
- il mantenimento della velocità fino ai 60-70 metri, dove si registrano le velocità di picco pari a 10,66 (11,96) m/s;
- una graduale diminuzione della velocità negli ultimi 30-40 metri, con l'ultimo segmento a 10,14 (11,50) m/s. Nell'ultimo tratto la riduzione è di oltre il 2%, che corrisponde a un tempo di percorrenza di oltre 2 centesimi più lungo rispetto ai 10 metri precedenti.

Sulla base della prestazione media descritta, per ciascun atleta - del quale è noto unicamente il miglior tempo stagionale (SB) - è stata ricostruita la sequenza dei parziali ogni 10 metri, ridimensionando i tempi medi di riferimento mediante un fattore di scala definito, separatamente per donne (F) e uomini (M), come rapporto tra il SB individuale e il tempo medio totale: $\bar{T}_{Top50}^F = 10,803$ s e $\bar{T}_{Top50}^M = 9,798$ s.

Indicando con T_i^F il SB del i-esimo velocista femminile e con T_i^M il SB del i-esimo velocista maschile, i corrispondenti fattori di scala ρ_i^F e ρ_i^M sono definiti come:

$$\rho_i^F = \frac{T_i^F}{\bar{T}_{Top50}^F} \quad \text{e} \quad \rho_i^M = \frac{T_i^M}{\bar{T}_{Top50}^M}$$

Un valore di ρ_i inferiore a 1 indica che il SB considerato è migliore della media delle 50 migliori prestazioni mondiali.

STIMA DELLA MIGLIOR PRESTAZIONE ATTESA: TEMPI INTERMEDI NEI PRIMI 30 M

Nella staffetta 4x100 m, i passaggi di testimone possono avvenire in differenti punti all'interno della zona di cambio. È dunque necessario stimare i tempi di percorrenza dei vari segmenti di pista nelle situazioni di cambio, ossia quando l'atleta riceve o consegna il testimone già in fase di massima velocità.

Secondo Di Mulo (2004), l'obiettivo tecnico ottimale è effettuare il cambio circa 5 m prima della fine della zona di passaggio, mentre Zarębska (2021) osserva che, quanto più tardi avviene la consegna, tanto maggiore risulta l'efficienza complessiva dell'azione.

Per questo motivo, partendo dai parziali disponibili a 10, 20 e 30 m, utilizzando un modello esponenziale che descrive la relazione tra velocità v e distanza s in funzione del tempo t (Di Prampero, 2005), sono stati calcolati i tempi intermedi a 5, 15 e 25 m dalla partenza.

Il modello si definisce nella forma seguente

$$v(t) = V_{\max}(1 - e^{-t/\tau})$$

$$s(t) = V_{\max}(t + \tau(e^{-t/\tau} - 1))$$

dove:

- V_{\max} rappresenta la velocità massima potenziale dell'atleta;
- τ è il tempo con cui l'atleta si avvicina a tale limite.

I parametri V_{\max} e τ sono stati stimati minimizzando la somma dei quadrati delle differenze (SSE) tra le posizioni misurate (10, 20 e 30 m) e quelle previste su una griglia di valori di τ compresi tra 0,1 e 5. Successivamente, sono stati identificati i tempi t per i quali la funzione $s(t)$ risulta più prossima ai punti di interesse, cioè 5, 15 e 25 m.

Le Tabelle 4 e 5, rispettivamente per donne e uomini riportano i tempi stimati nei primi 5, 10 e 15 metri dalla partenza dello sprinter (valori in corsivo), derivati dai dati osservati a 10, 20 e 30 m. La prima riga corrisponde alla prestazione media di riferimento (10,803 s per le donne e 9,798 s per gli uomini), comprensiva del tempo medio di reazione (0,155 e 0,148 s), rappresentando quindi un corridore della prima frazione che parte dai blocchi. In queste condizioni, il modello predice per le donne (uomini) tempi di 1,360 (1,298) s a 5 m, 2,570 (2,423) s a 15 m e 3,620 (3,383) s a 25 m.

Tabella 4: Tempi stimati nei tratti intermedi fino ai 30 metri di gara (donne)

Tempo base	Tempo di reazione	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
10,803	0,155	<i>1,360</i>	1,999	<i>2,570</i>	3,111	<i>3,620</i>	4,125
11,00	0,155	<i>1,382</i>	2,033	<i>2,615</i>	3,166	<i>3,684</i>	4,198
11,00	Lanciata	<i>1,227</i>	1,878	<i>2,460</i>	3,011	<i>3,529</i>	4,043
10,49	Lanciata	<i>1,170</i>	1,790	<i>2,344</i>	2,869	<i>3,363</i>	3,853

Tabella 5: Tempi stimati nei tratti intermedi fino ai 30 metri di gara (uomini)

Tempo base	Tempo di reazione	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
9,798	0,148	<i>1,298</i>	1,894	<i>2,423</i>	2,919	<i>3,383</i>	3,838
10,00	0,148	<i>1,322</i>	1,933	<i>2,471</i>	2,980	<i>3,451</i>	3,917
10,00	Lanciata	<i>1,174</i>	1,782	<i>2,323</i>	2,829	<i>3,303</i>	3,767
9,54	Lanciata	<i>1,119</i>	1,706	<i>2,214</i>	2,709	<i>3,149</i>	3,606

Per una sprinter della prima frazione con SB di 11,00 s (Tabella 4), i tempi stimati negli stessi punti (5, 15 e 25 m) sono pari rispettivamente a 1,382 s, 2,615 s e 3,684 s. Se la stessa atleta corre invece una frazione lanciata, la prestazione potenziale migliora poiché il testimone viene ricevuto senza partenza dai blocchi, sottraendo di fatto il tempo medio di reazione. In questo scenario, i tempi stimati risultano 1,227 s, 2,460 s e 3,529 s.

Per uno sprinter uomo con SB di 10,00 s (Tabella 5), i tempi stimati con e senza tempo di reazione diventano 1,322 s, 2,471 s, 3,451 s e 1,174 s, 2,323 s, 3,303 s.

Quando una sprinter con l'attuale SB record mondiale (10,47 s) è collocata in una frazione lanciata, il modello stima 1,170 s per i primi 5 m, già 0,057 s più veloce rispetto a una sprinter da 11 s; a 25 m, il divario aumenta a 0,166 s. Un corridore uomo con SB pari al record mondiale attuale (9,54 s) è previsto guadagnare in 25 metri un vantaggio di 0,154 s su uno sprinter da 10 s.

La specificità dell'accelerazione nei primi 10 m di gara è illustrata in Figura 3. Sono stati utilizzati gli stessi tempi di base riportati nella Tabella 5. Ogni riga si riferisce ai primi 10 metri della corsa. Come previsto, si osserva che il tempo necessario per coprire i primi 5 metri (linea continua) sia nettamente superiore rispetto ai successivi 5 metri (linea tratteggiata). Naturalmente, gli atleti completano i primi 5 metri più rapidamente quando non corrono la prima frazione (cioè quando si parla di una frazione lanciata e il tempo di reazione non è aggiunto al tempo effettivo di corsa).

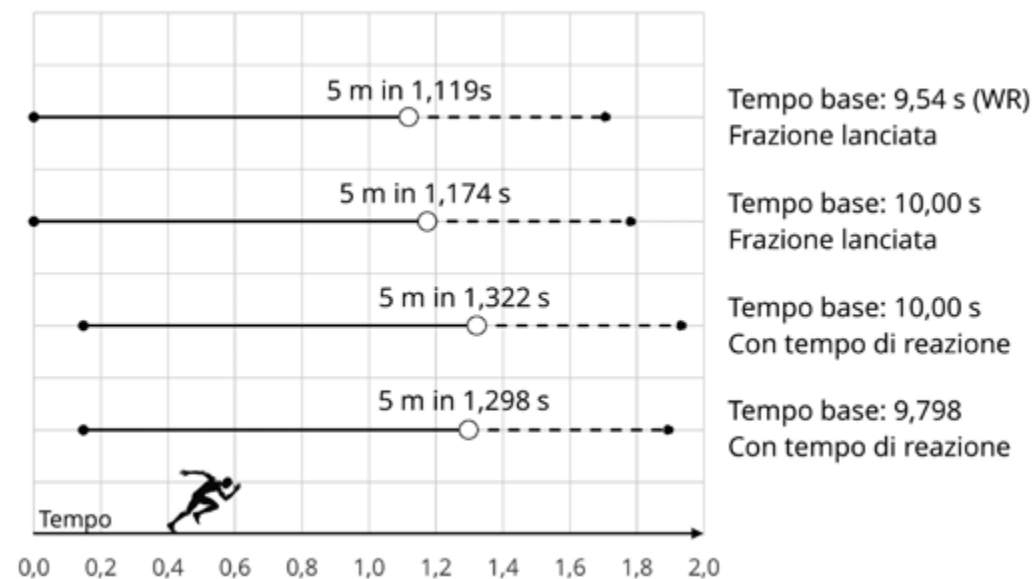


Figura 3: Scenari dei tempi di percorrenza stimati di atleti uomini per i primi 5 m

Stima della miglior prestazione attesa: i segmenti oltre i 100 m.

Nella modellizzazione dei profili prestativi oltre i 100 m (da 105 a 125 metri con step di 5 metri) è stata privilegiata una formulazione quadratica. La scelta trova giustificazione nel comportamento empirico dei dati: il calo di velocità osservato nei segmenti successivi ai 70 m mostra un andamento progressivamente decelerato, ben descritto da una curva parabolica (Figura 4).

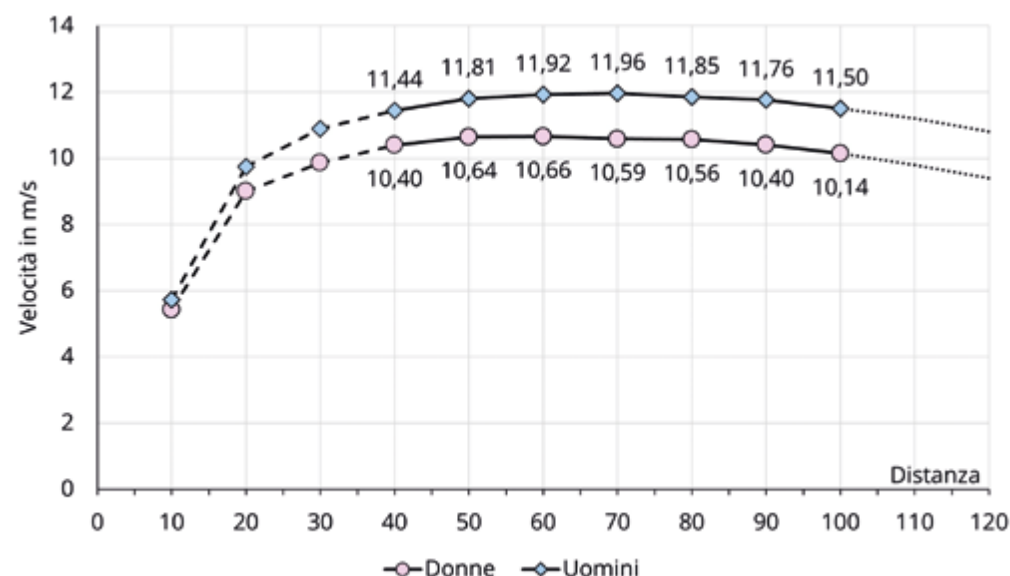


Figura 4: Velocità media nei segmenti da 40 a 100 metri, per genere

Un polinomio di secondo grado fornisce quindi sia una rappresentazione adeguata della dinamica sottostante, sia una struttura modellistica più parsimoniosa, evitando il rischio di *overfitting* tipico di termini di ordine superiore. Tale scelta garantisce che la traiettoria stimata resti coerente con l'interpretazione fisiologica della fatica nello sprint, preservando al contempo semplicità metodologica e robustezza.

L'espressione del tempo parziale in funzione della distanza percorsa è:

$$P(x)=b_0+b_1x+b_2x^2$$

Tabella 6: Coefficienti del modello

	Donne	Uomini
b_0	1,30079	1,27537
b_1	0,08921	0,08147
b_2	$4,191 \times 10^{-5}$	$2,206 \times 10^{-5}$

Le stime fornite da questo modello, integrate con quelle derivanti dal modello esponenziale utilizzato per prevedere i tempi dei segmenti nei primi 30 m di gara, consentono di calcolare il tempo potenziale di uno sprinter su qualsiasi tratto cronometrato della corsa, stabilendo punto di partenza del cronometraggio e lunghezza del tratto percorso.

Nella prima e nella terza frazione, l'atleta corre su un tratto curvo della pista, il che comporta inevitabilmente una leggera riduzione della velocità effettiva rispetto a un segmento completamente rettilineo (o con curvatura minore). Tale differenza è imputabile a fattori biomeccanici, come l'aumento della forza centripeta richiesta, la perdita di stabilità laterale, la necessità di inclinare il corpo e, potenzialmente, una minore resa durante le fasi di contatto con il suolo dovuta alle forze trasversali.

Per tener conto di questo effetto nei modelli previsionali, viene quindi introdotto un fattore di penalità temporale per le frazioni curve. In questo studio si assume (come ipotesi di lavoro) che la penalità corrisponda al 2% del tempo atteso su rettilineo, cioè che la prestazione su un tratto curvo sia mediamente inferiore del 2% rispetto a quella teorica su una superficie ideale. Per esempio, questo equivale a un incremento di 0,2 s per una prestazione attesa di 100 metri pari a 10 secondi.

RISULTATI

Per stimare i tempi potenziali degli atleti nelle staffette 4x100 m, partendo dalla prestazione media di riferimento precedentemente descritta, è stato utilizzato un approccio combinato che integra due distinti modelli matematici:

- un modello esponenziale per la fase iniziale di accelerazione (0-30 m), che riproduce la dinamica dell'aumento di velocità a partire dalla posizione di fermo;
- un modello quadratico, ottenuto mediante regressione ai minimi quadrati, per descrivere velocità e tempi parziali oltre i 100 m.

Per tenere conto dell'effetto della curva, è stato applicato un fattore di penalità temporale del 2% alle prime e terze frazioni, percorse prevalentemente su traiettoria curva.

Per le frazioni successive alla prima, si assume una fase di accelerazione di 25 m prima della ricezione del testimone. La scelta di considerare 25 m di accelerazione (sui 30 m disponibili nella zona di cambio) per lo sprinter in arrivo riflette un bilanciamento deliberato tra due priorità concorrenti. Da un lato, utilizzare l'intera zona di cambio per accelerare potrebbe massimizzare la velocità dell'atleta al momento della ricezione del testimone. Dall'altro, estendere l'accelerazione troppo vicino al termine della zona aumenta il rischio di cambi falliti, inclusi cadute o infrazioni, eventi che possono risultare decisivi in una gara decisa da centesimi di secondo. Al contrario, accorciare eccessivamente la fase di accelerazione limiterebbe la velocità che il ricevente può raggiungere prima di prendere il testimone, riducendo l'efficienza complessiva della frazione. Selezionando un intervallo di accelerazione di 25 m, il modello intende rappresentare un compromesso che consenta allo sprinter ricevente di raggiungere una velocità prossima al massimo, preservando al contempo un margine di sicurezza per completare un cambio tecnicamente pulito. Questa scelta trova supporto in osservazioni empiriche da competizioni di alto livello, dove la maggior parte dei cambi di testimone efficaci avviene con lo sprinter in uscita che inizia la propria accelerazione in anticipo e quello in arrivo ancora vicino alla massima velocità, senza però sfruttare l'estremità finale della zona di cambio. In tal modo, l'intervallo di 25 m fornisce una rappresentazione realistica delle dinamiche effettive dei cambi, catturando sia il potenziale di performance sia i vincoli regolamentari insiti nelle gare di 4x100 m.

Nello scenario dove ciascun frazionista accelera per 25 metri, le distanze percorse da ciascun frazionista e il segmento di prestazione durante il quale il testimone è effettivamente portato, cioè la porzione che contribuisce concretamente al tempo complessivo della staffetta, sono riportate nella Tabella 7.

Lo sprinter della prima frazione parte da fermo, reagisce con un tempo di reazione misurato, corre prevalentemente su curva per 105 m e consegna il testimone al secondo frazionista, che lo riceve già "in volo" dopo 25 m di accelerazione iniziati a 80 m.

Il secondo frazionista porta il testimone per 100 m, prevalentemente in rettilineo. In pratica, questo corrisponde a 125 m percorsi, ma il tempo durante il quale il testimone è effettivamente portato - la porzione

che contribuisce al tempo di gara – corrisponde al tempo impiegato per coprire il tratto 25-125 m, tutto in rettilineo.

In maniera analoga al secondo, il terzo frazionista, partendo a 180 m, accelera per 25 m, riceve il testimone a 205 m, percorre la curva e lo passa a 305 m al quarto frazionista, anch'esso già in movimento dopo 25 m di accelerazione iniziati a 280 m.

Lo sprinter dell'ultima frazione corre complessivamente 120 m, ma solo 95 m in rettilineo mentre porta il testimone.

Tabella 7: Schema delle distanze percorse e cronometrate da ciascun frazionista

	Frazione 1 Curva	Frazione 2 Rettilineo	Frazione 3 Curva	Frazione 4 Rettilineo
Punto di partenza in pista	0 m	80 m	180 m	280 m
Lunghezza accelerazione	0 m	25 m	25 m	25 m
Punto ricezione del testimone	-	105 m	205 m	305 m
Lunghezza della corsa	105 m	125 m	125 m	120 m
Punto di passaggio del testimone	105 m	205 m	305 m	-
Distanza percorsa dal testimone	105 m	100 m	100 m	95 m
Inizio cronometraggio	0 m	25 m	25 m	25 m
Termine cronometraggio	105 m	125 m	125 m	120 m
Tempo di reazione	Sì	No	No	No
Penalizzazione curva	2%	0	2%	0

Si prenda come riferimento una ipotetica staffetta maschile in cui si assume che tutti e quattro gli atleti abbiano una season best (SB) di 10 secondi. La Tabella 8 riporta i tempi parziali di ciascun frazionista. Questo scenario semplificato consente di osservare le differenze di contributo alla prestazione complessiva, nonostante ciascun corridore possieda lo stesso potenziale.

Tabella 8: Stime dei tempi potenziali dei frazionisti e della staffetta

SB	10,00 s	10,00 s	10,00 s	10,00 s
Inizio crono	0 m	25 m	25 m	25 m
Fine crono	105 m	125 m	125 m	120 m
Tempo inizio crono	0	3,325 s	3,325 s	3,325 s
Con penalizzazione curva	0	-	3,330 s	-
Tempo fine crono	10,073 s	11,804 s	11,804 s	11,370 s
Con penalizzazione curva	10,275 s	-	12,040 s	-
Tempo effettivo	10,275 s	8,569 s	8,740 s	8,135 s
Tempo riproporzionato	10,490 s	8,749 s	8,924 s	8,305 s
Aggiunta tempo reazione	10,638 s	-	-	-
Tempo potenziale della staffetta	36,616 s			

Il tempo del primo frazionista è il più lungo (10,638 s) perché:

- l'atleta percorre la distanza maggiore (105 m);
- è incluso il tempo di reazione legato alla partenza da fermo;
- subisce la penalità dovuta alla curva.

Il secondo frazionista parte già in movimento e, correndo in rettilineo, ottiene un tempo inferiore rispetto al terzo, che corre in curva (8,749 s contro 8,924 s). Per entrambi la distanza cronometrata è di 100 m.

L'ultimo sprinter corre su rettilineo, viene cronometrato su 95 m e, quindi, contribuisce con il tempo più basso, pari a 8,305 s, alla prestazione dell'intera staffetta.

Il tempo potenziale complessivo risulta pertanto di 36,616 secondi, ossia 3,4 secondi più veloce della somma dei SB individuali, pari a 40,00 s.

Seguendo uno schema analogo, in una staffetta femminile con quattro atlete dotate in un SB di 11,00 secondi, le stime delle singole frazioni risultano essere:

- Frazione 1: 11,718 s
- Frazione 2: 9,821 s
- Frazione 3: 10,017 s
- Frazione 4: 9,314 s

La stima del tempo potenziale di questa staffetta è di: 40,870 s. Anche in questo caso, la stima è di oltre 3 secondi inferiore alla somma dei SB pari a 44 secondi.

I due scenari proposti fanno riferimento a una condizione ideale in cui i quattro componenti della squadra presentano lo stesso SB. Tale configurazione, come già sottolineato, consente di mettere in evidenza le differenze di contributo al tempo complessivo pur a parità di potenzialità individuale. In questo caso, quindi, non è necessario considerare la disposizione ottimale degli atleti nelle diverse frazioni di gara.

Dal punto di vista strettamente matematico, la distribuzione più efficiente dei frazionisti può essere individuata come segue:

- Primo frazionista: l'atleta più veloce, poiché percorre la distanza maggiore (105 m) e può quindi ottenere il massimo vantaggio rispetto a un atleta più lento sullo stesso tratto;
- Terzo frazionista: il secondo atleta più veloce, destinato alla seconda curva; la penalizzazione del 2% sul tempo risulta meno influente se applicata a un corridore rapido;
- Secondo frazionista: il terzo atleta più veloce, che corre sul rettilineo per 100 m e non subisce penalità di curva; in altre frazioni, la perdita di tempo sarebbe più rilevante;
- Quarto frazionista: l'atleta più lento del quartetto, che copre 95 m sul rettilineo finale, frazione in cui il suo contributo risulta meno penalizzante.

I calcoli relativi al potenziale di prestazione delle staffette sono stati effettuati seguendo tale schema. Tuttavia, è opportuno ricordare che la resa effettiva di una staffetta dipende anche da numerosi altri fattori, tra cui:

- diversa capacità individuale di affrontare le curve;
- maggiore o minore facilità nel passaggio del testimone tra atleti con caratteristiche di velocità e accelerazione differenti;
- capacità di sostenere la pressione psicologica del traguardo;
- tipo di piede di appoggio e orientamento corporeo nei cambi.

MISURAZIONE E ANALISI DELL'EFFICIENZA

Per valutare l'efficacia complessiva della prestazione di una staffetta, viene introdotto un indicatore di efficienza temporale, definito come il rapporto tra il tempo potenziale (T_p), ottenuto sommando i migliori tempi individuali stimati degli sprinter, e il tempo reale di gara (T_R):

$$\eta_{4 \times 100} = \frac{T_p}{T_R}$$

Un valore di η inferiore a 1 indica che la staffetta non ha raggiunto la massima prestazione attesa (ad esempio, a causa di cambi poco efficienti o di un ordine dei frazionisti non ottimale), mentre η maggiore di 1 suggerisce una performance superiore al potenziale teorico, solitamente attribuibile a dinamiche di gara favorevoli, come partenze lanciate ottimali e passaggi di testimone particolarmente fluidi.

Questo indice fornisce un criterio sintetico e comparabile per valutare la qualità della prestazione, indipendentemente dai tempi assoluti registrati.

L'analisi descrittiva dell'indice di efficienza $\eta_{4 \times 100}$ si compone degli indicatori riportati nella Tabella 9.

Tabella 9: Statistiche descrittive della misura di efficienza $\eta_{4 \times 100}$

	Donne	Uomini
Media aritmetica	0,97727	0,97342
Media geometrica	0,97721	0,97338
Mediana	0,97719	0,97451
Deviazione standard	0,01082	0,00871
Minimo	0,94303	0,95125
1° quartile	0,97100	0,96643
3° quartile	0,98316	0,97967
Massimo	1,00158	0,99326
Intervallo di variazione	0,05855	0,04200
Intervallo interquartile	0,01216	0,13240
Asimmetria (S.E.)	-0,484 (0,311)	-0,313 (0,309)
Curtosi (S.E.)	0,954 (0,613)	-0,143 (0,608)
Test K-S	0,80 (p>0,200)	0,69 (p>0,200)
Test Shapiro-Wilk	0,972 (p=0,621)	0,986 (p=0,727)

I risultati indicano che sia le staffette femminili sia quelle maschili mostrano un elevato livello di efficienza, con valori centrali (media aritmetica e geometrica) prossimi a 0,977 per le donne e 0,973 per gli uomini. I valori mediani risultano coerenti con le medie, suggerendo una distribuzione sostanzialmente simmetrica. Nel complesso, le donne presentano un'efficienza media leggermente superiore rispetto agli uomini, sebbene la differenza sia modesta (circa 0,004). La variabilità, misurata tramite la deviazione standard e l'intervallo interquartile, appare lievemente maggiore tra le donne, indicando una dispersione dei valori di efficienza appena più ampia. L'asimmetria è negativa per entrambi i generi, con una leggera accentuazione verso sinistra nelle donne. Significa che ci sono alcuni valori di efficienza più bassi, che quindi si trovano nella coda di sinistra della distribuzione. I valori di curtosi suggeriscono distribuzioni prossime alla normalità, prive di picchi estremi.



Staffetta femminile azzurra,
World Athletics Relays, Bahamas 2024

I test di normalità (Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk) non evidenziano deviazioni significative dalla distribuzione normale per nessuno dei due generi, a conferma dell'adeguatezza della media aritmetica come misura di tendenza centrale. In termini generali, questi risultati suggeriscono che, sebbene le staffette femminili presentino valori di efficienza lievemente più alti e più dispersi, gli andamenti complessivi dell'efficienza prestativa risultano ampiamente comparabili tra squadre maschili e femminili.

La distribuzione è stata ulteriormente analizzata tramite rappresentazioni grafiche. Gli istogrammi con curva normale sovrapposta mostrano che, per gli uomini, l'indice di efficienza è sostanzialmente simmetrico, con valori concentrati intorno a 0,975-0,985 e una buona aderenza alla distribuzione gaussiana teorica. Le code non evidenziano irregolarità rilevanti (Figura 5).

Per le donne (Figura 6), l'andamento risulta per lo più analogo, con la maggior parte dei valori compresi nell'intervallo 0,975-0,985 e una generale conformità alla normalità. Tuttavia, la distribuzione mostra alcune deviazioni nelle code: due osservazioni si collocano nella coda inferiore, mentre un caso presenta un valore di efficienza superiore a 1, situazione non riscontrata tra gli uomini.

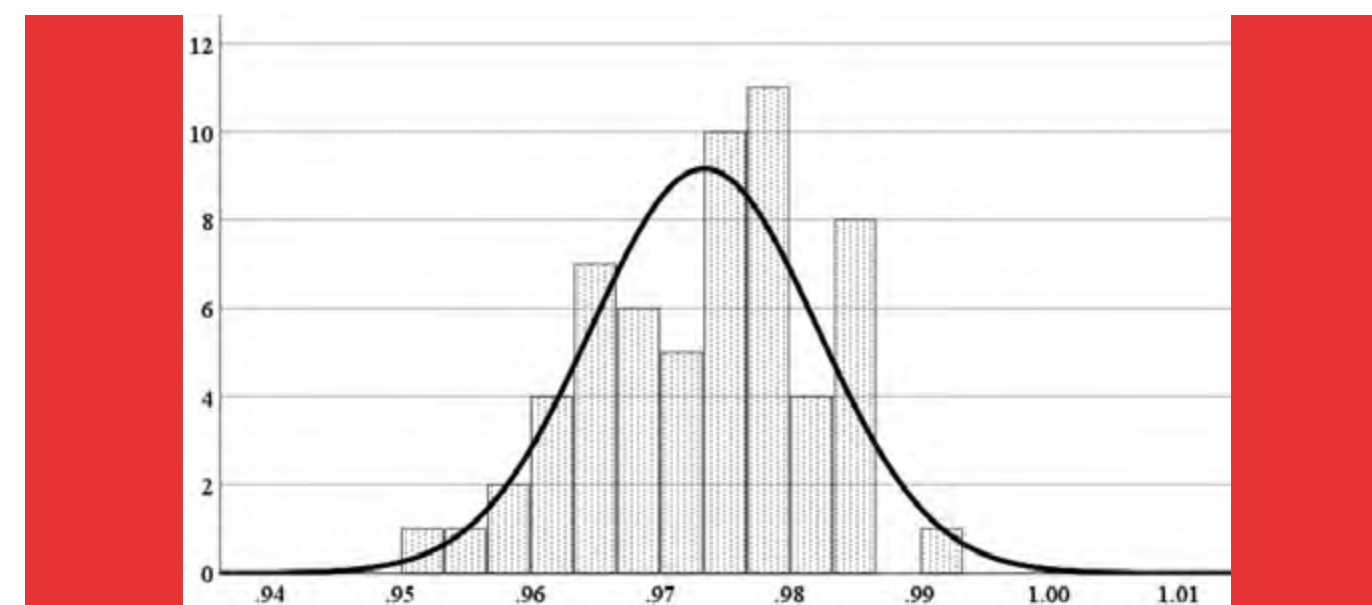


Figura 5: Distribuzione dell'efficienza $\eta_{4 \times 100}$ nelle staffette maschili

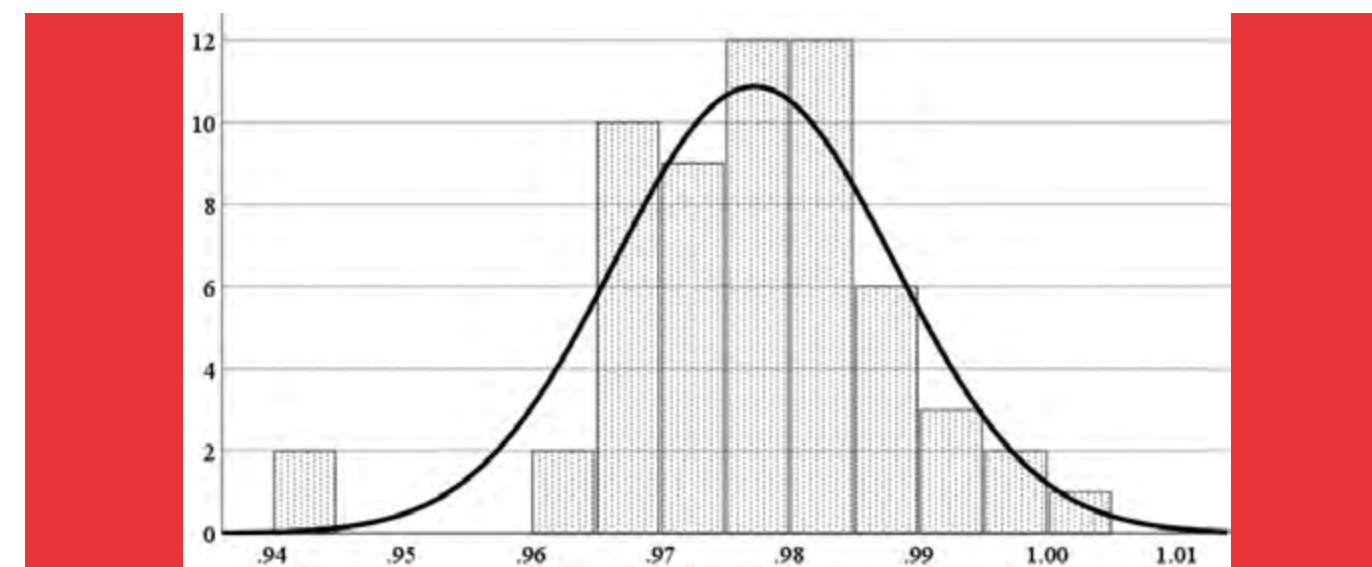


Figura 6: Distribuzione dell'efficienza $\eta_{4 \times 100}$ nelle staffette femminili

Il box plot di sinistra (Figura 7) conferma l'assenza di outlier tra gli uomini, con un valore mediano pari a 0,97451 e il 50% delle osservazioni comprese nell'intervallo [0,96643; 0,97967].

Per le donne, invece, il box plot di destra mostra due outlier inferiori e uno superiore. I due casi di bassa efficienza corrispondono alle squadre della Nigeria e della Cina nella finale olimpica di Sydney 2000, le cui prestazioni furono penalizzate da errori nei passaggi del testimone. Al contrario, il valore di efficienza superiore a 1 riguarda la squadra ucraina ai Giochi di Londra 2012, che includeva due atlete con SB particolarmente alti; ciò ha ridotto il valore di riferimento potenziale atteso, determinando un'apparente efficienza superiore all'unità.

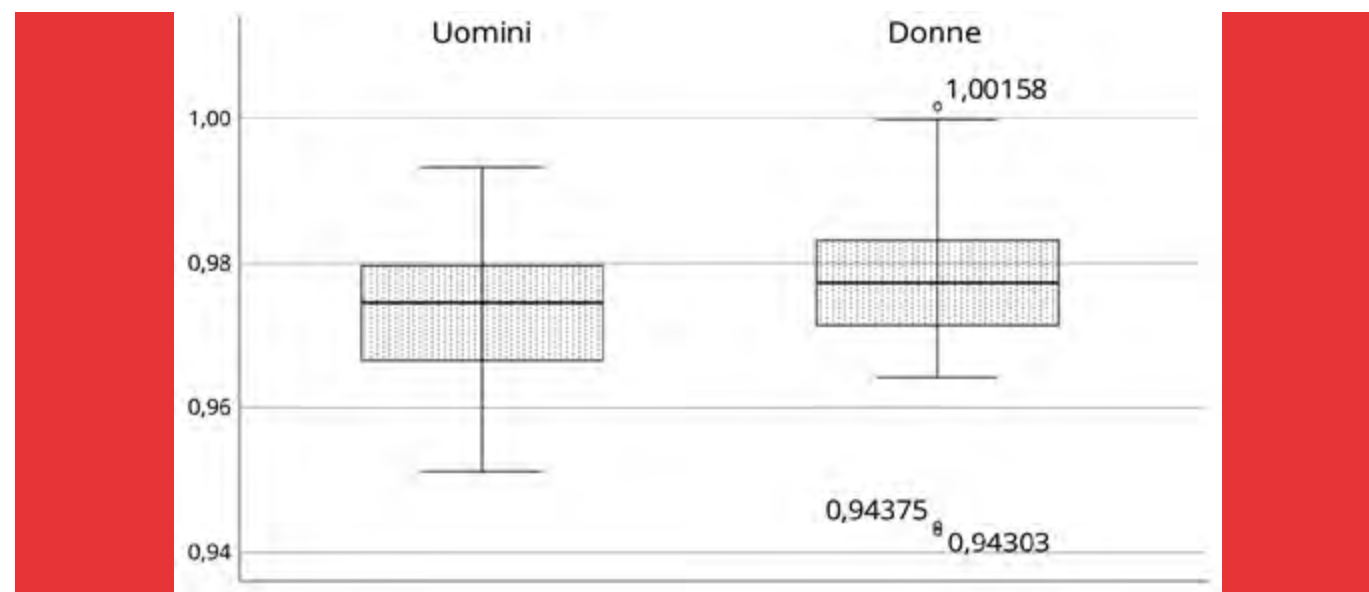


Figura 7: Distribuzione dell'efficienza $\eta_{4 \times 100}$ nelle staffette femminili

A differenza dei tempi assoluti delle staffette, che mostrano una chiara separazione tra i due generi, i valori di efficienza risultano nel complesso simili sia in termini di livello medio sia di variabilità. Ciò ha giustificato l'adozione di un modello combinato, in cui genere e anno dell'edizione olimpica sono stati inclusi simultaneamente come variabili esplicative, con l'indice di efficienza $\eta_{4 \times 100}$ come variabile dipendente.

Per valutare le variazioni temporali e di genere nell'efficienza delle staffette 4x100 m, è stata condotta un'analisi della varianza a due vie, con l'efficienza come variabile dipendente, il genere (donne vs uomini) come fattore fisso e l'anno (1996-2024) come covariata. Le verifiche preliminari hanno confermato il rispetto delle ipotesi di omogeneità delle varianze e indipendenza dei residui: il test di Levene per l'uguaglianza delle varianze d'errore non è risultato significativo ($F_{1,117}=1,113$, $p=0,294$), e ulteriori test di eteroschedasticità (White e Breusch-Pagan) non hanno evidenziato violazioni. La distribuzione dei valori di efficienza è risultata approssimativamente simmetrica per entrambi i generi, con asimmetria leggermente negativa e curtosi prossima a zero, a conferma dell'adeguatezza della media aritmetica come misura centrale.

L'ANOVA a due vie ha evidenziato un effetto complessivo del modello modesto ma significativo ($F_{2,116}=4,700$, $p=0,011$, $\eta^2_p=0,075$). L'anno ha mostrato un piccolo effetto positivo sull'efficienza ($F_{1,116}=4,665$, $p=0,033$, $\eta^2_p=0,039$), suggerendo un lieve miglioramento nel corso delle edizioni olimpiche, mentre il genere ha avuto un'influenza anch'essa significativa, ma contenuta ($F_{1,116}=4,923$, $p=0,028$, $\eta^2_p=0,041$), con le squadre femminili mediamente più efficienti di quelle maschili. Le stime dei parametri ottenute con errori standard robusti (HC3) sono risultate coerenti con quelle convenzionali, confermando la stabilità dei risultati.

Non è emersa alcuna interazione significativa tra genere e anno, e il test di adeguatezza del modello non è risultato significativo ($F_{13,103}=1,193$, $p=0,295$), a indicare che il modello lineare rappresenta adeguatamente l'andamento dei dati.

Complessivamente, l'ANOVA a due vie conferma che l'efficienza delle staffette è relativamente stabile tra i generi e nelle diverse edizioni olimpiche.

Rispetto ai tempi assoluti delle staffette, che hanno mostrato un miglioramento progressivo - soprattutto negli uomini - l'efficienza è rimasta relativamente costante nel corso delle edizioni olimpiche (Tabella 10).

L'analisi non ha evidenziato differenze significative tra le varie edizioni, suggerendo che le fluttuazioni osservate sono principalmente dovute alla naturale variabilità delle squadre finaliste in ciascuna edizione dei

Giochi, piuttosto che a una reale evoluzione temporale dell'efficienza.

Questo risultato può essere interpretato considerando che l'efficienza riflette la capacità di una squadra di avvicinarsi al proprio potenziale teorico. Mentre i tempi assoluti si sono ridotti nel tempo grazie ai progressi nella velocità dei singoli atleti, nelle metodologie di allenamento e nelle strategie di passaggio del testimone, il rapporto tra prestazione reale e prestazione potenziale è rimasto sostanzialmente costante.

Tabella 10: Efficienza media e deviazione standard per Olimpiade

Olimpiade	Efficienza media \pm SD
Atlanta 1996	0,9721 \pm 0,00706
Sydney 2000	0,9717 \pm 0,01414
Atene 2004	0,9731 \pm 0,01049
Pechino 2008	0,9761 \pm 0,00954
Londra 2012	0,9799 \pm 0,01121
Rio 2016	0,9765 \pm 0,00869
Tokyo 2020	0,9786 \pm 0,00660
Parigi 2024	0,9750 \pm 0,00829

In altre parole, le squadre di staffetta hanno beneficiato dei progressi complessivi nelle condizioni tecniche e fisiologiche, ma la loro capacità relativa di trasformare questo potenziale in prestazioni effettive non è aumentata in modo significativo. Ciò spiega perché l'efficienza mostra scarsa variazione nel tempo, anche in presenza di trend di miglioramento dei tempi assoluti (Figura 8).

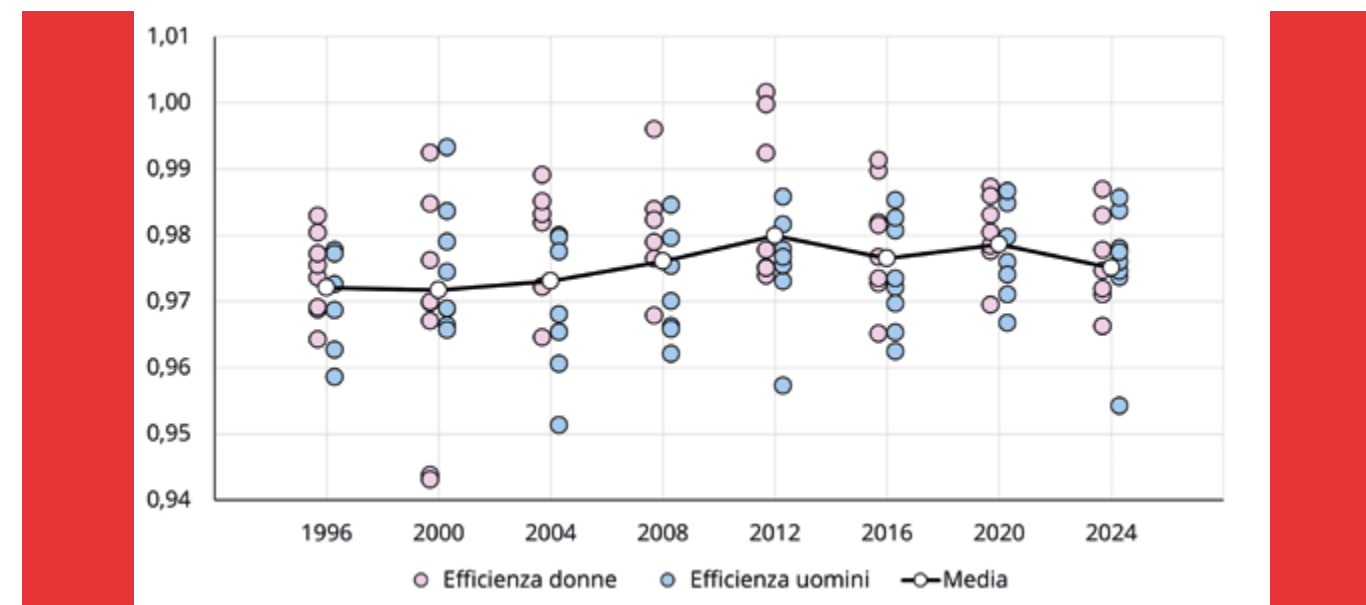


Figura 8: Distribuzione dell'efficienza $\eta_{4 \times 100}$ per genere ed edizione olimpica

DIFFERENZA ASSOLUTA TRA PRESTAZIONE ATTESA E PRESTAZIONE REALE: IL POTENZIALE DI MIGLIORAMENTO

Per offrire un'interpretazione più intuitiva dell'indice di efficienza $\eta_{4 \times 100}$, risulta utile considerare anche la differenza assoluta tra il tempo potenziale stimato e il tempo effettivamente realizzato nella gara. Questa misura può essere intesa come un indicatore del potenziale di miglioramento.

Per esempio, un valore di efficienza pari a $\eta_{4 \times 100}=0,98$ corrisponde a una riduzione del 2% rispetto al potenziale. Significa che una squadra con un tempo atteso di 40 secondi ha corso in $40/0,98=40,81$ secondi, con un "ritardo" di circa 8 decimi rispetto al potenziale.

Questo approccio traduce il concetto astratto di efficienza in una metrica di immediata rilevanza sportiva,

mostrando concretamente quanto le squadre siano vicine o lontane dal loro rendimento ottimale. Ad esempio, la staffetta giamaicana maschile che stabilì il record del mondo alle Olimpiadi di Londra 2012 con 36,84 secondi ha corso con un'efficienza di 0,9851. Il modello stimava il loro tempo potenziale in 36,289 s. In altre parole, la formazione caraibica avrebbe potuto abbassare il record di oltre mezzo secondo. La Tabella 11 riporta il potenziale medio di miglioramento delle staffette in ciascuna edizione olimpica.

Tabella 11: Potenziale medio di miglioramento per genere ed edizione olimpica

Olimpiade	Donne	Uomini
Atlanta 1996	1,1114	1,1720
Sydney 2000	1,3717	0,9593
Atene 2004	0,9279	1,2106
Pechino 2008	0,8232	1,0772
Londra 2012	0,6314	0,9332
Rio 2016	0,8855	0,9865
Tokyo 2020	0,8269	0,8720
Parigi 2024	1,0698	0,9294

L'analisi dei valori calcolati evidenzia che il margine medio di miglioramento rispetto al potenziale teorico si aggira intorno a 1 secondo. Sebbene ciò possa sembrare trascurabile in termini assoluti, risulta altamente significativo se confrontato con le velocità caratteristiche delle staffette olimpiche. A tali velocità di corsa, si tratta grosso modo di circa 10 metri, una distanza considerevole in competizioni in cui spesso è necessario ricorrere alla tecnologia del fotofinish per determinare la classifica finale. Questo risultato sottolinea come anche differenze temporali apparentemente minime possano avere un impatto competitivo rilevante, rafforzando l'importanza di strategie mirate a ridurre al minimo il divario tra prestazione potenziale e prestazione reale. Va infine osservato che il modello quadratico adottato per stimare la prestazione oltre i 100 metri rappresenta lo scenario più rigoroso tra quelli esaminati. Specificazioni alternative, in cui il segmento oltre i 100 metri viene modellato mediante polinomi di terzo grado, producono risultati leggermente diversi: in questi casi, la discrepanza tra tempi osservati e potenziale teorico si riduce a poco più di mezzo secondo. Tuttavia, anche un margine così ridotto rimane rilevante in termini competitivi, corrispondendo a circa cinque metri, una distanza in grado di influenzare in modo determinante l'esito di una finale olimpica. Si rafforza quindi la conclusione precedente secondo cui, nonostante l'elevato livello di ottimizzazione già raggiunto nelle staffette di élite, sembra persistere un margine tangibile per ulteriori miglioramenti nella prestazione complessiva.

STRATEGIE DI COMPOSIZIONE E DINAMICHE DI MIGLIORAMENTO TRA SEMIFINALI E FINALI

L'osservazione comparata delle formazioni impiegate nelle semifinali e nelle finali olimpiche mette in luce una varietà di strategie gestionali che incidono in modo diretto sulla performance. Su 128 staffette finaliste considerate nel periodo 1996-2024, 68 (40 maschili e 28 femminili) hanno mantenuto invariata la composizione rispetto alla semifinale, mentre le restanti hanno introdotto uno o più cambi. Le nazioni con maggiore frequenza di variazioni nella formazione sono risultate gli Stati Uniti (11 su 13 finali, 5 maschili e 6 femminili), la Giamaica (10 su 13, di cui 3 maschili e 7 femminili) e la Nigeria (7 su 7, 1 maschile e 6 femminili). La nazione più "stabile" è la Germania che ha mantenuto la stessa formazione per 7 volte sulle 8 partecipazioni (Tabella 12). La rotazione degli elementi riflette una strategia deliberata volta a ottimizzare il rendimento complessivo. Le squadre più forti e con un ampio bacino di atleti di alto livello dispongono della possibilità di modificare la disposizione interna o sostituire componenti meno brillanti, cercando la migliore combinazione possibile per la finale. Infatti, Giamaica e Stati Uniti hanno cambiato due elementi della formazione rispettivamente in 6 e 4 occasioni.

Tabella 12: Nazioni finaliste alle Olimpiadi dal 1996 al 2024 per numero di partecipazioni e composizione della finale rispetto alla semifinale

Nazione	Partecipazioni	Stessa formazione	Cambio disposizione	Cambio elementi	
				1	2
Australia	3	3			
Bahamas	3		1	1	1
Belgio	2	1	1		
Bielorussia	1		1		
Brasile	7	4		3	
Canada	8	6		2	
Cina	6	6			
Cuba	2	1		1	
Francia	9	4	1	4	
Germania	8	7		1	
Ghana	2			2	
Giappone	7	5		2	
Gran Bretagna	9	6		2	1
Italia	3	2		1	
Giamaica	13	3		4	6
Nigeria	7			7	
Paesi Bassi	5	4		1	
Polonia	3	2		1	
Russia	4	3		1	
Stati Uniti	13	2	1	6	4
Sud Africa	1	1			
Svezia	1	1			
Svizzera	2	2			
Trinidad e Tobago	6	3	1	2	
Ucraina	3	2			1
Totale	128	68	6	41	13

Al contrario, il mantenimento della stessa formazione può avere un duplice significato: da un lato rappresenta una scelta di continuità tecnica, fondata sulla stabilità dei cambi e sulla fiducia nel gruppo; dall'altro, soprattutto per le nazioni con risorse più limitate, può costituire una necessità legata alla scarsità di alternative competitive. In questi casi, la conferma dei quattro titolari non va interpretata come rigidità tattica, ma come vincolo strutturale del sistema atletico nazionale. La profondità del bacino di velocisti di livello internazionale sembra quindi condizionare in parte la capacità di adottare strategie differenziate tra le fasi di gara. Dal punto di vista prestativo, l'analisi dei tempi mostra che non tutte le staffette migliorano il proprio risultato dalla semifinale alla finale, e ciò conferma quanto la prova di staffetta sia influenzata da molteplici fattori tecnici e contestuali - dalla precisione dei passaggi all'ordine di corsa, fino alle condizioni ambientali o all'interferenza con altre squadre. Per questo motivo, il calcolo di una media generale dei miglioramenti non risulta del tutto rappresentativo del fenomeno. Tuttavia, restringendo l'osservazione alle squadre salite sul podio, emerge un quadro più coerente: quasi tutte mostrano un miglioramento significativo sia in termini cronometrici sia di efficienza (Tabella 13); 9 staffette femminili e 13 maschili non sono state classificate per squalifica.

Tabella 13: Numero di squadre finaliste alle Olimpiadi dal 1996 al 2024 per genere, ordine di arrivo ed esito rispetto alla semifinale

Classifica	Femmine		Maschi		Totale	
	Migliorato	Peggiorato	Migliorato	Peggiorato	Migliorato	Peggiorato
1	8	0	8	0	16	0
2	7	1	6	2	13	3
3	7	1	7	1	14	2
4	5	3	5	3	10	6
5	5	2	4	4	9	6
6	2	5	1	5	3	10
7	1	6	1	2	2	8
8	0	2	0	2	0	4
Totale	35	20	32	19	67	39

In particolare, tra le donne, tutte le otto staffette vincitrici dell'oro hanno migliorato il proprio tempo in finale, e lo stesso vale per sette delle otto squadre seconde e terze classificate. Il guadagno medio rispetto alla semifinale è stato di 591 millesimi per le vincitrici dell'oro, 410 per quelle d'argento e 344 per quelle di bronzo. Tra gli uomini, tutte le squadre d'oro hanno migliorato (in media di 512 millesimi), mentre i miglioramenti medi sono stati rispettivamente di 168 e 218 millesimi per argenti e bronzi (Tabella 14). Sempre tra gli uomini, considerando solo le formazioni che hanno migliorato (6 e 7 per secondi e terzi piazzamenti), il tempo finale è diminuito mediamente di 236 e 250 millesimi.

Il test t per dati appaiati ha mostrato differenze statisticamente significative tra finali e semifinali sia nei tempi sia nei valori dell'indice di efficienza ($p\text{-value} < 0,01$), confermando che il passaggio dalla semifinale alla finale comporta, per i team di vertice, un incremento sistematico della prestazione.

L'analisi dell'indice di efficienza consente di leggere in modo più fine questa dinamica. Valori positivi indicano un miglioramento della prestazione e quindi un decremento del tempo di arrivo. Tra le donne, l'aumento medio di efficienza è stato dell'1,34% per le vincitrici dell'oro, 0,92% per le staffette d'argento e 0,60% per quelle di bronzo; tra gli uomini, le variazioni sono state rispettivamente di 1,38%, 0,45% e 0,63%. Questi valori indicano che, nella prova decisiva, i quartetti a podio riescono non solo a correre più velocemente, ma anche a esprimere una migliore efficienza, risultato non automatico dal momento che i cambiamenti di formazione comportano delle variazioni anche nei tempi potenziali.

Tabella 14: Variazione media del tempo di gara e dell'efficienza rispetto alla semifinale per genere e ordine di arrivo

Classifica	Femmine		Maschi	
	Δ tempo	Δ efficienza	Δ tempo	Δ efficienza
1	-0,591	1,34%	-0,512	1,38%
2	-0,410	0,92%	-0,168	0,45%
3	-0,344	0,60%	-0,218	0,63%
4	-0,178	0,29%	-0,060	0,29%
5	-0,197	0,45%	-0,044	0,25%
6	0,106	-0,30%	0,202	-0,42%
7	0,419	-0,96%	-0,037	0,10%
8	0,940	-2,10%	0,195	-0,20%

Tale miglioramento può essere interpretato in due modi complementari. Da un lato, esso suggerisce che le squadre più competitive riescono a gestire in modo strategico la semifinale, evitando di esprimere il massimo potenziale e riservando la piena intensità alla finale, in una logica di risparmio energetico e ottimizza-



Staffetta femminile azzurra, Campionati europei, Roma 2024

zione del rischio. Dall'altro, può riflettere l'effetto di un progressivo affinamento tecnico – in particolare nella precisione dei cambi – favorito dalla ripetizione della prova e dall'adattamento alle condizioni del campo. In entrambi i casi, la capacità di migliorare nel passaggio tra semifinale e finale appare una condizione quasi necessaria per ottenere una medaglia, come confermato dal fatto che tutte le staffette vincitrici dell'oro, maschili e femminili, hanno realizzato la loro miglior prestazione proprio in finale.

In sintesi, il confronto tra semifinali e finali evidenzia che la composizione del quartetto e la gestione della distribuzione dello sforzo rappresentano variabili chiave nel determinare l'esito della prova. Le nazioni con maggiore profondità atletica possono permettersi strategie di rimescolamento finalizzate all'ottimizzazione della resa, mentre le squadre emergenti tendono a puntare sulla coesione e sulla stabilità. In ogni caso, i dati mostrano come il miglioramento in termini di tempo ed efficienza sia il tratto distintivo delle staffette di vertice, a conferma del legame tra efficienza operativa del sistema e capacità di massimizzare il rendimento nella gara decisiva.

CONCLUSIONI

Questo studio ha introdotto un modello integrato per stimare la prestazione potenziale delle staffette olimpiche 4×100 m, considerando la dinamica dell'accelerazione iniziale, la prestazione oltre i 100 m e le penalizzazioni associate alla percorrenza delle curve.

I risultati evidenziano una duplice dinamica: da un lato, un miglioramento progressivo dei tempi assoluti delle staffette, particolarmente marcato nelle gare maschili; dall'altro, una relativa stabilità dell'efficienza rispetto al potenziale teorico stimato dal modello. Ciò indica che i progressi osservati negli ultimi decenni possono essere attribuiti principalmente all'aumento della velocità individuale degli sprinter e al perfezionamento della preparazione tecnica, piuttosto che a un incremento sostanziale della capacità dei team di tradurre il proprio potenziale nella massima prestazione.

Il margine medio di miglioramento di circa un secondo può apparire modesto in termini assoluti, ma assume grande rilevanza in contesti competitivi. Questo sottolinea come differenze apparentemente minime tra prestazione attesa e realizzata possano influenzare in modo decisivo l'assegnazione delle medaglie.

Per il futuro, ridurre questo divario richiede un'attenzione crescente all'ottimizzazione dei cambi del testimone, alla gestione dei tratti curvi e alla coesione psicologica del team – fattori ampiamente riconosciuti in letteratura come cruciali per massimizzare l'efficienza complessiva. L'integrazione di analisi biomeccaniche, strategie di squadra e resilienza mentale emerge quindi come l'ambito chiave per ulteriori progressi, in un contesto in cui i margini di miglioramento diventano sempre più ristretti.

In sintesi, la staffetta 4×100 m resta un terreno privilegiato per lo studio della prestazione collettiva, in cui la combinazione di eccellenza individuale, sincronizzazione tecnica e resilienza psicologica determina la capacità di trasformare il potenziale teorico in risultati sportivi di livello mondiale.

BIBLIOGRAFIA

- Bry C, Meyer T, Oberlé D, Gherson T. (2009) Effects of priming cooperation or individualism on a collective and interdependent task: Changeover speed in the 4×100m relay race. *Journal of sport & exercise psychology*. 31. 380-9. 10.1123/jsep.31.3.380.
- Di Mulo F. (2004) La preparazione tecnica della staffetta 4×100 metri, *AtleticaStudi* 1: 29-38.
- Elshahat Ibrahim Ali M. (2020) Structure Communication Skills scale for 4×100m relay contestants in the Receiving and Handling Area. *Assiut Journal of Sport Science and Arts*, 2020; 2020(2): 100-111. doi: 10.21608/ajssa.2020.147621.
- Høigaard R, Tofteland I and Ommundsen Y. (2006) The Effect of Team Cohesion on Social Loafing in Relay Teams, *International Journal of Applied Sports Sciences*, 2006, Vol. 18, No. 1, 59-73.
- Hunter JP, Marshall RN and McNair PJ. (2004). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of Applied Biomechanics*, 20(1), 110-121.
- Karlsson N, Lunander A. (2024) A stochastic analysis of the 4×100 m relay. *Int J Sports Sci Coaching*. 2024;19(6). <https://doi.org/10.1177/17479541231219969>.
- Masedu F, Angelozzi M. (2008) Modelling optimum fraction assignment in the 4×100 m relay race by integer linear programming. *Ital J Sports Sci*. 2008;13:74-77.
- Muñoz AR, Vega-Díaz M, González-García H. (2023) Team Cohesion Profiles: Influence on the Development of Mental Skills and Stress Management. *Journal of Sports Science and Medicine* (22), 637 - 644. doi.org/10.52082/jssm.2023.637.
- Osborn KA, Irwin BC, Skogsberg NJ, Feltz DL. (2012). The Köhler effect: Motivation gains and losses in real sports groups. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1(4), 242-253. <https://doi.org/10.1037/a0026887>.



- Prampero P, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G. (2005). Sprint running: A new energetic approach. *The Journal of experimental biology*. 208. 2809-16. 10.1242/jeb.01700.
- Radford P, Ward-Smith A. (2003). The baton exchange during the 4 × 100 m relay: A mathematical analysis. *Journal of sports sciences*. 21. 493-501. 10.1080/0264041031000101836.
- Salo A. (2001) Running velocities and baton exchange-overs in 4×100 m relay exchanges. *Biomechanics Symposia*. 2001.
- Sugiura Y, Numazawa H and Ae M. (1995) Time analysis of elite Sprinters in the 4×100 metres relay. *New Studies in Athletics*, 10 (3), 45-49.
- Ward-Smith A, Radford P. (2002) A mathematical analysis of the 4×100 m relay. *J Sports Sci*. 2002;20:369-381.
- Ward-Smith A, Radford P. (2000) Investigation of the kinetics of anaerobic metabolism by analyses of the performance of elite sprinters. *J Biomech*. 2000;33:997-1004.
- Zarębska EA, Kusy K, Włodarczyk M, et al. (2021) Effective baton exchange in the 4×100m Relay race. *Acta Kinesiol*. 2021;15:21-27.
- Zhang BM, Chu D. (2000) The study of the optimal exchange technique in 4×100m relay. In: *18th international symposium on biomechanics in sports*; 2000.

SITOGRAFIA

- <https://athletefirst.org>
- <https://worldathletics.org>



© Freepik

PREMI SPORTIVI: CHIARIMENTI DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE

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.

Avv. Letizia Di Nicolantonio

È specializzata in diritto sportivo e del terzo settore, con competenze che spaziano dalla consulenza e pareristica legale nell'ambito dello sport e del terzo settore fino alla tutela giudiziale in ambito tributario e sportivo. È Giudice componente effettivo del Tribunale Federale della FISG, Giudice Sportivo Territoriale della FISR e responsabile dell'area legale della piattaforma AggiornarSi, dedicata alla formazione dei professionisti nel settore no profit e sportivo.

L'interpretazione fornita dall'Agenzia delle Entrate, con interpello n. 265/2025, sulle modalità di tassazione dei premi sportivi, tema già affrontato sul numero 3-2025 di AtleticaStudi, preoccupa notevolmente il mondo dello sport e gli operatori sportivi, per le pesanti conseguenze che ne derivano dal punto di vista burocratico, fiscale e contributivo. Si ritiene opportuno, pertanto, offrire un ulteriore contributo editoriale che approfondisce la materia anche dal punto di vista delle perplessità di natura giuridica, in quanto questo interpello non parrebbe conforme al tenore della legge della riforma sportiva che esclude la natura retributiva del premio sportivo.

Dopo avere richiamato la normativa che disciplina i premi sportivi si espone il tema tenendo conto della nuova interpretazione dell'Agenzia delle Entrate, in relazione alla natura del rapporto giuridico in essere tra l'erogatore ed il percettore del premio.

La posizione dell'Agenzia delle Entrate finora illustrata, pone tuttavia dei dubbi interpretativi non risolvibili, che l'articolo approfondisce suggerendo di tenere un atteggiamento prudentiale in attesa di un indirizzo giurisprudenziale in materia.

Giuliano Grandi

La disciplina dei premi sportivi ai sensi dell'art. 36 co. 6 quater d.lgs. 36/2021, che richiama l'art. 30 co. 2 DPR 600/1973 - oggi art. 45 co. 9 d.lgs. 33/2025 - prevede la tassazione unica, con ritenuta a titolo d'imposta del 20%, sull'importo corrisposto ad atleti e tecnici da parte degli enti sportivi dilettantistici (ASD e SSD), qualora l'importo stesso erogato a titolo di premio sportivo, anche cumulato con altri premi, sia superiore a 300,00 euro l'anno per ogni singolo percettore. Il tema della tassazione dei premi sportivi è stato affrontato a più riprese dalla prassi amministrativa. L'aspetto di rilievo sul quale pone l'attenzione l'Agenzia delle Entrate, riguarda la natura del rapporto giuridico in essere tra la ASD/SSD che eroga il premio e l'atleta o tecnico percettore (Agenzia delle Entrate interpellata dalla Federazione Italiana Sport Equestri - consulenza giuridica n. 956-69/2024).

A seconda di come si attegga tale rapporto, l'Agenzia delle Entrate ritiene applicabile la ritenuta a titolo di imposta sostitutiva del 20% ovvero le ordinarie aliquote IRPEF, riferite ai percettori degli importi corrisposti a titolo di premio sportivo (Agenzia delle Entrate, interpello n. 265/2025). Nel dettaglio, l'Agenzia delle Entrate ritiene che la disciplina dei premi sportivi, ex art. 36 comma



© Freepik

6 quater d.lgs. 36/2021, si applichi **solo qualora gli atleti o tecnici percettori dei premi sportivi siano qualificati come volontari, ovvero non sussista alcun rapporto di lavoro** (a tempo indeterminato, co.co.co. legati) **con l'ente erogatore del premio.**

Diversamente, se il premio è corrisposto in presenza di un qualsiasi rapporto di lavoro sportivo ai sensi dell'art. 25 d.lgs. 36/2021, tra l'atleta o tecnico e l'ASD/SSD erogante, secondo l'Agenzia delle Entrate, l'importo va inteso come componente variabile della retribuzione complessiva riferita al rapporto di lavoro sportivo e pertanto andrà cumulato alla retribuzione personale del lavoratore per il principio di onnicomprensività del reddito di lavoro, ai sensi dell'art. 51 comma 1 TUIR per il reddito di lavoro dipendente o assimilato e art. 54 TUIR per il reddito di lavoro autonomo, con ciò tassato secondo le aliquote ordinarie IRPEF ovvero secondo il regime di tassazione forfettaria per i lavoratori sportivi autonomi dotati di P. Iva, senza quindi il beneficio della ritenuta a titolo di imposta definitiva al 20%, ai sensi dell'art. 36 comma 6 quater d.lgs. 36/2021.

In definitiva, nell'ipotesi esposta, secondo l'Agenzia delle Entrate il corrispettivo del premio va assoggettato a tassazione unitamente alla parte fissa della retribuzione, secondo le regole della categoria reddituale corrispondente.

In sintesi, per l'Agenzia delle Entrate, la disciplina speciale dei premi sportivi ai sensi dell'art. 36 comma 6 quater d.lgs. 36/2021 risulterebbe strettamente collegata all'assenza di un qualsiasi rapporto obbligatorio a prestazioni corrispettive tra il percettore (atleta/tecnico) e l'erogatore (ASD/SSD).

Diversamente, se il premio sportivo è erogato a favore di un volontario o di un atleta o tecnico di altra società sportiva si applicherà la disciplina dei premi sportivi con la ritenuta di legge del 20% da versare, in qualità di sostituto d'imposta, entro il giorno 16 del mese successivo a quello in cui è sta-

to corrisposto il premio, utilizzando modello F24 e codice tributo 1047, per non incorrere nella contestazione dell'omesso versamento che comporterebbe delle sanzioni a carico dell'ente sportivo che agisce nella qualità di sostituto d'imposta.

Inoltre, l'ASD/SSD erogante non sarà tenuta a predisporre la Certificazione Unica, o a comunicare l'importo del premio al RAS.

Infine, il premio sportivo erogato con applicazione della ritenuta d'imposta non concorrerà al raggiungimento delle soglie di esenzione contributiva di 5.000,00 Euro previste per il lavoratore sportivo.

Diversamente la ASD/SSD che eroga premi ad atleti e tecnici con i quali intercorrono rapporti di lavoro sportivo dilettantistico (co.co.co., contratti a tempo determinato), sarà tenuta a (i) ricevere prima dell'erogazione la dichiarazione del percettore dei compensi sportivi annuali fino a quel momento percepiti, (ii) erogare gli importi versando le ritenute fiscali e contributive laddove vengano rispettivamente superate le somme di 5.000,00 euro o 15.000,00 euro di compensi sportivi annuali del percettore, (iii) comunicare le somme erogate al RAS, (iv) emettere la Certificazione Unica per il rapporto di lavoro.

La posizione dell'Agenzia delle Entrate finora illustrata, pone tuttavia dei dubbi interpretativi non risolvibili.

In primo luogo, la soluzione interpretativa offerta dall'Amministrazione non parrebbe conforme al tenore della legge della riforma sportiva che esclude la natura retributiva del premio sportivo laddove nella relazione illustrativa al **d.lgs. 163/2022** ove si chiarisce che l'**art. 24** definisce i premi come *"le somme versate a propri tesserati, in qualità di atleti e tecnici che operano nell'area del dilettantismo"*, ed ancora *"l'esclusione dalla natura retributiva degli importi erogati ai lavoratori sportivi a titolo di premio quindi non in relazione all'attività svolta ma al raggiungimento di risultati sportivi legati all'alea del risultato"*.

Inoltre, l'**art. 25** co. 6 d.lgs. 36/2021 ammette anche la corresponsione di premi ai propri lavoratori sportivi dipendenti pubblici in regime autorizzatorio: *"I soggetti di cui al presente comma, che prestano la loro attività in qualità di volontari o di lavoratori sportivi, possono inoltre ricevere i premi erogati dal CONI, dal CIP e dagli altri soggetti ai quali forniscono proprie prestazioni sportive, ai sensi dell'articolo 36, comma 6-quater"*.

L'interpretazione dell'Agenzia delle Entrate, secondo cui gli importi dei premi erogati a favore di propri atleti o tecnici siano da comprendere nella retribuzione complessiva del percipiente, risulta pertanto in aperto contrasto con la disciplina legale appena rappresentata.

Considerata sotto tale profilo, la disciplina dei



© Freepik



© Freepik

premi sportivi ex art. 36 d.lgs. 36/2021, pattuiti tra l'ente sportivo dilettantistico (ASD/SSD) e l'atleta o il tecnico — ovvero stabiliti unilateralmente dall'ente in favore dei propri tesserati - deve essere qualificata come **disposizione di natura aleatoria unilaterale**, la cui erogazione, posta interamente a carico dell'ente sportivo, è incerta e strettamente connessa al **risultato sportivo conseguito**, e non già alla prestazione professionale o sportiva del lavoratore, a prescindere dalla tipologia del rapporto (subordinato, autonomo o di collaborazione coordinata e continuativa).

La **conseguenza giuridica** della qualificazione del premio sportivo come prestazione aleatoria unilaterale è che la sua corresponsione **non dipende dall'effettivo adempimento della prestazione sportiva** da parte del lavoratore.

Ne consegue, a titolo esemplificativo, che anche qualora l'atleta tesserato non abbia reso una prestazione sportiva soddisfacente, ovvero sia rimasto inattivo per infortunio, egli conserva comunque il diritto a percepire il premio sportivo, qualora l'evento aleatorio cui l'erogazione è subordinata — ad esempio il raggiungimento del risultato sportivo da parte della squadra — si sia verificato.

Tale diritto sussiste anche se il premio sia previsto individualmente nel contratto dell'atleta e

non per altri tesserati dello stesso ente sportivo. In questa prospettiva, appare dunque superata ogni prudenziale impostazione, talvolta suggerita in dottrina e nella prassi operativa, volta a **sconsigliare l'inserimento espresso del premio sportivo nel contratto individuale di lavoro sportivo** stipulato tra l'ente e l'atleta o il tecnico, non potendosi ravvisare in tale previsione un corrispettivo della prestazione lavorativa.

Alla luce delle considerazioni esposte, la tesi che circoscrive l'ambito applicativo della disciplina speciale dei premi sportivi ai soli volontari delle ASD/SSD, ovvero alle ipotesi di premi erogati direttamente dai Comitati Organizzatori per i risultati di classifica inclusi nei montepremi delle competizioni da essi promosse — e, più in generale, alle somme corrisposte in funzione dei risultati ottenuti in manifestazioni di interesse federale, nazionale o regionale (come indicato dall'Agenzia delle Entrate nella **Risposta n. 9/2025**) deve ritenersi **riduttiva e, ad avviso di chi scrive, non conforme al dettato normativo**.

Va comunque considerato che si suggerisce di mantenere un atteggiamento prudenziale e quindi attendere l'indirizzo giurisprudenziale prima di pattuire per iscritto tra ente sportivo dilettantistico e tecnico o atleta un premio sportivo ai sensi dell'art. 36 comma 6 quater d.lgs. 36/2021.



ASSICURARSI PER CORRERE SERENI

La copertura assicurativa FIDAL 2025-2026 e la cultura della sicurezza nello sport

Alessandro Londi
Segretario Generale FIDAL
Consulente del Lavoro



Il contributo editoriale che il Segretario Generale della FIDAL ci offre su questo numero di AtleticaStudi riguarda un tema di grande importanza ed attualità, sia per la encomiabile promozione di una adeguata e necessaria cultura della sicurezza nei confronti di tutti i protagonisti del movimento sportivo italiano sia, più specificatamente, per la chiarissima esposizione dei contenuti dell'assicurazione sottoscritta dalla Federazione per tutelare tutti i tesserati ed addetti all'attività istituzionale federale.

Compiuta una sintetica rassegna dei soggetti destinatari della copertura assicurativa e dei relativi ambiti di tutela, si entra nel merito dei vari momenti afferenti all'attività federale e si illustrano i massimali differenziati per categoria, stabiliti con l'obiettivo di mantenere un equilibrio tra tutela economica e sostenibilità.

Si passa quindi ad esaminare i criteri di indennizzo in caso di morte o invalidità permanente fornendo un esempio pratico di invalidità permanente dopo un infortunio in gara, con utilissime e

pratiche indicazioni in merito all'iter da seguire. Un altro aspetto sviluppato con grande chiarezza e competenza riguarda una parte concreta della polizza, che regola il rimborso delle spese mediche per gli atleti di interesse tecnico federale e i soggetti B (allenatori, giudici, medici, fisioterapisti, volontari, membri di organi federali), coloro cioè più esposti in quanto strettamente connessi con lo svolgimento delle manifestazioni sportive. La parte conclusiva di questo utilissimo intervento è dedicata alla Responsabilità civile contro terzi (RCT/RCO) e all'illustrazione delle formule integrative facoltative.

Si sottolinea infine la volontà della Federazione di offrire una copertura "come si deve", ampia, trasparente e realmente utile, con la ferma convinzione che conoscere la propria polizza non è un dettaglio burocratico: è una forma di rispetto verso sé stessi, i compagni e lo sport che si rappresenta.

Giuliano Grandi

La sicurezza è il primo passo per costruire un movimento sportivo solido, consapevole e responsabile. Con questo obiettivo, la Federazione Italiana di Atletica Leggera (FIDAL) ha sottoscritto la convenzione assicurativa 2025-2026, uno strumento moderno e completo che tutela l'intera comunità atletica: atleti, tecnici, giudici, dirigenti e volontari. La polizza copre infortuni, morte, invalidità permanente, responsabilità civile e spese mediche derivanti da eventi fortuiti verificatisi durante le attività federali o a esse connesse. Le garanzie sono operanti anche in caso di partecipazione a manifestazioni organizzate da altre entità, purché si tratti di eventi ai quali FIDAL abbia ufficialmente aderito.

La copertura FIDAL non tutela solo gli atleti agonisti, ma tutti coloro che contribuiscono alla vita federale, secondo diverse categorie.

Soggetti A: comprendono il Presidente e i Membri del Consiglio Federale, i Revisori dei Conti, il Segretario Generale, i Presidenti e membri dei Consigli Regionali e Provinciali, i Delegati territoriali e i rappresentanti in Giunta Nazionale.

A loro è riconosciuta la copertura durante le funzioni istituzionali e gli incarichi federali.

Soggetti B: includono Delegati Tecnici, Allenatori, Direttori Sportivi e Agonistici, Giudici di gara, Medici, Paramedici e Fisioterapisti federali, membri delle Commissioni e degli Organi di Giustizia, nonché i Volontari Sportivi riconosciuti ai sensi del D. Lgs. 120/2023.

Per loro la copertura comprende anche il rimborso delle spese mediche.

Tesserati: tutti gli atleti regolarmente iscritti alla Federazione e autorizzati a partecipare alle attività ufficiali.

Di seguito una sintesi delle categorie e delle relative aree di copertura:

Categoria	Chi comprende	Ambito di copertura
Tesserati FIDAL	Atleti agonisti e amatori iscritti a società affiliate	Gare, allenamenti, trasferte e manifestazioni ufficiali
Tessera promozionale (15 giorni)	Partecipanti ad attività brevi o di avviamento all'atletica	Copertura infortuni e invalidità limitata alla durata della tessera
RunCard	Runners non iscritti a società ma affiliati individualmente	Manifestazioni riconosciute FIDAL, gare agonistiche di corsa su strada e su altri percorsi
Soggetti A	Dirigenti federali e territoriali	Infortuni e responsabilità civile in attività istituzionali
Soggetti B	Allenatori, giudici, medici, fisioterapisti, volontari, membri di organi federali	Infortuni, rimborso spese mediche e responsabilità civile durante attività federali
Atleti Top e di interesse tecnico federale	Atleti convocati o inseriti nei programmi tecnici nazionali	Copertura totale anche in raduni e trasferte ufficiali

L'assicurazione è valida in ogni momento dell'attività sportiva riconosciuta dalla Federazione, e in particolare:

- durante gare, allenamenti e corsi, anche individuali;
- durante riunioni tecniche e missioni federali;
- per attività promozionali e manifestazioni ufficiali;
- nei trasferimenti e viaggi da e verso i luoghi di attività, se compatibili con tempi e percorsi logici.

Sono coperti anche eventi fortuiti come malori, colpi di calore, infezioni da ferite, morsi di animali o strappi muscolari traumatici.

LE COPERTURE PRINCIPALI

La convenzione FIDAL stabilisce massimali differenziati per categoria, mantenendo un equilibrio tra tutela economica e sostenibilità.



© Freepik



© Freepik

Categoria	Morte (€)	Invalidità Permanente (€)	Franchigia	Rimborso Spese Mediche (RSM)
Tesserato / Tessera promozionale	80.000	80.000	4%	—
RunCard	80.000	80.000	6%	—
Soggetti A	150.000	150.000	4%	—
Soggetti B	150.000	150.000	4%	2.000
Atleti Top Nazionali	250.000	250.000	Nessuna (in convocazione)	2.000
Atleti di interesse tecnico federale	250.000	250.000	4%	2.000

CRITERI DI INDENNIZZABILITÀ

Caso Morte

In caso di decesso dell'assicurato — purché avvenuto entro due anni dall'evento e in conseguenza diretta di esso — la compagnia liquida la somma assicurata ai beneficiari designati o, in mancanza, agli eredi legittimi.

Caso Invalidità Permanente

L'indennizzo viene calcolato secondo la Tabella delle lesioni (Allegato A della Gazzetta Ufficiale n. 296 del 20 novembre 2010), applicando il massimale previsto per la categoria di appartenenza. Per invalidità superiori al 60%, il capitale viene corrisposto integralmente al 100%.

ESEMPIO PRATICO: INVALIDITÀ PERMANENTE DOPO INFORTUNIO IN GARA

Durante una gara su pista, un atleta tesserato FIDAL nella categoria Senior cade rovinosamente durante la curva dei 400 metri, riportando una lesione al menisco e al legamento collaterale del ginocchio sinistro. L'infortunio è riconosciuto come evento fortuito, violento ed esterno, quindi coperto dalla polizza federale.

Iter della pratica

1. Denuncia del sinistro: l'atleta presenta la documentazione medica e il certificato di pronto soccorso entro 30 giorni.
2. Valutazione della compagnia: il medico fiduciario di Generali valuta la documentazione e stabilisce che, nonostante l'intervento e la fisioterapia, resta una limitazione funzionale pari al 7% secondo la tabella allegata alla Gazzetta Ufficiale n. 296/2010.
3. Applicazione della franchigia: per i tesserati ordinari la franchigia è del 4%, quindi l'indennizzo è calcolato sul 3% residuo.

Calcolo del risarcimento

Parametro	Valore
Capitale assicurato per invalidità permanente	€ 80.000
Percentuale d'invalidità riconosciuta	7%
Franchigia prevista	4%
Percentuale liquidata	3%
Indennizzo spettante	€ 80.000 × 3% = € 2.400

Caso particolare: atleta di interesse federale

Se lo stesso infortunio fosse capitato a un atleta di interesse tecnico federale, la franchigia resterebbe del 4%, ma il capitale assicurato salirebbe a € 250.000.

L'indennizzo in questo caso sarebbe quindi € 250.000 × 3% = € 7.500.

Per gli Atleti Top convocati in nazionale, la franchigia è azzerata: il risarcimento pieno del 7% equivarrebbe a € 17.500.

Il rimborso delle spese mediche – Art. 43

Uno dei punti più concreti della polizza è l'Articolo 43, che regola il rimborso delle spese mediche per gli Atleti di interesse tecnico federale e i Soggetti B.

La compagnia rimborsa:

- ricoveri ospedalieri e interventi chirurgici;
- onorari di medici e spese di sala operatoria;
- trasporto sanitario (fino a 500 €, o 2.000 € in caso di elisoccorso);
- fisioterapia e farmaci (limite 800 €/anno e 50 €/seduta);
- assistenza sanitaria domiciliare;
- prime protesi, escluse quelle dentarie.

Il rimborso viene effettuato a cura ultimata, su presentazione dei documenti originali, e prevede uno scoperto fisso di 100 € per sinistro.

Voce di spesa	Massimo rimborsabile (€)	Condizioni
Ricoveri/interventi chirurgici	Fino al massimale	Evento indennizzabile
Fisioterapia	800 annui – 50 per ciclo	Prescrizione medica
Ambulanza / elicottero	500 – 2.000	Collegato all'infortunio
Farmaci / assistenza domiciliare	Inclusi nel massimale	Prescrizione medica
Protesi (non dentarie)	Incluse nel massimale	Solo prime protesi
Scoperto per sinistro	100	Sempre a carico dell'assicurato

Esempio pratico:

Un Giudice di gara (Soggetto B) subisce una frattura durante una manifestazione.

Tra intervento, fisioterapia e spese varie spende 2.000 €.

Applicando lo scoperto di 100 €, riceve un rimborso pari a 1.900 €.



© Freepik

Responsabilità Civile (RCT/RCO)

La polizza tutela anche da danni involontariamente causati a terzi o collaboratori durante attività sportive, organizzative e promozionali.

È operante per FIDAL, le società affiliate e i tesserati.

Assicurato	Massimale per sinistro (€)	Per persona o cosa (€)	Franchigia (€)
FIDAL (Contraente)	5.000.000	5.000.000	150
Società affiliate	2.000.000	2.000.000	150
Tesserati	500.000	500.000	150
RCO (Prestatori d'opera)	3.000.000	1.500.000 per persona	—

Sono compresi anche i volontari sportivi e gli enti collaboratori di manifestazioni.

In questo modo, ogni figura coinvolta nelle attività federali può operare in tranquillità, sapendo di essere coperta contro eventuali danni a persone o cose.

Le formule integrative facoltative

Per chi desidera una protezione ancora più ampia, FIDAL ha previsto due formule individuali:

Formula	Morte (€)	Invalidità Permanente (€)	RSM (€)	Scoperto RSM	Costo annuo (€)
Silver	100.000	100.000	1.000	10% (min. 150)	40
Gold	120.000	120.000	1.500	10% (min. 150)	60

Queste opzioni possono essere attivate su richiesta, tramite il portale federale o il broker MAG Consulting, e offrono una tutela personalizzata per chi svolge attività continuative o ad alto rischio sportivo.

CONCLUSIONE

La convenzione assicurativa FIDAL 2025-2026 conferma la volontà della Federazione di offrire una copertura "come si deve", ampia, trasparente e realmente utile.

Conoscere la propria polizza non è un dettaglio burocratico: è una forma di rispetto verso sé stessi, i compagni e lo sport che si rappresenta.



SOCIETÀ ALLO SPECCHIO L'ASD FREELANCE AZ

Salvatore Leonardi

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

La ASD Freelance AZ, società sportiva di atletica leggera, ha sede nel comune di Zafferana, in provincia di Catania. Zafferana, anche detta la "Perla dell'Etna" ma anche "Città del Miele", con probabile riferimento del nome alla coltivazione dello zafferano (ipotesi avvalorata dal quadro della Madonna della Provvidenza del 1838 del pittore Giuseppe Rapisardi, nel cui dipinto si vede un vaso con fiori di zafferano), è un piccolo comune di poco meno di 10.000 abitanti situato a 550 metri sul livello del mare, alle pendici orientali dell'Etna, adagiata ai piedi del Monte Pomiciaro in fondo alle tre grandi valli del Bove, Calanna e San Giacomo, quali testimonianza della genesi del vulcano. La città di Zafferana si affaccia come una terrazza sulla costa ionica orientale della Sicilia, collocata in una posizione gradevole per gli amanti della tranquillità e della natura e rappresenta un'importante stazione climatica, essendo luogo per la villeggiatura quando il clima nelle città dell'entroterra siculo e della costa diventa irresistibilmente caldo. La presenza della bella

La recentissima indagine dell'ISTAT inerente la pratica sportiva in Italia ha evidenziato una differenza di oltre 10 punti percentuali tra i praticanti nel centro-nord rispetto a quelli del sud, problematica che si evince anche leggendo la bellissima presentazione che proponiamo di una società di provincia, la ASD Freelance AZ, la quale affrontando con determinazione numerose difficoltà riesce a coniugare brillantemente impegno sociale, integrazione ed inclusione con il conseguimento di importanti successi sportivi, soprattutto nelle fasce di età giovanili.

Richiamato il contesto geografico, culturale e socio-economico nel quale nel 2011 è sorta questa associazione sportiva, se ne chiariscono le finalità e si illustra un breve excursus storico dalle origini ad oggi, passato dalla nascita e successiva fusione di due distinte associazioni, accomunate dall'obiettivo di dare una risposta positiva ai bisogni dei giovani del territorio, nonostante l'inadeguatezza di un impianto sportivo che costringe gli atleti ad allenarsi in strut-

ture di altri comuni, con notevoli disagi e costi. L'impegno dei dirigenti sociali, tra i quali è doveroso menzionare il fisico e allenatore specialista di prove multiple Salvatore Leonardi, autore di un prestigioso ed innovativo articolo che AtleticaStudi ha avuto l'onore di ospitare sul numero 2-2025, ha consentito all'ASD Freelance di conseguire importanti risultati sportivi in ambito nazionale a livello assoluto e giovanile, soprattutto nelle prove multiple, distinguendosi come esempio virtuoso di un approccio multilaterale all'attività sportiva.

Dopo avere sottolineato che la Freelance AZ, in virtù del valore dei propri atleti, si è proiettata oltre la Sicilia, la presentazione si conclude richiamando fortemente l'importante ricaduta sociale che l'operato di questa società ha nei confronti delle giovani generazioni, nonostante le perduranti difficoltà economiche che quotidianamente i dirigenti devono affrontare.

Giuliano Grandi



montagna consente infatti di far fronte alle temperature particolarmente elevate dei mesi estivi.

Tuttavia, il clima mite nei mesi autunnali e primaverili diviene abbastanza rigido in inverno, causando gelate e qualche nevicata, tali che, dopo le 18, nei mesi invernali, la presenza dei boschi limitrofi rende il clima umido con temperature sotto i 10 gradi che difficilmente consentono di svolgere attività nella vecchia pista del paese. Sovente capita poi anche che il paese e la pista devono essere ripulite anche dalla cenere vulcanica eruttata dall'Etna, vulcano la cui colata del 1992 ha messo in pericolo la parte nord della città di Zafferana.

In questo contesto ambientale pedemontano abbastanza variegato, nasce e si sviluppa, fondata da



Salvo Leonardi nel 2011, l'attività di quella che oggi è la ASD Freelance AZ, una Società Sportiva che conta mediamente una trentina di tesserati all'anno, dal settore giovanile agli assoluti, in equilibrio di sostentamento rispetto alle modeste risorse societarie ma che nel corso di quasi 15 anni di attività, se commisurati al contesto operativo del territorio, ha raccolto risultati notevoli.

LA NOSTRA STORIA

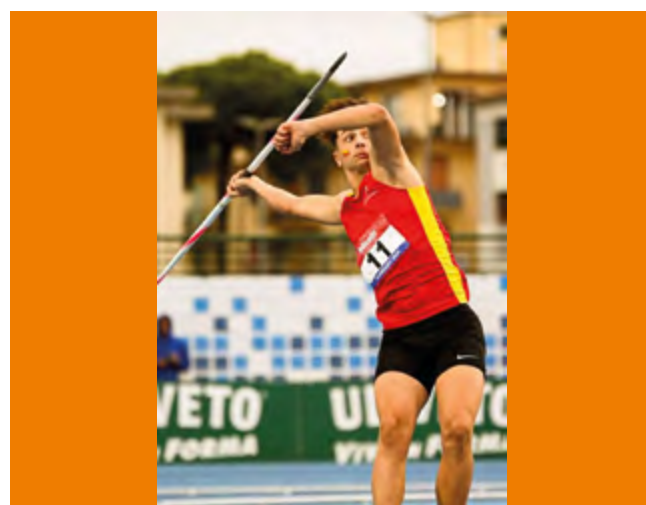
Il nome Freelance nasce con l'intento di caratterizzarsi, rispetto ad altre, per l'impegno rivolto a sviluppare il concetto di promozione giovanile. Il nome Freelance pertanto rispecchia quello che vuole essere lo spirito della piccola società sportiva pedemontana destina-



ta comunque ad operare in autonomia, lontano dai riflettori di importanti città dell'hinterland catanese, per offrire ai giovani delle piccole frazioni del territorio etneo, magari economicamente più disagiati, una buona e sana atletica.

La storia sportiva della Freelance inizia a settembre del 2011, con la nascita della ASD Freelance Athletics Paesi Etnei, con sede nel Comune di Aci Sant'Antonio, privo di pista, operando inizialmente nella palestra scolastica e nel campo comunale in terra battuta, successivamente poi nella vicina pista di Zafferana Etnea, con lo scopo di diffondere l'atletica leggera anche nei paesi limitrofi.

Il battesimo agonistico della Freelance Athletics Paesi Etnei si è avuto con atleti che ancora oggi sono in attività. Lo zafferanese Celani, che ha collezionato la partecipazione a oltre 10 Campionati italiani negli ostacoli e buoni risultati anche nelle prove multiple. La marciatrice Leonardi che ha partecipato a oltre 30 Campionati italiani di marcia e alcuni nel mezzofondo, distinguendosi con il titolo di vice campionessa di marcia nel 2016 nel criterium cadetti di Cles, la vittoria alla "Festa della Marcia" svoltasi in occasione dei Campionati del mondo a squadra di marcia, e tanti ottimi piazzamenti da podi nazionali nelle categorie superiori, tra cui anche il Trofeo Nazionale di marcia. Nel 2013, alla stessa stregua della gestione tecnica,



ancora il tecnico e presidente della piccola Freelance Paesi Etnei Salvo Leonardi, fonda anche l'ASD Atletica Zafferana, con sede nell'omonimo comune, il cui vivaio societario con a capo il presidente e tecnico Antonella Zappalà, in sinergia con la Freelance Paesi Etnei, estenderà la promozione dell'atletica leggera a tantissimi giovani aspiranti atleti del territorio dell'Etneo.

Nel 2016, dopo tre anni di gestione parallela, le due ASD uniscono le risorse; la ASD Freelance Athletics Paesi Etnei viene incorporata nella ASD Atletica Zafferana per formare un nuovo soggetto sportivo più robusto, la ASD Freelance Atletica Zafferana, con l'intento di partecipare anche a qualche campionato societario.

Grazie alla fusione societaria, nel corso di quasi dieci anni di attività arrivano tanti titoli regionali, nella corsa su strada, nel cross e financo nella più gettonata pista con i cadetti, fino al recente titolo siciliano 2025 nella 4x100m maschile, davanti a importanti realtà sportive come il CUS Palermo, CUS Catania, ecc., grazie anche alla parsimoniosa e per nulla facile acquisizione di attrezzi necessari a svolgere le principali specialità nei lanci e nei salti.

In questo contesto va sottolineato che l'amministrazione zafferanese, troppo presa dalle locali squadre calcistiche peraltro di bassa categoria, non ha saputo leggere l'importanza sociale che offre la nostra realtà che, dal 2015 porta atleti al cospetto di Campionati italiani facendo echeggiare il nome del paese in diversi contesti a carattere nazionale, indoor e outdoor, senza contare gli sforzi societari compiuti dalla Freelance per mantenere la pista omologata per il settore giovanile dal 2014 fino a una manciata di anni fa. Adesso la pista sta andando in pezzi e non di rado i nostri atleti più performanti sono costretti a delocalizzare attività specifiche in piste di province limitrofe come Catania, Messina o Siracusa, comportando questo disagio oltre che appesantendo le già modeste risorse economiche societarie. Malgrado ciò, sin dal

2011, la Freelance ha cercato di sopravvivere e di tenere la barra dritta, credendo fattivamente nella multilateralità, forse un gradino in più delle altre realtà di atletica siciliane, a beneficio dei nostri tesserati, e che oggi forgia le nostre radici e le nostre ambizioni.

FREELANCE E PROVE MULTIPLE

La Freelance può vantare vari titoli regionali acquisiti anche nelle più difficoltose e sfidanti prove multiple, sia come partecipazione al Criterium Cadetti, sia anche in categorie superiori che nel corso della vita sociale sono diventati la spina dorsale societaria.

In questo contesto ricordiamo per esempio Scavo e Spina, campioni siciliani nell'eptathlon e nel decathlon 2016, coronando una tradizione iniziata in questa specialità sin dalla categorie giovanili con lo stesso ostacolista Celani e che sta ancora continuando con l'ostacolista che ha già disputato vari campionati italiani Alberati, pluricampione regionale anch'egli negli ostacoli ininterrottamente dal 2021 e campione regionale nelle multiple 2025 allievi, così come nel 2024 con i ragazzi più giovani Pennisi, campione italiano nel tetrathlon Coni 2024, Castorina, campione italiano nel vortex studenteschi, Latella e Mogavero in forza alla Running Modica, dedite all'eptathlon, e dal nostro coach Salvo Leonardi e ancora tanti altri atleti.

LA FREELANCE OLTRE LA SICILIA

L'attività multidisciplinare è stata da sempre la linfa della piccola Freelance, i cui risultati ottenuti in campo nazionale, estraibili peraltro dal sito della FIDAL, senza peccare di autoreferenzialità, possono far definire la nostra società sportiva una piccola realtà dal punto di vista numerico ma virtuosa rispetto al piccolo contesto pedemontano in cui opera.

Dal battesimo nel 2011 alla data di oggi, la Freelance ha visto indossare la propria maglia a tantissimi giovani dei paesi etnei, conquistando oltre 50 titoli regionali, vari trofei siciliani, dei record nelle graduatorie di categoria, la partecipazione a oltre 50 Campionati

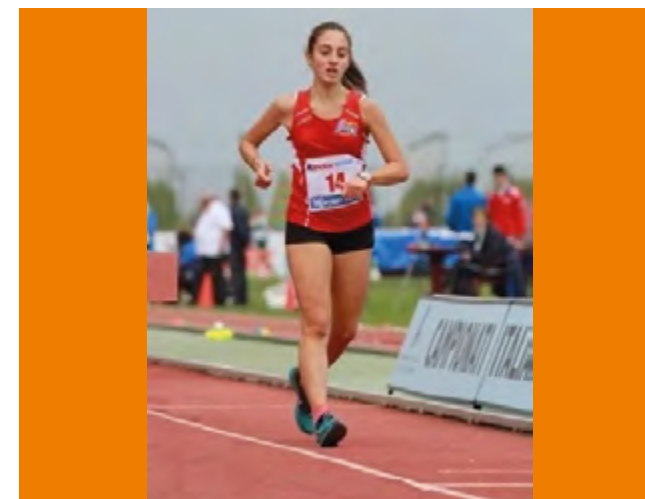


italiani in diverse categorie, indoor e outdoor, e due titoli italiani vinti ultimamente nel settore giovanile.

La crescita del vivaio dagli anni 2010 al 2020, via via si è evoluto pertanto in un importante riferimento per gli aspiranti atleti della Sicilia orientale ma anche per importanti realtà sportive fuori dalla Sicilia, vivaio che nel corso degli anni ha portato i migliori atleti della Freelance ad indossare maglie importanti come per esempio con la ACSI Italia Atletica, Firenze Marathon, AVIS Barletta, Running Club Napoli, nonché anche realtà siciliane di Palermo, Siracusa, Ragusa, nel tentativo di poter contare su un migliore supporto economico, specie nelle trasferte ai campionati nazionali e soprattutto per dare anche la possibilità ai nostri atleti di confrontarsi con atleti provenienti da altre società d'Italia, lasciateci scrivere, più ricche e più organizzate. Quante volte, specie nelle discipline più tecniche, nei campionati regionali siciliani i nostri atleti hanno gareggiato spesso in solitaria, negli ostacoli, nella marcia, nelle siepi, perdendo così quell'importante aspetto tecnico di confronto necessario e prezioso con atleti di categoria più forti, che aiuta a sviluppare la crescita psicofisica dell'atleta e la tattica, elementi questi che forgiavano l'animo di coloro che aspirano a diventare dei grandi atleti.

LA FREELANCE OGGI

La Freelance oggi sta continuando con la stessa voglia del primo giorno in cui ha iniziato questo cammino fatto di passione, impegno, professionalità ma anche di tanta umiltà e sacrifici economici non indifferenti, se pensiamo che ad oggi la nostra realtà non può contare neanche su uno sponsor serio capace di sposare l'enorme ricaduta positiva sociale che essa genera sul territorio. Sovente, dinanzi ai forti mutamenti sociali che distruggono i giovani dallo sport, dall'atletica in particolare, e visto anche il contesto ambientale e culturale in cui operiamo, ci sentiamo dei paladini con le armi spuntate, tuttavia consapevoli che ogni atleta che solca quel meraviglioso fascino che si chiama, per esempio, partecipazione a un campionato italiano, deposita nella mente e nel cuore dell'atleta un'impronta sportiva che resterà indelebile per tutta la sua vita e nella piccola storia sportiva della Freelance.





Campionati italiani Cadetti,
Viareggio 2025

PILLOLE DI NUTRIZIONE #4

NUTRIRE IL FUTURO DELLO SPORT

Alimentazione consapevole per sostenere la crescita dei giovani atleti

Francesca Giuliani

Nata a Teramo, il 28/04/1993.

- Laurea Triennale in Scienze Biologiche e laurea Magistrale in Biologia della Salute e della Nutrizione conseguite presso l'Università degli Studi dell'Aquila.
- Esperta in Nutrizione ed Integrazione Sportiva (SANIS Academy).
- Istruttrice di primo livello FIDAL.

Attualmente collabora con le seguenti società sportive:

- Panthers Roseto (Serie A1 basket femminile)
 - Amicacci Abruzzo (Serie A wheelchair basketball)
 - Atletica Gran Sasso Teramo
 - Gruppo Podistico Amatori Teramo
- Esperienze lavorative presso le seguenti società:
- Nova Campli (settore giovanile e Serie D basket maschile)
 - Teramo A Spicchi (Serie C basket femminile)
 - ASD Aprutino Teramo (pattinaggio artistico)
 - CURI Teramo (scuola calcio)
 - Virtus Teramo (scuola calcio)

Questa quarta pillola di nutrizione riguarda le strategie alimentari nell'età evolutiva, partendo da una premessa di fondamentale rilievo: il destino biologico di ogni individuo nasce dall'interazione dinamica tra patrimonio genetico e ambiente. In questo quadro di riferimento, accertato che ogni individuo è unico, anche l'alimentazione deve essere personalizzata e idonea per conciliare l'obiettivo prestazionale con quello di preservare il benessere nel tempo.

Partendo da questa premessa e dalla considerazione che sia nello sport che nella vita quotidiana una sana alimentazione non è una restrizione, ma una risorsa, vengono presentati alcuni aspetti chiave da monitorare durante il percorso di crescita dei ragazzi.

Considerato che recenti studi dimostrano che il 30-40% dei giovani in età scolare salta la colazione del mattino (breakfast skipping) se ne illustrano diversi effetti negativi e si ribadisce la necessità di garantire un adeguato apporto di nutrienti, essenziale anche nel sostenere l'equilibrio emotivo e il benessere psicologico negli adolescenti. A tal fine si sottolinea l'opportunità di condividere i pasti in famiglia e promuovere il dialogo a tavola.

Un altro aspetto di particolare rilievo riguarda il giusto tempismo nella distribuzione dei pasti (nutrient timing) rispetto all'attività fisica, fornendo utili suggerimenti sull'intervallo temporale tra l'assunzione di un pasto completo e l'attività fisica.

Poiché il crescente consumo di prodotti trasformati a basso contenuto di micronutrienti si associa ad una assunzione inadeguata di magnesio (ipomagnesemia latente), provocando vari effetti negativi nei bambini, è indispensabile garantire una dieta bilanciata ricca di alimenti naturali, opportunamente elencati nel corso dell'articolo.

Anche una corretta idratazione incide positivamente

non solo nell'ambito dell'attività sportiva ma anche nella quotidianità, soprattutto a livello scolastico, raccomandando di bere acqua regolarmente, anche durante le ore di lezione, per i benefici effetti che produce. Nel fornire alcuni suggerimenti e indicazioni sulle modalità di idratazione si richiama l'attenzione anche sull'uso esagerato di bevande con coloranti azoici, dei quali si evidenziano gli effetti negativi. L'assunzione di integratori con antiossidanti viene posta in relazione con gli effetti adattativi dell'allenamento descrivendo funzione, vantaggi e limiti degli antiossidanti assunti come integrazione alimentare, anche se talvolta l'uso è eccessivo rispetto al fabbisogno. Nei giovani è quindi prioritario promuovere un'educazione nutrizionale mirata a soddisfare il fabbisogno di antiossidanti principalmente attraverso la dieta e solo in secondo luogo attraverso un'integrazione mirata e personalizzata. Si elencano quindi le fonti alimentari particolarmente raccomandate per soddisfare il fabbisogno di calcio, vitamina D e ferro, la cui assunzione è importante durante la fase di crescita e per i giovani atleti.

Si sottolinea anche il rilevante influsso dell'impronta materna e prenatale sul microbiota del bambino e quindi sull'importanza di una dieta corretta da parte della madre.

In conclusione si forniscono suggerimenti su come usare le infografiche per facilitare la comprensione e la memorizzazione delle informazioni nutrizionali, contribuendo così all'educazione alimentare dei giovani.

Un'interessante bibliografia completa il lavoro proposto.

Giuliano Grandi

Il nostro destino biologico nasce dall'interazione dinamica tra patrimonio genetico e ambiente. Tale principio chiave dell'epigenetica evidenzia come l'espressione genica sia modulata da fattori ambientali quali alimentazione, stile di vita, stress, attività fisica e qualità del sonno. Proprio durante l'età evolutiva, quando nel giovane atleta la neuroplasticità, ovvero la capacità del cervello di adattarsi e creare nuove connessioni, è al suo massimo potenziale, il sistema nervoso impara a elaborare informazioni, emozioni e decisioni, costruendo circuiti neurofunzionali fondamentali per lo sviluppo della persona. Considerando che l'espressione genetica è influenzata dalle abitudini e che è proprio durante l'età evolutiva che queste si consolidano, risulta evidente l'importanza di introdurre nel percorso formativo giovanile strategie educative che aiutino a comprendere il ruolo determinante dell'a-

limentazione per la salute, favorendo lo sviluppo di un'autonomia di giudizio nelle scelte alimentari. L'attenzione deve essere focalizzata sul preservare il "benessere nel tempo": sebbene una corretta alimentazione favorisca il rendimento atletico, il suo valore si estende ben oltre il semplice aspetto della performance.

Ogni atleta è unico: età, metabolismo, disciplina e obiettivi richiedono un approccio personalizzato e dinamico che si adatti ed evolva nel corso della crescita, con l'obiettivo finale di costruire una carriera sportiva duratura, sana e appagante.

VERSO UNA CORRETTA ALIMENTAZIONE: ASPETTI DA CONSIDERARE

Sia nello sport che nella vita quotidiana un'alimentazione sana non è una restrizione ma una risorsa.

sa, uno strumento di supporto al lavoro in allenamento. Prestare attenzione a ciò che si mangia è un segno di rispetto per il proprio corpo e volontà di promuovere il benessere. Tuttavia, questa attenzione deve essere guidata dall'equilibrio, evitando eccessi di controllo o la ricerca ossessiva della perfezione.

Di seguito saranno presentati alcuni aspetti chiave da monitorare durante il percorso di crescita dei ragazzi.

BREAKFAST SKIPPING

Una delle abitudini più malsane tra gli adolescenti è il breakfast skipping, ovvero la tendenza a saltare la colazione, un fenomeno che studi recenti stimano riguardi fino al 30-40% dei giovani in età scolare. Questo comportamento, spesso sottovalutato, può influire negativamente su energia, attenzione e rendimento scolastico, mentre una colazione ricca e regolare migliora la capacità di concentrazione, la memoria e le performance cognitive, oltre a contribuire a un migliore controllo del peso corporeo. Saltare la colazione è spesso associato a comportamenti alimentari irregolari, come le abbuffate causate da un'insufficiente sazietà, che aumentano il rischio di obesità e disturbi dell'umore, mentre il suo consumo regolare favorisce una distribuzione equilibrata dei pasti durante la giornata. La letteratura scientifica ha evidenziato che anche salti occasionali della colazione di soli 1-3 giorni risultano associati a un peggioramento della composizione

corporea. Per di più, uno studio condotto in Corea del Sud ha mostrato che più frequente avviene il breakfast skipping maggiore è la probabilità di sviluppare sintomi depressivi. Questo dato suggerisce che l'importanza della colazione non risiede solo nel garantire un adeguato apporto di nutrienti, ma anche nel sostenere l'equilibrio emotivo e il benessere psicologico negli adolescenti. Non a caso, questa abitudine risulta particolarmente diffusa tra i ragazzi che hanno una percezione distorta del proprio corpo o del proprio peso, un segnale di come il disagio corporeo possa sfociare in comportamenti alimentari disfunzionali e generare un circolo vizioso di malessere.

Per ottenere benefici concreti è fondamentale promuovere anche la qualità del pasto, educando i giovani a consumare una grande varietà di alimenti, evitando snack industriali ricchi di zuccheri semplici e grassi saturi che forniscono molta energia ma con un basso valore nutrizionale.

Spesso si pensa sia più semplice e veloce ricorrere all'utilizzo di integratori, ma prima di tutto è importante cambiare le abitudini alimentari: l'evidenza scientifica dimostra che una colazione completa e bilanciata è spesso sufficiente a migliorare energia e rendimento durante la giornata scolastica.

La regolarità nei pasti familiari rappresenta una delle armi più efficaci contro l'obesità infantile: non è solo la frequenza dei pasti a incidere, ma anche la qualità dell'interazione familiare. Condividere i pasti in famiglia, promuovere il dialogo a tavola e instaurare un clima relazionale positivo contribuiscono a migliorare sia la qualità della dieta sia i comportamenti alimentari. Tali dinamiche suggeriscono un effetto educativo implicito esercitato dai genitori nel modellare le abitudini alimentari del bambino.

NUTRIENT TIMING

Una questione importante da definire è anche il concetto del nutrient timing, ovvero il giusto tempismo nella distribuzione dei pasti rispetto all'attività fisica: non si tratta solo di cosa si mangia ma anche di quando lo si mangia, in relazione alla digestione e alla tolleranza individuale.

Consumare un pasto completo 3-4 ore prima dell'attività fisica è generalmente ritenuto il momento più appropriato; questo intervallo temporale consente di ottimizzare le scorte di glicogeno epatico e muscolare, fondamentali per mantenere la stabilità glicemica e garantire la disponibilità energetica durante l'esercizio. Favorisce inoltre una digestione adeguata, migliorando l'assorbimento dei nutrienti e l'utilizzo del glucosio durante l'attività fisica, e assicura uno svuotamento gastrico ottimale, riducendo il rischio di disturbi gastrointestinali, rilevanti negli esercizi ad alta intensità quando il flusso sanguigno è prioritariamente diretto ai muscoli.

Educa i tuoi bambini ad una corretta alimentazione

01 Dai il buon esempio!
Consuma frutta e verdura ad ogni pasto



02 Evita di dare loro snack confezionati salati o dolci



03 Evita che consumino di frequente bevande zuccherate e gassate



04 Cucina insieme a loro coinvolgendoli nelle scelte salutari!



In condizioni in cui non sia possibile rispettare il timing ideale, è consigliabile optare per un pasto ridotto da consumare 60-90 minuti prima dell'attività, caratterizzato da un profilo alimentare a rapido svuotamento gastrico: carboidrati a basso tenore di fibre, grassi e proteine, così da minimizzare la latenza digestiva e fornire una quota energetica prontamente disponibile.

Ad esempio, se un giovane atleta deve allenarsi 90 minuti dopo il pranzo è impensabile proporgli un pasto completo o ricco di fibre, condimenti e proteine complesse; in questi casi, l'opzione migliore può essere una pasta bianca, con un filo d'olio e

una spolverata di grana, facilmente digeribile e in grado di fornire energia senza appesantire. Questo è un esempio, ma ogni scelta deve sempre essere adattata alle esigenze individuali e al principio di garantire la massima varietà alimentare possibile. È auspicabile, inoltre, che anche le scuole siano sensibili a queste esigenze: permettere ai giovani atleti di anticipare il pranzo in funzione degli orari di allenamento non significa fare un'eccezione, ma sostenere concretamente il loro percorso formativo sportivo oltre che quello scolastico, riconoscendo che entrambi costituiscono fattori determinanti per la costruzione del loro futuro.

IPOMAGNESIA LATENTE

In un contesto alimentare caratterizzato da un crescente consumo di prodotti trasformati a basso contenuto di micronutrienti, l'assunzione di magnesio risulta frequentemente inadeguata. Tale carenza assume particolare rilevanza nei bambini, i cui aumentati fabbisogni sono essenziali per il corretto sviluppo neuromuscolare e per la crescita. Questo deficit è spesso collegato a condizioni croniche importanti come obesità, insulino-resistenza, dislipidemia e malattie cardiovascolari. Tuttavia, una delle difficoltà nell'inquadrare il problema è che valutarne i livelli è complesso perché solo una piccola parte di magnesio circola nel sangue, mentre la maggioranza è immagazzinata nei tessuti.

Il magnesio svolge un ruolo cruciale nel metabolismo della vitamina D, fungendo da cofattore nei suoi processi di sintesi, attivazione e trasporto. Carenze di entrambi sono associate a patologie croniche a carico dei sistemi immunitario, muscolo-scheletrico e cardiovascolare. Inoltre, in sinergia con il potassio, magnesio e vitamina D partecipano alla regolazione del metabolismo del calcio, al suo riassorbimento e al mantenimento della salute ossea.

Idealmente, una dieta bilanciata e ricca di alimenti naturali dovrebbe garantire un adeguato apporto di vitamine e minerali. Numerosi studi, però, hanno evidenziato che la maggior parte della popolazione non consuma quantità sufficienti di frutta e verdura per raggiungere l'autosufficienza nutrizionale. Per questo motivo, in molte regioni del mondo si è adottata la strategia dell'arricchimento alimentare, che prevede l'aggiunta di micronutrienti essenziali a prodotti di largo consumo, come farine, cereali, bevande o latte artificiale, al fine di compensare le carenze diffuse. L'integrazione con supplementi specifici può essere un supporto efficace per colmare carenze nutrizionali nei soggetti più a rischio, ma il requisito essenziale rimane la qualità com-



plessiva della dieta, intesa non solo come controllo del peso corporeo ma anche come supporto allo stato nutrizionale e alla prevenzione delle patologie croniche.

Gli alimenti più ricchi di magnesio includono i semi oleosi come quelli di zucca e sesamo, la frutta secca a guscio come mandorle, anacardi e noci, e le verdure a foglia verde come spinaci e bietole. Anche legumi (fagioli, lenticchie, ceci), cereali integrali (avena, farro, riso integrale), cioccolato fondente e avocado sono importanti fonti di questo minerale. Le patate rappresentano un alimento utile nel mantenimento dell'equilibrio del magnesio intracellulare grazie al contenuto di potassio e vitamina B6, che sono cofattori coinvolti nella regolazione dell'assorbimento e dell'utilizzo del magnesio. Questi alimenti andrebbero valorizzati nell'alimentazione dei più giovani sia per la crescita che per l'attività sportiva.

IDrataZIONE

Una corretta idratazione incide in modo diretto sulla percezione dello sforzo, sia fisico che cognitivo: un buono stato di idratazione può ridurre la fatica percepita e migliorare la resistenza allo sforzo prolungato.

Il bisogno reale di liquidi è spesso maggiore rispetto alla percezione soggettiva, per questo motivo è necessario educare gli atleti a gestire in modo programmato l'assunzione di acqua. Nel caso di atleti evoluti, questa autoregolazione è ancora più complessa, perché l'adattamento fisiologico all'allenamento riduce la percezione di segnali come fame e sete. Portare sempre con sé una bottiglietta d'acqua e pianificare i momenti di idratazione diventa quindi parte integrante della formazione atletica. L'introduzione del "cooling break" nel calcio, un'interruzione ufficiale della partita dedicata alla reintegrazione dei liquidi persi, riflette la crescente at-

tenzione verso la prevenzione della disidratazione come elemento chiave per proteggere la salute degli atleti e garantire il massimo della performance sportiva.

A livello scolastico, l'idratazione assume anche una valenza cognitiva: lo stato idrico influisce sulla funzionalità cerebrale, sulla memoria e sull'attenzione. È quindi fondamentale promuovere l'abitudine a bere regolarmente anche durante le ore di lezione. Ma è sufficiente bere solo acqua?

L'acqua deve essere considerata la fonte primaria di idratazione ma può essere consigliata, durante l'attività sportiva, un'aggiunta di zuccheri semplici ben tollerati: ad esempio, acqua con un cucchiaino di miele o acqua con un po' di succo di frutta, evitando l'assunzione di gel energetici da parte dei più giovani, perché poco adatti alla loro capacità digestiva e spesso mal tollerati.

Tra gli additivi più discutibili nelle bevande sportive ci sono i coloranti azoici, come il blu brillante FCF (E133), usati per renderle visivamente più attraenti. Numerose evidenze scientifiche, tra cui quelle riportate dall'EFSA (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare) e l'FDA (Food and Drug Administration), hanno evidenziato la loro interferenza con le funzioni cognitive nei bambini, influenzando l'attenzione e l'autoregolazione comportamentale, con aumento dell'irritabilità e dell'impulsività. Uno studio pubblicato su The Lancet (McCann et al., 2007) ha evidenziato effetti negativi di una combinazione di coloranti azoici e sodio benzoato sulla concentrazione nei bambini. Di conseguenza, l'Unione Europea ha imposto l'obbligo di etichettatura specifica, con l'avviso: "può influire negativamente sull'attività e l'attenzione dei bambini".

Nel contesto sportivo, dove concentrazione, prontezza mentale e autocontrollo emotivo sono fondamentali, l'assunzione abituale di prodotti contenenti coloranti azoici andrebbe fortemente limitata, soprattutto nei soggetti in età evolutiva.



ASSUNZIONE DI INTEGRATORI CON ANTIOSSIDANTI

Nei primi anni di allenamento, così come nelle fasi iniziali della preparazione atletica dopo un periodo di pausa, si registra un aumento fisiologico dei radicali liberi, segnale dello stress ossidativo legato all'adattamento allo sforzo. Questo stato, se ben gestito, è transitorio e funzionale all'attivazione di risposte adattative fondamentali, tra cui la stimolazione della produzione endogena di antiossidanti intracellulari come glutathione, superossido dismutasi e catalasi. Dopo circa 3-4 mesi di allenamento costante l'organismo si adatta e i livelli di radicali liberi tendono a ridursi spontaneamente. Intervenire in questa fase con antiossidanti esogeni ad alto dosaggio, come la vitamina C o la vitamina E, può interferire negativamente con questo processo impedendo lo sviluppo della risposta antiossidante endogena.

Sebbene un eccesso di radicali liberi possa causare danni cellulari, affaticamento e indebolimento del sistema immunitario, livelli moderati e transitori svolgono un ruolo fondamentale nei processi di adattamento all'allenamento in quanto attivano vie molecolari, come PGC1-α e MAPK, coinvolte nella capacità aerobica, nella biogenesi mitocondriale e nell'ipertrofia muscolare, favorendo anche la contrazione muscolare, la rigenerazione dei tessuti e la vasodilatazione. L'obiettivo non è eliminare i radicali liberi ma mantenere un equilibrio fisiologico tra la loro produzione e neutralizzazione, sostenuto da un'alimentazione equilibrata.

Secondo l'American College of Sports Medicine, circa il 50% degli atleti fa uso regolare di integratori multivitaminici e tra questi una larga parte supera le dosi giornaliere raccomandate.

Un esempio emblematico è rappresentato dalla vitamina C: se da un lato può ridurre lo stress ossidativo, dall'altro in alte dosi (≥1 g al giorno) può ostacolare la biogenesi mitocondriale, interferendo con i benefici legati all'allenamento. Dosi moderate come quelle assunte attraverso una dieta ricca di frutta e verdura, fino a 250 mg al giorno, possono contribuire a contenere lo stress ossidativo senza compromettere i benefici fisiologici dell'esercizio.

Antiossidanti come vitamina C, vitamina E, polifenoli (es. quercetina, resveratrolo), coenzima Q10, selenio e curcumina possono favorire la salute e le performance fisiche. Anche il succo di barbabietola, grazie ai nitrati e ai polifenoli, migliora l'efficienza dell'uso dell'ossigeno e la funzione cardiovascolare. Nei giovani è quindi fondamentale promuovere un'educazione nutrizionale mirata a soddisfare il fabbisogno di antiossidanti principalmente attraverso la dieta e solo in secondo luogo attraverso un'integrazione mirata e personalizzata.



CALCIO, VITAMINA D E FERRO

Nei giovani atleti il fabbisogno di calcio è particolarmente elevato perché questo minerale è essenziale per la crescita e la mineralizzazione ossea. L'American Academy of Pediatrics raccomanda un'assunzione giornaliera di 1300 mg di calcio tra i 9 e i 18 anni. Parallelamente, l'apporto di vitamina D dovrebbe essere di almeno 600-800 UI al giorno, con integrazione consigliata in caso di insufficiente esposizione solare. Un adeguato apporto di calcio e vitamina D è fondamentale non solo per la salute scheletrica ma anche per ridurre il rischio di fratture da stress, crampi muscolari e infiammazioni. Il ferro rappresenta un altro micronutriente cruciale, soprattutto per gli adolescenti sportivi e, in particolare, per le ragazze, a causa della crescita, delle perdite mestruali e dell'adozione di diete vegetariane o vegane. In caso di carenza è indicata l'integrazione per mantenere prestazioni ottimali e il benessere generale.

Fonti alimentari raccomandate includono:

- Calcio: latte, yogurt, formaggi stagionati (es. parmigiano), pesci piccoli consumati con le lisce (sardine, alici), semi di sesamo non decorati.
- Vitamina D: pesci grassi (salmone, sgombero, aringhe), olio di fegato di merluzzo, tuorlo d'uovo, alimenti fortificati (latte e cereali).
- Ferro: viene assorbito soprattutto come ferro

emico di origine animale (carne, pesce e frattaglie). Per migliorare l'assorbimento del ferro non emico di origine vegetale (legumi, cereali integrali, verdure a foglia verde), il ferro dev'essere ridotto dalla vitamina C (presente in agrumi, kiwi, uva, cavoli, broccoli, peperoni, etc.), per questo è consigliato condire verdure e legumi con del succo di limone. Anche l'abbinamento con alimenti ricchi di vitamina A (vegetali giallo-arancioni, tuorlo d'uovo) può risultare vantaggioso. Da evitare, invece, l'associazione con alimenti con elevate quantità di calcio o con tannini (presenti in tè, caffè, vino rosso e cioccolato) che ostacolano l'assorbimento del ferro.

IMPRONTA MATERNA E PRENATALE SUL MICROBIOTA DEL BAMBINO

Il microbiota intestinale svolge un ruolo fondamentale nella regolazione dell'energia, dell'infiammazione, del sistema endocrino e della salute metabolica. La sua composizione inizia a definirsi già in epoca prenatale grazie al contributo del microbiota materno e all'alimentazione della madre, con effetti a lungo termine sul rischio di sviluppare obesità e patologie metaboliche.

Nei primi due anni di vita, il tipo di parto, l'allattamento, l'uso di antibiotici e la dieta influenzano profondamente la maturazione del microbiota verso una composizione stabile. Un'alterata colonizzazio-

ne in questa fase critica può predisporre a disbiosi e a un aumentato rischio di malattie croniche. In tali contesti, è possibile intervenire con strategie nutrizionali e integrazione mirata con probiotici, prebiotici, simbiotici e postbiotici.

Una dieta ricca di polisaccaridi vegetali complessi (presenti in frutta, verdura, legumi e cereali integrali) favorisce una buona diversità microbica e il mantenimento dell'equilibrio intestinale. Al contrario, regimi alimentari poveri di fibra e ricchi di alimenti ultra-processati possono comprometterne la funzionalità.

Il microbiota comunica anche con il sistema nervoso centrale, influenzando il tono dell'umore, la motivazione e la risposta allo stress. Nei giovani atleti, un microbiota sano può sostenere la resilienza mentale e promuovere abitudini salutari, mentre un microbiota in disequilibrio può favorire la nascita di disturbi dell'umore e ridurre la motivazione all'attività fisica.

USARE LE INFOGRAFICHE PER FACILITARE L'APPRENDIMENTO

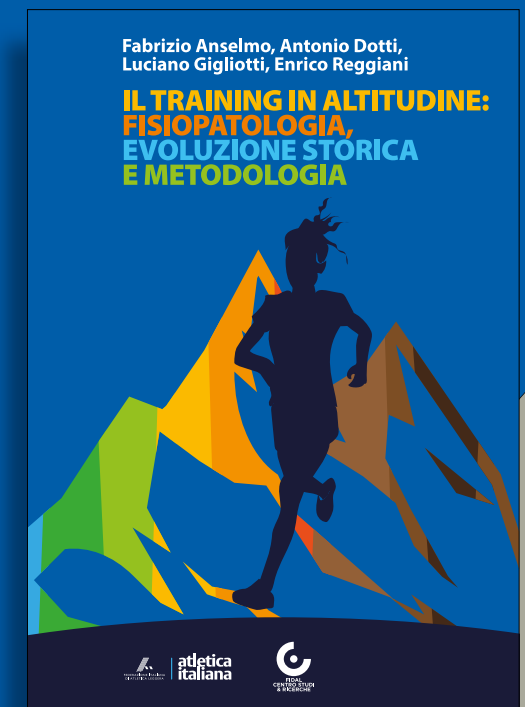
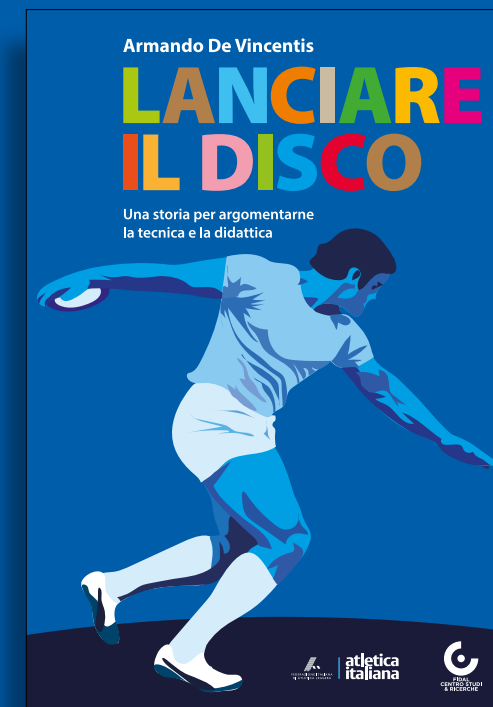
Grazie alla loro capacità di combinare immagini, colori e testi sintetici, le infografiche facilitano la comprensione e la memorizzazione delle informazioni nutrizionali, contribuendo così all'educazione alimentare dei giovani. Questo approccio visivo permette di trasmettere messaggi complessi in modo semplice, stimolando consapevolezza e autonomia nelle scelte alimentari quotidiane. Durante la lettura dell'articolo troverete alcuni esempi di infografiche educative, realizzate dallo IEO (Istituto Europeo di Oncologia) e dalla SINU (Società Italiana di Nutrizione Umana), utili a supportare l'apprendimento nutrizionale nei più giovani.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Kim E, Choi K, Jeong SM, Joh HK. A cross-sectional study of breakfast skipping and body composition among young adults. *Korean J Fam Med*. 2025 Feb 26. doi: 10.4082/kjfm.24.0217. Epub ahead of print. PMID: 40010301.
2. Saltaouras G, Kyrkili A, Bathrellou E, Georgoulis M, Yannakoulia M, Bountziouka V, Smrke U, Dimitrakopoulos G, Kontogianni MD. Associations between Meal Patterns and Risk of Overweight/Obesity in Children and Adolescents in Western Countries: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Randomised Controlled Trials. *Children (Basel)*. 2024 Sep 7;11(9):1100. doi: 10.3390/children11091100. PMID: 39334632; PMCID: PMC11430606.
3. Rampersaud GC, Pereira MA, Girard BL, Adams J, Metz J. Breakfast habits, nutritional sta-

tus, body weight, and academic performance in children and adolescents. *J Am Diet Assoc*. 2005 May;105(5):743-60; quiz 761-2. doi: 10.1016/j.jada.2005.02.007. PMID: 15883552.

4. Lee YS, Kim TH. Household food insecurity and breakfast skipping: Their association with depressive symptoms. *Psychiatry Res*. 2019 Jan;271:83-88. doi: 10.1016/j.psychres.2018.11.031. Epub 2018 Nov 15. PMID: 30471489.
5. McKay J, Ho S, Jane M, Pal S. Overweight & obese Australian adults and micronutrient deficiency. *BMC Nutrition*. 2020 ;6:12. DOI: 10.1186/s40795-020-00336-9. PMID: 32377370; PMCID: PMC7193396.
6. Rosanoff A, Dai Q, Shapses SA. Essential Nutrient Interactions: Does Low or Suboptimal Magnesium Status Interact with Vitamin D and/or Calcium Status? *Adv Nutr*. 2016 Jan 15;7(1):25-43. doi: 10.3945/an.115.008631. PMID: 26773013; PMCID: PMC4717874.
7. Clemente-Suárez VJ, Bustamante-Sanchez Á, Mielgo-Ayuso J, Martínez-Guardado I, Martín-Rodríguez A, Tornero-Aguilera JF. Antioxidants and Sports Performance. *Nutrients*. 2023 May 18;15(10):2371. doi: 10.3390/nu15102371. PMID: 37242253; PMCID: PMC10220679.
8. Capra ME, Stanyevic B, Giudice A, Monopoli D, Decarolis NM, Esposito S, Biasucci G. Nutrition for Children and Adolescents Who Practice Sport: A Narrative Review. *Nutrients*. 2024 Aug 22;16(16):2803. doi: 10.3390/nu16162803. PMID: 39203939; PMCID: PMC11357223.
9. Fasano A, Chassaing B, Haller D, Flores Ventura E, Carmen-Collado M, Pastor N, Koren O, Berni Canani R. Microbiota during pregnancy and early life: role in maternal-neonatal outcomes based on human evidence. *Gut Microbes*. 2024 Jan-Dec;16(1):2392009. doi: 10.1080/19490976.2024.2392009. Epub 2024 Aug 19. PMID: 39161102; PMCID: PMC11340748.
10. McCann D, Barrett A, Cooper A, Crumpler D, Dalen L, Grimshaw K, Kitchin E, Lok K, Porteous L, Prince E, Sonuga-Barke E, Warner JO, Stevenson J. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*. 2007 Nov 3;370(9598):1560-7. doi: 10.1016/S0140-6736(07)61306-3. Erratum in: *Lancet*. 2007 Nov 3;370(9598):1542. PMID: 17825405.



I Valori della Cultura, il Valore dell'Atletica

ATLETICASTUDI & LA SUA BIBLIOTECA

COLORO CHE DESIDERANO ACQUISTARE I LIBRI DEVONO VERSARE L'IMPORTO DI EURO 15,00 SUL CONTO CORRENTE ORDINARIO BNL (IBAN IT 29Z 01005 03309 000000010107) INTESTATO A FEDERAZIONE ITALIANA DI ATLETICA LEGGERA SPECIFICANDO NELLA CAUSALE: "IL LANCIO DEL DISCO DI ARMANDO DE VINCENTIS" O "IL TRAINING IN ALTITUDINE: FISIOPATOLOGIA, EVOLUZIONE STORICA E METODOLOGIA" O "MANUALE DELL'ALLENAMENTO GIOVANILE" O "LE CORSE DI MEZZOFONDO". Inviare la ricevuta di pagamento, specificando nome e cognome ed indirizzo completo per l'inserimento nell'indirizzario all'indirizzo mail: centrostudi@fidai.it.



**atletica
italiana**

