

In questo numero

2 Le competenze degli allenatori

Cristophe Debove

La formazione degli allenatori in Francia ed il ruolo dell'Istituto nazionale dello sport e dell'educazione fisica

6 Integratori alimentari e sport di alto livello

Alexandra Scheck

Gli integratori alimentari nello sport di alto livello: necessità o strategia di mercato?

15 Peso corporeo e costituzione fisica nello sport

Gudrun Fröhner, Klaus Wagner

L'importanza della tipologia di costituzione fisica nello sviluppo a lungo termine della prestazione sportiva

25 Lattato ed esercizio: miti e realtà

Georges Cazorla, Cyril Petibois, Luc Léger
Domande e risposte sulla produzione ed il destino del lattato durante e dopo il carico fisico. Conseguenze del suo accumulo sulla funzione muscolare.

34 Il contributo della scienza all'allenamento sportivo

Véronique Billat

L'esempio delle corse di fondo e di mezzofondo (prima parte)

43 La capacità di forza degli arti superiori nella ginnastica artistica

Roberta De Pero, Carlo Minganti, Anna Claudia Cartoni, Stefano Amici, Marco Baggio, Guido Brunetti

Correlazione tra la capacità di forza degli arti superiori e la verticale-spinta in un gruppo di ginnaste



49 Alcuni problemi della coordinazione motoria

Vladimir Ljah

Le idee di N.A. Bernshtein, loro diffusione ed importanza pratica

57 Il problema della lateralizzazione

Wlodzimierz Starosta

La differenziazione laterale dei movimenti alla luce della teoria di Bernshtein

63 Summaries

Le competenze degli allenatori

La formazione degli allenatori in Francia ed il ruolo dell'Istituto nazionale dello sport e dell'educazione fisica (Insep)

2



Foto: INSEP

Dopo una breve introduzione sui compiti dell'Istituto nazionale dello sport e dell'educazione fisica (Insep), e la definizione del concetto di competenza, vengono espone quali debbono essere le competenze degli allenatori di atleti nazionali ed internazionali, ed illustrate le linee generali del nuovo meccanismo di formazione degli allenatori francesi, differenziato su quattro livelli formativi. Particolare attenzione viene dedicata alla

struttura della formazione degli allenatori di II livello (IV livello europeo), dei quali vengono espone funzioni e compiti, l'incidenza che essi hanno sulla formazione degli allenatori e le Unità di competenze capitalizzabili (UCC) nelle quali si articola la formazione, delle quali vengono espone contenuti e modalità di valutazione. In conclusione, si espone quali sono i possibili freni a questa evoluzione della formazione.

1. Cosa è l'Insep

Il compito principale dell'*Institut National du Sport et de l'Éducation Physique (Insep)* (Istituto Nazionale dello sport e dell'Educazione Fisica) che è un istituto pubblico del *Ministère de la Jeunesse et des Sports* (Ministero per la gioventù e gli sport) consiste nel favorire il successo sia del progetto sportivo, sia di quello professionale degli 830 atleti di alto livello che vi sono attualmente iscritti.

A questo compito principale vanno aggiunti altri tre compiti complementari, che ne facilitano la realizzazione, che consistono nel:

- garantire la formazione professionale continua dei quadri dello sport francese, al livello più elevato;
- partecipare alla ricerca, alla produzione ed alla diffusione delle conoscenze relative all'ottimizzazione delle prestazioni sportive, alle condizioni della loro realizzazione, sul piano nazionale ed internazionale;
- partecipare alla politica del Ministero responsabile dello sport, soprattutto per quanto riguarda lo sviluppo e la promozione dello sport di alto livello, sul piano nazionale ed internazionale.

Gli atleti di alto livello dell'Istituto appartengono a trentatré diverse discipline sportive. Di essi, 102 hanno partecipato agli ultimi Giochi olimpici e sono tornati con ventisei medaglie. Nel 2001, quattordici sono diventati Campioni del mondo, ed in tutto sono 141 le medaglie da loro ottenute nei Campionati mondiali od europei.

Gli atleti possono proseguire nei loro studi nell'Istituto. Per questo possono scegliere tra le trenta diverse trafilte di formazione (scolastiche, universitarie o professionali) organizzate nell'Istituto.

Per quanto concerne la formazione dei quadri superiori dello sport, nel 2001, l'*Insep* ha contribuito al perfezionamento di 1 123 allenatori, formatori, o manager dello sport.

2. Definizione della competenza

Le proposte che presenteremo sono il risultato della sintesi dei lavori di diversi Autori, ottenuta riunendo quanto essi hanno in comune.

1. Le competenze sono costituite da un insieme di elementi articolati tra loro in un'interazione dinamica. Tra questi elementi si possono identificare tipi diversi di conoscenze, che vengono chiamate in modo diversi, a seconda degli Autori. La natura degli elementi costitutivi, le modalità con la quale si combinano e vengono mobilitati, rappresentano le basi della competenza.

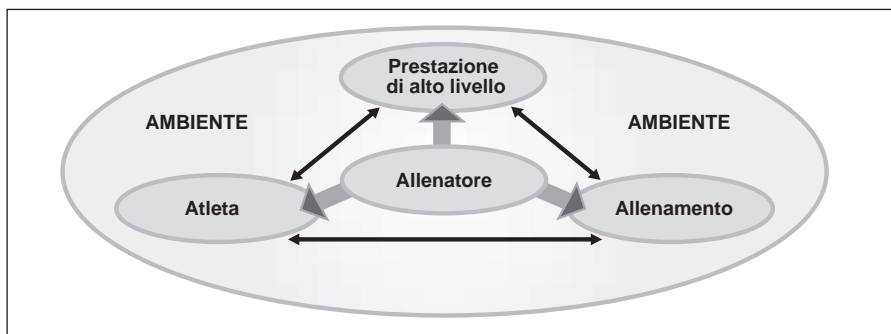


Figura 1 –

2. Le competenze sono *specifiche e relative ad una situazione data*. Sono finalizzate. Comunque si parla di competenze trasversali, che riguarderebbero gruppi di situazioni che possono presentare caratteristiche comuni.

3. Le competenze (specialmente quelle professionali) si definiscono come la *capacità che hanno le persone di risolvere problemi in certe situazioni*. Si tratta di disposizioni ad agire, di sistemi d'azione.

4. La competenza viene acquisita, costruita soggettivamente. È legata al successo nella costruzione di soluzioni ai problemi posti. Non è visibile, perché sta alla base dell'agire. Di qui il problema della valutazione delle competenze. *Solo se si parte dalla valutazione degli elementi che rappresentano il prodotto della loro applicazione, si può inferire che esistono competenze*.

3. Le competenze degli allenatori nazionali

L'insieme del lavoro dal quale è ricavato questo articolo deriva da un documento realizzato dall'*Insep* su richiesta del Ministero per la gioventù e lo sport, e s'inserisce nel progetto di rinnovamento della formazione e dei diplomi rilasciati da questo Ministero. Il suo obiettivo è quello di proporre un percorso reale di formazione degli allenatori sportivi, nel quale ogni livello di qualificazione verrà determinato in funzione della realtà dei mestieri e degli impieghi (compiti e finanziamenti), per essere poi convalidato dai corrispondenti diplomi. L'obiettivo è che questo approccio sia elastico, efficace e consensuale.

Questo documento è frutto del lavoro di un gruppo di insegnanti dell'*Insep* costituito, soprattutto, da Marine Cornillo, Martine Dupond, Françoise Napias, Véronique Cotteaux, Jean Michel Lechevalier, ai quali si deve aggiungere, in parte, Gérard Bosc (Gip Sepo). La Delegazione alla formazione era rappresentata da Jean Paul Cezard. Il tutto era coordinato da Christophe Debove, Direttore del Dipartimento della formazione dell'*Insep*.

Per definire quali siano le competenze

degli allenatori, siamo partiti da una analisi, basata sulla teoria dei sistemi, della funzione dell'allenamento in funzione di tre poli: quello sportivo, il contesto dell'allenamento ed il contesto della prestazione di alto livello (figura 1).

Dallo schema generale della figura 1, si ricava un gruppo di capacità secondo cinque principi di analisi della situazione professionale.

1. Capacità che derivano dall'interrelazione: allenamento/prestazione d'alto livello

- analizzare la prestazione d'alto livello e le sue conseguenze sull'allenamento;
- osservare la prestazione d'alto livello e ricavarne le tendenze attuali;
- essere padroni dei principi dell'allenamento e delle loro conseguenze sulla prestazione.

2. Capacità che derivano dall'interrelazione: allenamento/atleta

- comprendere i principi dell'adattamento dell'atleta all'allenamento;
- pianificare a breve, medio e lungo termine;
- valutare, quantificare l'azione dell'allenamento;
- individualizzare l'allenamento, differenziare la sua azione per gestire un gruppo;
- gestire la relazione allenatore/atleta;
- garantire il massimo di sicurezza, di salute;
- analizzare i rischi derivanti dall'allenamento.

3. Capacità che derivano dall'interrelazione: prestazione di alto livello/atleta

- identificare le caratteristiche dell'atleta;
- selezionare;
- scoprire;
- guidare;
- gestire.

4. Capacità che derivano dalla gestione del sistema allenamento/prestazione/atleta

- gestire il sistema dell'allenamento;
- gestire il progetto d'allenamento;
- gestire il tempo.

Tabella 1 –

Livello	Funzioni	Possibilità d'impiego
IV livello	Animare in una data disciplina sportiva, pubblici di età diverse in una prospettiva di ricreazione/tempo libero/riabilitazione ed in una prospettiva di allenamento/prestazione; inoltre possedere competenze più specialistiche in questa o quella delle prospettive sopra precisate	Associazioni, comunità territoriali, privati.
III livello	Allenare in una certa disciplina od specialità sportiva un determinato pubblico in una prospettiva competitiva	Associazioni, comunità territoriali, privati...
II livello (IV livello europeo)	Allenare in una certa disciplina od in una specialità sportiva un determinato pubblico in una prospettiva di competizione di alto livello	Associazioni, Stato, Federazioni, comunità territoriali, privati...
I livello (V livello europeo)	Allenare in una certa disciplina od in una specialità sportiva a livello massimo e/o dirigere un gruppo di allenatori di alto livello	Federazioni, Stato

5. Capacità derivanti dall'interrelazione tra il sistema ed il contesto ambientale

- trasmettere le proprie esperienze ad allenatori e a futuri allenatori;
- scambi con gli altri allenatori;
- dirigere un gruppo di allenatori;
- gestire le relazioni con l'ambiente del proprio sport, l'ambiente sportivo in generale e gli altri ambienti;
- comunicare con il mondo federale.

4. Proposta per un nuovo sistema di formazione degli allenatori in Francia

Definizione dei diversi livelli di qualificazione professionale degli allenatori (cfr. tabella 1)

È opportuno distinguere il I livello dai precedenti, in quanto, di fatto non si può inserire in una continuità diretta con il II e III livello. Intendiamo dire che l'accesso a questo livello di formazione non può avvenire se non al termine di un percorso professionale d'allenatore.

Per quanto riguarda l'*Insep*, per aspirare a seguire una formazione di questo livello sono necessari quattro anni di esperienza professionale.

Le funzioni degli allenatori di alto livello: allenare in una certa disciplina o specialità sportiva un determinato pubblico in una prospettiva di competizione di alto livello

Compiti che debbono essere realizzati:

- attuare, elaborare ed applicare un progetto individuale di allenamento per atleti di livello internazionale;
- coordinare più progetti individuali di allenamento;
- pianificare a breve, medio, lungo termine;

- utilizzare l'insieme delle tecnologie che servono all'allenamento;
- fare rispettare l'etica sportiva;
- essere in grado di comunicare per iscritto ed usare gli strumenti informatici in situazioni che hanno una relazione con la propria pratica;
- comunicare verbalmente, argomentando il proprio punto di vista, in situazioni che sono in relazione con la propria pratica;
- mettere a punto e realizzare situazioni di allenamento;
- dirigere uno o più atleti in una situazione di gara;
- valutare situazioni di prestazione e di allenamento;
- valutare l'effetto dell'allenamento;
- organizzare sedute per scoprire, valutare, selezionare talenti;
- gestire un numero ridotto di atleti in allenamento ed in gara;
- osservare ed analizzare la competizione di alto livello e la sua evoluzione;
- partecipare all'elaborazione di programmi di competizioni;
- essere in possesso di strumenti di analisi della prestazione e della sua evoluzione ed utilizzare nuove tecnologie;
- intervenire specificamente come formatore nei sistemi di formazione;
- fare da *tutor* a stagisti che preparano il loro diploma nel settore "allenamento".

L'incidenza di una simile definizione dei compiti da realizzare sui tipi di formazione

La logica dei saperi, che troviamo alla base del nostro attuale sistema formativo, mostra un'evoluzione che va verso una logica della competenza, sia per quanto riguarda i processi di qualificazione, sia i diplomi professionali. Perciò, attualmente, come prova della capacità d'agire occorre

apprendere ad agire e non più soltanto a trasmettere conoscenze.

Questa è la strada che sta imboccando la Francia, più precisamente il Ministero per la gioventù e lo sport, per quanto riguarda le qualificazioni future che preparano al mestiere di allenatore.

Una formazione in via di costruzione

La proposta che viene avanzata è quella di un meccanismo che si basa su una organizzazione in quattro Unità di Competenze Capitalizzabili (*Unités de Compétences Capitalisables, UCC*):

- *UCC 1*: progettare e guidare il progetto individuale di allenamento di atleti di livello nazionale od addirittura internazionale;
- *UCC 2*: gestire situazioni concrete di allenamento e/o di gara di livello internazionale;
- *UCC 3*: analizzare la prestazione e la sua evoluzione e ricavarne principi d'azione per l'allenamento di atleti di livello nazionale od addirittura internazionale;
- *UCC 4*: partecipare alla formazione di quadri sportivi nel proprio sport.

UCC 1

Progettare e guidare il progetto individuale di allenamento di atleti di livello nazionale od addirittura internazionale

Le capacità:

- realizzare, elaborare, ed applicare un progetto individuale di allenamento per atleti di alto livello;
- coordinare più progetti individuali di allenamento;
- pianificare a breve, medio, lungo termine;
- utilizzare l'insieme delle tecnologie che servono all'allenamento;
- fare rispettare l'etica sportiva;
- essere in grado di comunicare per iscritto ed utilizzare lo strumento informatico;
- comunicare verbalmente, argomentando il proprio punto di vista, in situazioni che sono in relazione con la propria pratica.

Il sistema di riferimento per la valutazione

Obiettivo della valutazione: verificare la capacità dello studente di

- costruire un progetto di allenamento a questo livello di pratica;
- elaborare un intervento diretto ad adattarlo rispetto ad un progetto.

Il sistema di riferimento per la valutazione e le modalità della valutazione stessa prevedono due aspetti:

la presentazione di una relazione ed un colloquio;

La valutazione si basa su ambedue: relazione e colloquio.

Relazione: si tratta della realizzazione di una relazione di almeno quindici pagine presentata sotto forma di documento realizzato con un supporto informatico, nel quale viene presentato il progetto annuale di allenamento del gruppo di atleti che il candidato ha seguito durante il suo stage in ambiente professionale.

Colloquio: esposizione orale di 15 minuti seguita da un dibattito di 15 minuti con la Commissione giudicante. Questa esposizione avviene sulla base della preparazione della risposta ad un problema che è stato posto al candidato.

UCC 2

Gestire situazioni concrete di allenamento e/o di gara di livello internazionale

Le capacità:

- progettare e realizzare situazioni di allenamento;
- valutare in situazioni di prestazione e di allenamento;
- valutare l'effetto dell'allenamento;
- organizzare sedute di ricerca, valutazione e selezione di talenti;
- gestire un gruppo ridotto di atleti in allenamento ed in gara
- comunicare verbalmente, in situazioni relative alla propria pratica;
- fare rispettare l'etica sportiva.

Il sistema di riferimento per la valutazione:

Obiettivo della valutazione: verificare la capacità dello studente di:

- risolvere problemi legati ad una particolare situazione individuale o collettiva di allenamento e/o di gara, nella sua specialità;
- esprimere per iscritto le sue proposte ed argomentarle.

Il sistema di riferimento e le modalità di valutazione assumono la forma di una prova scritta di 4 ore. Tale prova riguarda lo studio di un caso di allenamento o di gara di atleti di livello nazionale. Lo scritto deve essere una tesina che prevede una introduzione, un quesito, un problema, uno svolgimento ed una conclusione.

UCC 3

Analizzare la prestazione e la sua evoluzione e ricavarne principi d'azione per l'allenamento di atleti di alto livello di livello nazionale, se non internazionale.

Le capacità:

- osservare, analizzare la prestazione di alto livello e la sua evoluzione;
- partecipare all'elaborazione di programmi di gara;
- essere in possesso di strumenti di analisi

della prestazione e della sua evoluzione ed utilizzare nuove tecnologie;

- comunicare verbalmente, argomentando il proprio punto di vista.

Il sistema di riferimento per la valutazione:

Obiettivo della valutazione: verificare la capacità dello studente di:

- risolvere problemi legati ad una particolare situazione di allenamento e/o di gara, individuale o collettiva nella sua specialità;
- esprimere per iscritto le sue proposte ed argomentarle.

Il sistema di riferimento e le modalità di valutazione assumono la forma di una prova orale di 45 minuti. Partendo da una domanda posta dalla Commissione giudicante, che riguarda un aspetto particolare legato alla realizzazione della prestazione, il candidato, in 30 min prepara una relazione orale. La domanda si basa su uno o più documenti, scritti, informatici, audiovisivi, ecc. Il candidato realizza una analisi della situazione e avanza proposte che riguardano l'orientamento e la conduzione dell'allenamento. L'esposizione dura 15 minuti ed il candidato risponde, per 30 minuti, a domande che gli vengono poste dalla Commissione.

UCC 4

Partecipare alla formazione di quadri nella propria disciplina

Le capacità:

- intervenire specificamente come formatore nel sistema di formazione;
- svolgere la funzione di *tutor* a stagisti che preparano il loro diploma nel settore "allenamento".

Il sistema di riferimento per la valutazione:

Obiettivo della valutazione: verificare la capacità dello studente di:

- partecipare ad azioni formative;
- svolgere la funzione di *tutor* per stagisti che preparano il loro diploma nel settore "allenamento".

Il sistema di riferimento e le modalità di valutazione sono rappresentati da due attestati che provano che il candidato ha:

- partecipato ad almeno una iniziativa di formazione, come minimo di IV livello;
- ha svolto funzioni di *tutor* per uno stagista che si sta formando nel settore "allenamento".

5. I freni a questa evoluzione

Questa evoluzione pone, direttamente, il problema dei saperi e quindi delle conoscenze scientifiche che sono necessarie all'allenatore. Su questo aspetto è indispensabile fare due constatazioni:

1. le scienze dello sport sono composte, principalmente, da scienze che si imparano a posteriori del campo della pratica sportiva. È quanto avviene per la fisiologia, per la psicologia, per la sociologia, ecc...

2. Ognuno di questi campi scientifici progredisce ed in ognuno di essi le conoscenze diventano sempre più specifiche.

I progressi della scienza fanno sì che le conoscenze delle varie scienze si allontanino sempre più tra di loro e diventa sempre più necessario collegarle. Edgard Morin ha addirittura parlato di un sapere specifico che collega tra loro i diversi saperi. D'altro canto, troppo spesso, la maggior parte dei saperi è separata dalla realtà dell'azione, per cui, se si vuole che diventino utili, occorre ricontestualizzarli.

Da questo punto di vista è estremamente esemplificativo l'esempio delle scienze della terra. Si tratta di scienze che sono nate dall'unione di diversi settori scientifici come la climatologia, la tettonica a placche, la vulcanologia, la meteorologia, lo studio dell'atmosfera... L'analisi dei fenomeni che regolano la vita del nostro pianeta, non poteva dipendere da uno solo di questi settori della scienza, per cui, è stato necessario metterli in relazione tra loro per comprendere meglio il mondo che ci circonda.

Lo stesso avviene per l'allenamento. L'allenatore non è un fisiologo dello sport, un psicologo dello sport ed un tecnico straordinario. Si deve basare su conoscenze che derivano da una vera e propria scienza dell'allenamento che, come le scienze della terra, deve essere in grado di mettere in rapporto tra loro ricercatori di formazione e cultura diversa per occuparsi di uno stesso oggetto che abbia un rapporto diretto con l'allenamento, come:

- il superallenamento;
- la ricerca del talento;
- la valutazione degli atleti;
- l'apprendimento dei gesti tecnici
- il *coaching*;

È certo che le scienze dell'allenamento debbono porsi di nuovo il problema delle competenze dell'allenatore per reimpossessarsi di un campo che progressivamente sfugge loro. Da questa evoluzione dipende anche l'avvenire della formazione degli allenatori.

L'articolo è la rielaborazione della relazione accademica presentata dall'Autore, il 12 dicembre 2001 in occasione del I modulo del *I Corso Nazionale di IV Livello europeo di formazione degli allenatori* organizzato dalla Scuola dello Sport. Traduzione di M. Gulinelli.

Nella foto di apertura è rappresentata la statua *Heracles* di Antoine Bourdelle che è il simbolo dell'*Insep*.

Integratori alimentari e sport di alto livello

Gli integratori alimentari nello sport di alto livello:
necessità o strategia di mercato?



Essenzialmente, per integratori alimentari s'intendono prodotti altamente energetici, prodotti ad elevata concentrazione di carboidrati e di proteine, le cosiddette bevande per gli sportivi, preparati a base di micronutrienti e integratori ergogeni di tipo alimentare, che vengono commercializzati per posta, su Internet, nelle palestre di fitness, nei negozi di attrezzature ed abbigliamento sportivo ed anche nei supermercati, vantandone effetti dei quali dovrebbero trarre profitto non solo coloro che praticano sport nel tempo libero, ma anche atleti di alto livello. Il problema è sapere se sono così efficaci quanto viene affermato e in quali casi il loro uso è opportuno e non utile soltanto a chi vuole venderli. Questo argomento viene trattato criticamente dal punto di vista degli atleti di alto livello, cioè di quegli atleti il cui dispendio energetico, durante la loro attività di allenamento, va da 500 a 2.000 kcal/die e che in gara consumano oltre 2.000 kcal.

1. I principi

Fondamentalmente i principi ai quali possono essere ricondotte tutte le affermazioni che mettono in dubbio l'efficacia degli integratori alimentari sono due:

1. *non esiste alcun nutriente, il cui fabbisogno specifico aumenti con l'attività sportiva, in misura superiore rispetto al fabbisogno energetico complessivo.*

Ciò vuol dire che, nello sport, l'assunzione dei nutrienti utilizzati od escreti dall'organismo dell'atleta viene garantita se l'energia che è stata utilizzata viene reintegrata sotto forma di una dieta variata e completa, nella quale almeno il 55% dell'energia viene fornito dai carboidrati, al massimo il 30% viene fornito dai grassi ed il 15% dalle proteine (tabella 1). In base a questa affermazione si può arrivare alla conclusione che il maggiore consumo di nutrienti, durante l'attività sportiva, non deve essere considerato la causa primaria di una loro eventuale carenza, che è invece dovuta all'inadeguatezza dell'alimentazione rispetto alle necessità. La copertura del

Tabella 1 – L'alimentazione corretta secondo le regole della DGE (Deutschen Gesellschaft für Ernährung, Società tedesca per l'alimentazione) (DGE 2000)

- Alimentazione variata
- Cereali più volte durante il giorno e molte patate
- Cinque porzioni al giorno di verdura e frutta
- Ogni giorno latte e suoi derivati, più volte alla settimana carne e uova, ed una volta alla settimana pesce
- Pochi grassi ed alimenti ricchi di grassi
- Limitare sale e zucchero
- Quantità abbondante di liquidi
- Preparare i cibi in modo gustoso, ma senza deteriorarne i costituenti
- Concedersi il tempo per gustare i cibi
- Controllare il peso - restare in movimento

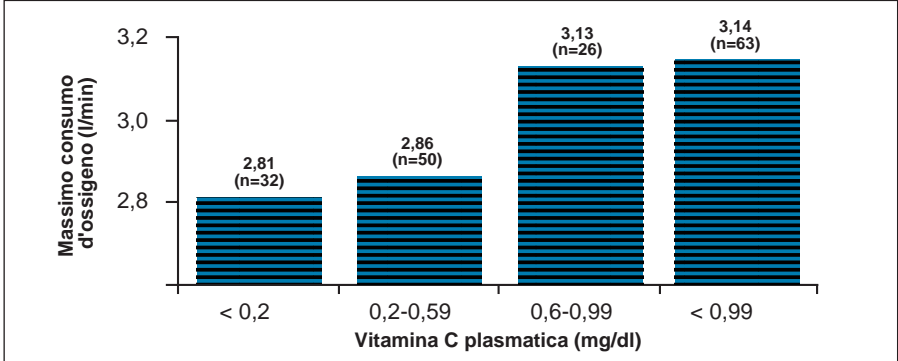


Figura 1 – Il massimo consumo d'ossigeno in funzione della concentrazione plasmatica di Vitamina C (da Buzina, Suboticaneec 1985)

fabbisogno energetico di un atleta attraverso una dieta completa, che cioè contenga tutti i nutrienti, può presentare problemi solo quando l'energia utilizzata per la prestazione è superiore alle 4.000 kcl al giorno (ad esempio, durante il Giro di Francia). In questo caso, la capacità di assorbimento del tratto intestinale è insufficiente, per cui è inevitabile ricorrere ad integratori alimentari.

2. *Un'assunzione di nutrienti superiore al fabbisogno non incrementa la prestazione*

Invece, la capacità di prestazione viene limitata da un'assunzione inferiore alle necessità, per cui, se la carenza di nutrienti viene compensata, può prodursi un incremento della prestazione. Perciò, gli integratori alimentari non sono necessari, anche se possono accelerare la ricostituzione delle riserve di nutrienti.

Ora cercheremo di provare queste due tesi attraverso l'esempio della vitamina C.

Per quanto riguarda la 1ª tesi: in una corsa di 12 km, un soggetto del peso corporeo di 67 kg consuma circa 800 kcal e perde da 1,0 a 1,5 l di sudore, nel quale sono contenuti non più di 2,5 mg di Vitamina C. Se si calcola una percentuale di assorbimento, che va dal 50 all'80%, per

coprire il fabbisogno aggiuntivo di 2,5 mg debbono essere assunti al massimo 5 mg di Vitamina C. Una mela (175 g) fornisce 20 mg di Vitamina C, ma solo 100 kcal. Se ci si attiene alla quantità di vitamina C raccomandata di 50 mg/1.000 kcal (DGE et al. 2000), con 800 kcal verrebbero assunti 40 mg di Vitamina C, cioè 35 mg più di quanto necessario (tabella 2). Provocatoriamente, possiamo affermare che sarebbe abbastanza difficile riuscire ad assumere 800 kcal senza contemporaneamente assumere 5 mg di Vitamina C. Lo stesso tipo di calcolo può essere fatto non soltanto per altre vitamine, ma anche per i sali minerali, come viene mostrato dalla tabella 2, attraverso l'esempio di due macroelementi, il magnesio ed il calcio, ed un oligoelemento, il ferro.

Per quanto riguarda la 2ª tesi: Buzina, Suboticaneec (1985), su 171 adolescenti di sesso maschile di età tra 13 e 15 anni, hanno dimostrato che il massimo consumo d'ossigeno, in funzione del tasso plasmatico di Vitamina C, aumenta fino a quando sono stati raggiunti 0,86 mg/l (figura 1), una concentrazione che corrisponde ad una assunzione quotidiana di circa 80 mg di Vitamina C. L'assunzione di una quantità maggiore attraverso gli alimenti non comporta un miglioramento della capacità aerobica.

Tabella 2 – Perdita ed assunzione di micronutrienti in una corsa di 12 km (dispendio energetico 800 kcal)

	Vitamina C	Magnesio	Calcio	Ferro
Perdita in 1,5 l di sudore	Ciclismo: < 2,5 mg	Ciclismo: < 5,5 mg	Ciclismo: 100 < mg	Corsa: < 1,0 mg (Eme) 23%
Disponibilità biologica	50-80%	35-55%	30-40%	23%
Assunzione necessaria	massimo 5 mg	massimo 16 mg	massimo 333 mg	massimo 4,3 mg
Densità in nutrienti di riferimento	50 mg/1.000 kcal	160 mg/1.000 kcal	500 mg/1 000 kcal	6 mg/1.000 kcal
Assunzione reale	40mg/800 kcal	128 mg/800 kcal	400 mg/800 kcal	4,8/800 kcal
Bilancio	35 mg	+ 112 mg*	+ 67 mg	+ 0,5 mg

* Questa quantità aggiuntiva dovrebbe coprire il maggiore fabbisogno di magnesio dovuto alla perdita nelle urine

2. Concentrati di energia

I prodotti energetici vengono commercializzati in polvere e in barrette. Il ricorso ad essi è sensato se i prodotti forniscono non più del 30% di energia attraverso i grassi ed il 15% attraverso le proteine e se gli atleti, a causa del tempo utilizzato per gli allenamenti e altri impegni, non dispongono del tempo necessario per rifornirsi dell'energia che hanno utilizzato attraverso gli alimenti che compongono la loro dieta abituale. È noto che gli alimenti completi, ricchi di carboidrati complessi, che dovrebbero essere privilegiati nella dieta – come ad esempio, frutta, ortaggi, legumi, cereali – sono relativamente voluminosi e ricchi di fibre. Ciò assume una certa importanza quando il fabbisogno totale di energia supera le 4.000 kcal (2.000 kcal che forniscono l'energia necessaria per il metabolismo di base e più di 2.000 calorie per coprire il fabbisogno di energia determinato dalla prestazione sportiva). Se si tiene conto delle raccomandazioni che riguardano il rapporto tra i vari nutrienti, questa quantità di energia corrisponde ad un apporto di nutrienti principali di oltre 835 g di peso secco (da 550 a 600 g di carboidrati, 135 g di grassi e da 100 a 150 di proteine). In questo caso, l'intestino viene alleggerito se una parte dei nutrienti viene assunta sotto forma liquida, piuttosto che solida, come avviene normalmente nel Giro di Francia (Saris et al. 1989).

3. Prodotti ad alta concentrazione di carboidrati

I prodotti che generalmente si trovano in commercio sotto forma di polveri, contenute in bustine da disciogliere nelle bevande o da mescolare alle pietanze, sono composti prevalentemente da carboidrati con un tasso massimo di ossidazione di circa 1 g/min, come la *maltodestrina* (un polimero del glucosio costituito da 10 a 20 monomeri), il *glucosio*, il *maltosio*, il *saccarosio* e l'*amilopeptina*. Il loro uso come integratori alimentari è giustificato quando il corpo ha bisogno di disporre rapidamente di carboidrati. Come abbiamo già esposto in un nostro lavoro (Schek 1997), durante un carico intensivo di resistenza (dal 60 all'80 del $\dot{V}O_2$ max) l'assunzione ad intervalli regolari di carboidrati con elevato indice glicemico risparmia le riserve di glicogeno del fegato, per cui viene ritardata la deplezione degli zuccheri, che si produrrebbe dopo circa 90 min, a causa della limitata capacità delle riserve di glicogeno muscolare ed epatico. La capacità di prestazione di resistenza può essere aumentata fino a circa il 15% se si assumono carboidrati ad assorbimento rapido (Sher-

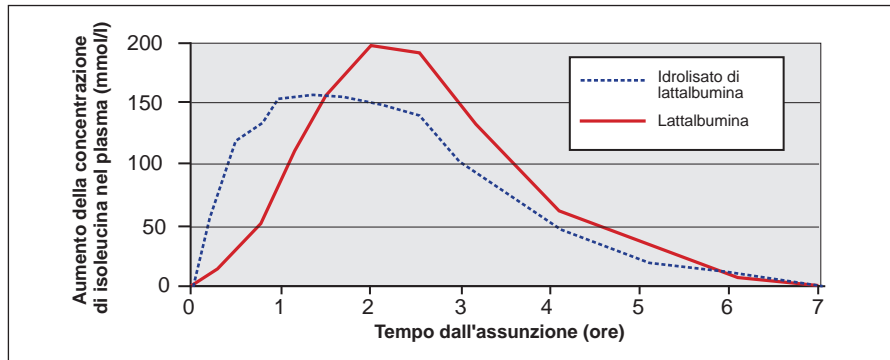


Figura 2 – Assorbimento dell'aminoacido isoleucina derivante dalla molecola proteica α -lattalbumina idrolisata e non modificata: le due curve delimitano superfici della stessa estensione (da Moch, Kuebler 1993)

man 1995). Soprattutto al termine di attività estremamente faticose, è opportuno assumere bevande ad alta concentrazione di carboidrati per reintegrare il glicogeno consumato, anche quando non è presente alcuno stimolo dell'appetito. Nei momenti che precedono una attività sportiva sono da preferirsi i prodotti altamente energetici, anziché i carboidrati. Infatti, monosaccaridi e disaccaridi isolati portano ad un incremento del tasso insulinico (Costill et al. 1977; Gleeson et al. 1986) – che però può anche non presentarsi in condizioni di stress – che favorisce il passaggio di glucosio ai tessuti grassi, mentre contemporaneamente inibisce le lipasi (cioè gli enzimi che favoriscono l'idrolisi degli esteri degli acidi grassi, in particolare i trigliceridi, n.d.t.) in essi contenute, per cui diminuisce la disponibilità di acidi grassi e si provoca un aumento del consumo di glicogeno.

Un'altra possibilità di impiego di prodotti ad alta concentrazione di carboidrati è nei giorni che precedono gare importanti, quando, durante la supercompensazione, la percentuale dei carboidrati nella dieta deve essere aumentata fino a superare il 60% dell'apporto globale di energia. Però, normalmente, se si assumono alimenti ricchi di carboidrati, si ottiene lo stesso obiettivo dei concentrati.

4. Prodotti ad alta concentrazione di proteine

Questi prodotti sono normalmente disponibili in commercio in polvere o in barrette. I prodotti in polvere contengono fino all'85% di energia proveniente da proteine (animali), le barrette ne contengono una quantità inferiore. Una componente essenziale dei prodotti ad alta concentrazione di proteine è costituita da lattalbumina idrolisa, cioè scissa in dipeptidi ed aminoacidi. Il vantaggio di un simile idrolisato dovrebbe essere quello di una miglio-

re disponibilità degli aminoacidi. Però, questa affermazione non è sostenibile, in quanto, è pur vero che gli aminoacidi ottenuti dalla lattalbumina idrolisata vengono assorbiti più rapidamente che quelli ottenibili dalla lattalbumina non sottoposta ad idrolisi, ma non in quantità maggiore, come mostra il caso dell'isoleucina mostrato nella figura 2 (Moch, Kübler 1993). Va valutato positivamente il fatto che i concentrati contengono scarse quantità di colesterolo e di purina.

Come abbiamo già esposto, in un nostro lavoro precedente, i prodotti ad alta concentrazione di proteine vengono utilizzati soprattutto dagli atleti degli sport di forza, sebbene essi, rispetto agli atleti degli sport di resistenza, abbiano bisogno di una quantità di proteine di poco superiore a quella dei non praticanti sport (Moch 1990). Infatti, gli aminoacidi che vengono liberati dalla strutture proteiche dei muscoli attraverso un allenamento intensivo della forza, in gran parte possono essere riutilizzati. Invece negli sport di resistenza, gli aminoacidi glucogenetici (cioè gli aminoacidi che possono essere trasformati dall'organismo per sintetizzare glucosio attraverso la via della gluconeogenesi, n.d.t.) vengono usati per produrre energia. Ciò la struttura di carbonio viene demolita (ossidata) e l'azoto viene trasformato in urea ed escreto attraverso l'urina. Comunque la percentuale di proteine consumate per la produzione di energia durante l'allenamento non è superiore al 5% (Evans et al. 1983) o, anche in attività intense di resistenza a carattere competitivo, è inferiore al 10% (Lemon, Mullin 1980). Perciò per compensarne il consumo è sufficiente il 10-15% delle proteine alimentari. Tarnopolsky et al. (1986) hanno dimostrato che, in atleti praticanti sport di resistenza ben allenati che presentano un consumo di energia di 4.600 kcal/die, un'assunzione quotidiana di 1,4 g di proteine per kg di peso corporeo è sufficiente a mantenere

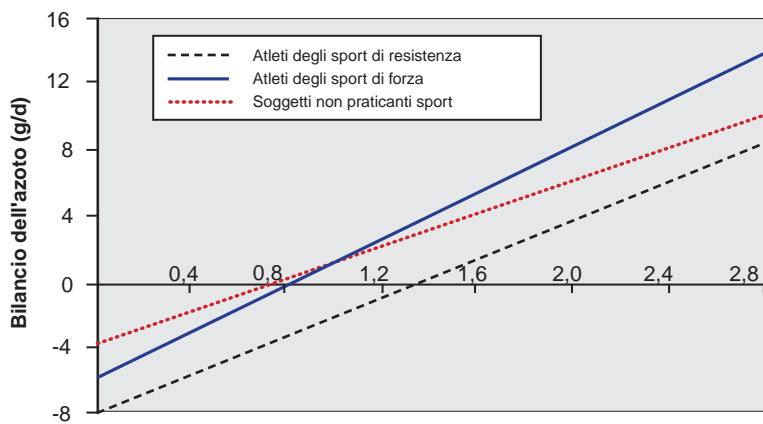


Figura 3 – Il fabbisogno proteico di atleti praticanti sport di resistenza, di forza e di soggetti non praticanti sport. Un bilancio positivo dell'azoto non è equivalente ad un corrispondente aumento della massa corporea magra. Nel caso di un apporto proteico superiore alla quantità quotidianamente necessaria per mantenere le proteine dell'organismo (punto di intersezione delle rette con l'ascissa), gli aminoacidi in eccesso finiscono nelle cosiddette riserve proteiche labili (pool degli aminoacidi). Trascorsi pochi giorni si avrà un aumento dell'ossidazione degli aminoacidi e dell'escrezione dell'azoto, per cui il bilancio dell'azoto si adatterà ad un apporto più elevato. Ciò significa che si raggiunge un nuovo stato di equilibrio (steady state, equilibrio fluttuante) (Scheik 1998). Di conseguenza, per rilevare il fabbisogno di proteine, debbono essere effettuate misurazioni del bilancio dell'azoto nei casi in cui si ritiene che l'assunzione di proteine copra esattamente il fabbisogno (National Research Council 1989)

costante il bilancio dell'azoto, il che vuole dire che non vengono demolite proteine strutturali del corpo (figura 3). Altri Autori hanno trovato che gli atleti degli sport di resistenza hanno bisogno da 1,2 a 1,5 g di proteine per kg di peso corporeo (Meredith et al. 1989; Gontzea et al. 1974). Si tratta di quantità che possono essere tranquillamente assunte senza ricorrere all'uso di prodotti ad alta concentrazione di proteine. Soggetti non praticanti sport, che chiaramente si approvvigionano di una quantità minore di substrati energetici (circa 2 100 kcal/die), in media già assumono 1,2 g di proteine per kg di peso corporeo al giorno (Karg 1996). Anche quegli atleti degli sport di resistenza che non consumano carne (perché vegetariani non assoluti), non hanno necessità di ricorrere ad inte-

gratori di proteine, in quanto è sufficiente che i diversi alimenti proteici vengano combinati in modo tale che la mescolanza delle loro componenti migliori la qualità proteica della dieta (tabella 3). Comunque l'utilizzazione di prodotti ad alta concentrazione di proteine è sensata solo nel caso di atleti praticanti sport di resistenza che evitano non solo la carne, ma anche qualsiasi proteina di derivazione animale (vegetariani assoluti).

Coloro che praticano *sport di forza* a livello competitivo, per mantenere la loro muscolatura hanno bisogno di 0,8 g di proteine per kg di peso corporeo die. Questo valore, che è stato misurato da Tarnopolsky et al. (1986) attraverso il bilancio dell'azoto su soggetti praticanti *body building* ben allenati con un apporto energetico quotidiano

di 4.800 kcal (figura 3), è solo di 0,1 g per kg di peso corporeo superiore al fabbisogno proteico di soggetti non praticanti, che assumono 3.200 kcal pro die. Questa differenza del 12%, relativamente scarsa, è stata confermata dai risultati di uno studio biocinetico di Herrmann (1995): nei diciotto soggetti studiati, tutti praticanti *body building* ben allenati, un allenamento quotidiano di mantenimento della muscolatura di 1,5 ore al giorno produceva un incremento del metabolismo degli aminoacidi del 17%, che corrisponde, al massimo, ad un aumento del fabbisogno quotidiano di proteine anche esso del 17%. Dal fabbisogno di proteine si può ricavare l'apporto quotidiano raccomandato di 1,2 g di proteine per kg di peso corporeo¹ (Tarnopolsky et al. 1986) - con l'aggiunta di una deviazione standard come integrazione di sicurezza nel caso di eventuali differenze nel fabbisogno individuale, nel grado di digeribilità delle proteine e nella sintesi proteica muscolare (DGE et al. 2000). Che il fabbisogno aggiuntivo, dovuto alla costruzione muscolare, rappresenti solo un decimo dell'integrazione di sicurezza viene dimostrato da questa riflessione: se si presuppone che, attraverso l'allenamento di forza, si ottenga un incremento massimo della massa muscolare di 5 kg all'anno, si può calcolare un aumento del contenuto muscolare di proteine di poco superiore a 1.000 g, in quanto le proteine rappresentano solo un quinto della composizione dei muscoli. Se ciò viene rapportato al peso corporeo di un soggetto ed al numero dei giorni in un anno, ne risulta che il fabbisogno di proteine per la crescita muscolare è minore di 0,04 g per kg di peso corporeo. Perciò, una dieta che preveda una percentuale del 10-15% di proteine è del tutto sufficiente per garantire il rifornimento di aminoacidi ad atleti degli sport di forza che si allenano intensamente. I *body builder*, spesso, coprono oltre il 20% del fabbisogno energetico assumendo proteine (2,8 g per kg di peso corporeo). L'apporto di aminoacidi in eccesso, che non può essere utilizzato dall'organismo per sintetizzare proteine, deve essere demolito ed eliminato. Ciò spiega perché, in 24 ore, nell'urina dei *body builder* si trovano 617 mmol di urea rispetto alle 278 mmol dei soggetti non praticanti sport (Moch, comunicazione personale), anche se il volume di urina del *body builder*, che è di 2.210 ml, è solo di 456 ml superiore a quello dei non praticanti. Per impedire un sovraccarico dei reni, provocato da concentrazioni elevate di urea, agli atleti degli sport di forza, che non vogliono rinunciare ad assumere una quantità più elevata di proteine, si consiglia di raddoppiare la razione giornaliera di liquidi.

Tabella 3 – Valenza biologica* degli alimenti e della loro combinazione

Uovo-patate	136	Fagioli-granturco	99
Uovo-soja	124	Carne bovina-gelatina	98
Uovo-latte intero	119	Latte	92
Uovo-farina	118	Carne di maiale	85
Latte-patate	114	Pollame	80
Uovo-fagioli	108	Patate	76
Latte-segale	100	Cereali	54-65
Soia-miglio	100	Verdure	50
Uova	100	Gelatina	25

* La valenza biologica è una misura della qualità proteica, cioè della quantità di aminoacidi che vanno a costituire le proteine del corpo. Come parametro di riferimento ci si serve dell'uovo, la cui valenza biologica viene considerata, per convenzione, 100.

Tabella 4 – Contenuto di zucchero e sodio delle bevande per sportivi

Isobevande (isotoniche)	Debbono contenere da 45 a 68 g di mono e disaccaridi (o fino a 160 g di polimeri del glucosio) e da 400 a 1.400 mg di sodio; possono essere addizionate di non più di 400 - 1.400 mg di cloruri, da 15 a 225 mg di potassio, da 40 a 225 mg di calcio e da 10 a 100 mg di magnesio.
Succo di frutta diluito (isotonico)	Se il succo di frutta è diluito con acqua minerale in un rapporto da 1:1, ogni litro contiene circa 60 g di zucchero; vanno preferite acque minerali ricche di sodio.
The zuccherato (da ipo ad isotonico)	Ogni litro di the fruttato o di tisana può essere addizionato di 85 g di zucchero; un aspetto negativo è lo scarso contenuto di sodio.
Birra analcolica (ipotonica)	Ogni litro contiene 50 g di maltodestrina e maltosio e 50 mg di sodio; (il sapore stimola a bere; un aspetto negativo è l'effetto diuretico).
Siero di latte zuccherato (ipotonica)	Ogni litro contiene circa 50 g di lattosio e 50 mg di sodio.
Succo di pomodoro (ipotonico)	Ogni litro contiene 15 g di glucosio, di fruttosio e 50 mg di sodio.
Brodo diluito (ipotonico)	Ogni litro contiene 1.020 mg di sodio, per la sua preparazione viene utilizzato un quarto della quantità di sostanza secca indicata (circa 6 g).
Acqua minerale (ipotonica)	Deve contenere da 400 a 1.100 mg di sodio per litro.

5. Le bevande per sportivi

Come abbiamo già esposto dettagliatamente in un precedente articolo (Schek 1996), perdite di sudore da 1,05 fino a 1,5 litri, come quelle che si producono normalmente in attività sportive che durano 60 minuti ed oltre, hanno un effetto limitante sulla prestazione. Maggiore è la perdita di liquidi, dovuta al sudore, maggiore deve essere la rapidità con la quale debbono essere reintegrati. Il tasso massimo di reidratazione di circa 0,8 l/h si ottiene assumendo bevande isotoniche (osmolarità: 290 mmol/kg), che contengono 45-68 g di zucchero e 0,4-1,1 g di sodio per litro. Quindi, le bevande ottimali per una rapida reintegrazione delle perdite dovute al sudore sono quelle isotoniche che rispondono a questi criteri, ottenibili con polverine, oppure già pronte; ad esempio, succhi di frutta diluiti in acqua minerale, che contengono in parti eguali succo di frutta (ad esempio, succo di mela) ed un'acqua minerale ricca di sodio (Schek 2000a). Però, per la reintegrazione dei liquidi durante la pratica sportiva, oltre a quelle isotoniche, si possono assumere anche bevande ipotoniche come thè zuccherato, birra analcolica, succo di pomodoro, brodo diluito ed acque minerali ricche di sodio, in quanto il loro passaggio dallo stomaco all'intestino tenue e di qui al sangue è solo di poco più lento. Inoltre, come quelle isotoniche, le bevande ipotoniche, ad eccezione dell'acqua minerale e del brodo, forniscono quantità non irrilevanti di zuccheri che stabilizzano il tasso di glucosio nel

sangue, come mostrato nella tabella 4. Invece, sono inadatte ad una re-idratazione rapida le bevande ipertoniche, come succhi di frutta non diluiti, spremute di limone, bevande contenenti cola e le bevande cosiddette energetiche, in quanto sottraggono liquidi al corpo, prima che l'acqua ed i nutrienti vengano assorbiti nei tratti inferiori dell'intestino tenue.

6. Preparati contenenti micronutrienti

Le vitamine ed i sali minerali (macro e oligoelementi) vengono commercializzati, da soli o combinati, sotto forma di polveri in bustine, compresse effervescenti, capsule, pillole, ecc. Vi sono casi nei quali si supera fino a dieci volte la quantità raccomandata. Si tratta di megadosi che vanno evitate in quanto possono avere effetti secondari, ad esempio diarrea. *Chi equilibra il suo*

bilancio energetico con una dieta completa, non ha bisogno di integrazioni. Infatti, come abbiamo già spiegato nel 1. paragrafo, nello sport, il fabbisogno specifico di vitamine e di sali minerali non aumenta in modo sproporzionato rispetto all'incremento generale del fabbisogno di energia. Una delle ragioni per le quali ciò avviene, è che l'organismo cerca di risparmiare le sue risorse, come si può vedere dal fatto che - ad eccezione del sodio (Allan, Wilson 1971) - il contenuto di vitamine e sali minerali nel sudore diminuisce con l'aumento della traspirazione. Il lavoro di Eck (1993), da considerarsi rappresentativo per tutte le microsostanze, dimostra che, durante un carico costante al cicloergometro, la concentrazione di magnesio e di calcio nel sudore diminuisce proporzionalmente alla durata dell'attività (cfr. la curva discendente della figura 4). Mentre, in quei soggetti che coprono il loro fabbisogno

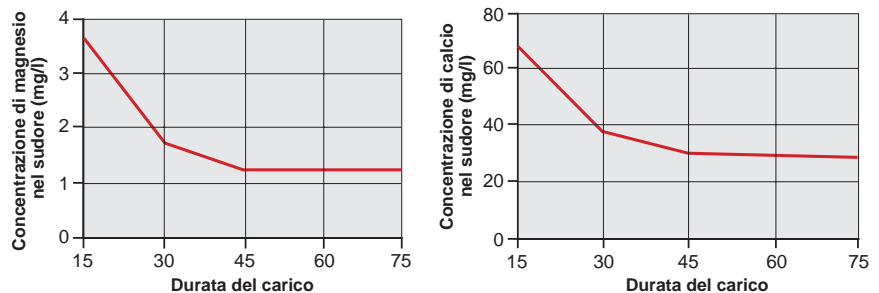


Figura 4 – Concentrazione di magnesio e di calcio nel sudore in funzione dalla durata del carico (Eck 1993)

con la dieta, i preparati con microelementi non producono effetti di miglioramento della prestazione, questo si osserva in quei soggetti che presentano carenze di uno o più nutrienti. Tra i soggetti a rischio, troviamo soprattutto quegli atleti che hanno problemi di mancanza di tempo e quelli che utilizzano per un lungo periodo una dieta ipocalorica, per perdere peso. Un esame clinico è sufficiente a stabilire se vi è una carenza di vitamine o di sali minerali. In questi casi una integrazione è utile. Fra i nutrienti il cui approvvigionamento può divenire critico negli atleti ci sono le vitamine antiossidanti (Tessier, Marconnet 1995), come anche il magnesio, il calcio, il ferro e lo zinco (Brouns 1993). In generale, nella popolazione normale, troviamo una insufficiente assunzione di iodio (Karg 2000). Per questa ragione dovrebbe essere utilizzato il sale iodato ed, almeno una volta alla settimana, ci si dovrebbe alimentare con pesce marino.

Da quando è noto che carichi fisici di durata elevata (ad esempio, la corsa di maratona), possono avere un'azione negativa sulle membrane cellulari e sul materiale genetico cellulare, a causa dello stress ossidativo che producono, nella dieta dell'atleta viene prestata particolare attenzione alla provitamina A (β carotene), alla vitamina C ed alla vitamina E. Le *vitamine antiossidanti* bloccano e neutralizzano i cosiddetti *radicali liberi*, cioè le molecole altamente reattive che si producono per la rottura di legami ossidativi. Per garantire una sufficiente protezione delle cellule di coloro che praticano sport di resistenza ad intensità elevata, si consiglia di nutrirsi, regolarmente, con ortaggi verdi, gialli e rossi e con molta frutta, soprattutto frutti di bosco, pesche ed albicocche.

Se non viene consumata una quantità sufficiente di alimenti vegetali ricchi di carboidrati, si osserva una diminuzione delle riserve di *magnesio*. Oltre che da abitudini alimentari scorrette, ciò è causato soprattutto dalle diete ricche di proteine che vengono consigliate per diminuire di peso o per la costruzione dei muscoli. Le loro conseguenze possono essere crampi muscolari ed altri disturbi di natura neurologica. Per prevenire una carenza di magnesio si raccomanda di alimentarsi con molti ortaggi (pomodori, asparagi, cavolo cappuccio, cavolo verde, fagiolini) insalata, frutti di bosco, latticello e pane integrale.

Se il bilancio energetico è negativo per un periodo prolungato e nella dieta sono scarsamente presenti il latte ed i suoi derivati, si può produrre un deficit di *calcio*. Questo fenomeno sembra colpire soprattutto le atlete fondiste. Un effetto di questa carenza può essere l'insorgere di un

catabolismo precoce del tessuto osseo (osteoporosi). Oltre al latte ed ai suoi derivati (latticello, yogurth, formaggio a pasta morbida, ecc), buone fonti alimentari di calcio sono insalata e ortaggi (cavolo verde, cavolo cappuccio, crauti, fagiolini). La carenza di *ferro* interessa soprattutto i praticanti corsa, specialmente quando seguono una dieta vegetariana. Quando si corre aumenta la distruzione dei globuli rossi nei capillari dei piedi, che produce un aumento dell'escrezione di ferro nel sudore e nell'urina. Inoltre, l'assorbimento intestinale del ferro si riduce della metà. I vegetariani hanno lo svantaggio che del ferro vegetale, privo di eme, viene assorbi-

7. Integratori ergogeni di tipo alimentare

Anche di essi si è già parlato in un precedente articolo (Shek 1995), per cui, in questa sede, forniremo solo un aggiornamento. Senza accampare pretese di completezza, la tabella 5 fornisce un quadro dei prodotti attualmente disponibili. Per non andare oltre ai limiti di questo articolo, qui di seguito forniremo dei brevi *flash* sui più popolari integratori ergogeni di tipo alimentare: creatina, caffeina, piruvato, L-carnitina, aminoacidi ramificati, β -idrossi- β -metilbutirrato, trigliceridi a catena media ed acido linoleico coniugato.

Tabella 5 – Quadro riassuntivo delle sostanze ergogene di tipo alimentare attualmente in commercio

<i>Principi attivi e prodotti endogeni del metabolismo</i>	Creatina, inosina, piruvato, acido α -lipionico, idrossicitrato (HCA), Coenzima Q 10, L- carnitina, colina, inositolo, acido orotico,
<i>Grassi</i>	β -idrossi- β -metilbutirrato (HMB). Trigliceridi a catena media (MCT), acido linoleico coniugato (CLA).
<i>Aminoacidi</i>	Taurina, aminoacidi ramificati (BCAA), triptofano, acido aspartico, arginina, ornitina.
<i>Elettroliti</i>	Sodio (sale), magnesio, calcio, potassio, fosforo.
<i>Elementi traccia</i>	Ferro, zinco, selenio, rame, cromo.
<i>Vitamine</i>	"ACE", acido folico, vitamina B ₁₂ .
<i>Sostanze vegetali secondarie</i>	Flavonoidi
<i>Enzimi</i>	Bromelaina, papaina
<i>Alcaloidi</i>	Caffeina

to solo l'8% (il tasso di assorbimento può essere aumentando assumendo vitamina C) a differenza del ferro eme d'origine animale, che può essere assorbito fino al 23%. Una carente presenza di ferro si manifesta in una riduzione dell'emopoiesi, cui fa seguito una limitazione del trasporto di ossigeno, che ha un effetto negativo sulla prestazione. Buone fonti alimentari di ferro animale sono la carne, il pollame ed il pesce, mentre buone fonti vegetali sono l'insalata, gli ortaggi (asparagi, cavolo verde, cavolfiore, crauti, fagiolini, pomodori, rafano) ed i frutti di bosco.

Un aumento del carico fisico e dello stress incrementano il fabbisogno di *zinco*, la cui carenza è accompagnata da inappetenza, ritardi nella cicatrizzazione delle ferite ed una maggiore predisposizione a contrarre malattie infettive. Quest'ultima può portare a peggioramenti della prestazione. Una quantità relativamente elevata di zinco viene fornita dai formaggi (Edamer, Gouda, Tilsiter, Camembert, ecc.), dai cereali (germi di grano, fiocchi d'avena, riso, cracker di segala), dalla carne, dal pollame, dalle uova, dal pesce (anguilla, luccio, salmone) e dagli ortaggi (granoturco, rafano, cavoletti di Bruxelles, ecc.).

• Quale sia l'azione della *creatina* sulla prestazione sportiva è stato discusso di recente in un nostro articolo (Shek 2000b): un trattamento da 3 a 7 giorni, nel quale vengano assunti, sotto forma di polvere o di compresse, da 20 a 30 g/die di questa sostanza differisce la comparsa della fatica in carichi ripetuti di breve durata e di intensità elevata. Ciò permette di aumentare il lavoro di allenamento, producendo così un più rapido aumento della massa muscolare e della forza massimale. Però, questo effetto lo si osserva solo sulla metà dei soggetti ed è tanto più marcato, quanto minori sono le concentrazioni muscolari iniziali di creatina. Un aspetto negativo è l'accumulo di acqua nelle cellule muscolari, che produce un aumento del peso corporeo di circa 2 kg. Inoltre, l'aumento della pressione nelle cellule muscolari accresce il rischi di lesioni, così come, dopo l'assunzione di creatina si possono presentare crampi muscolari e diarrea. Inoltre è noto un caso di insufficienza renale acuta a seguito dell'utilizzazione prolungata di creatina.

• Una buona rassegna sull'utilizzazione della *caffeina* a scopo ergogeno è fornito da Spriet (1995). La caffeina è un alcaloide

presente nel caffè (da 60 a 120 mg a tazza), nel the, nelle bevande contenenti cola, nelle bevande energetiche (80 mg/250 ml), nel cacao e nel guarana, ma si trova in commercio anche sotto forma di compresse da masticare. Se ne vengono assunti almeno 9 ml per kg di peso corporeo, permette un risparmio di glicogeno nei primi quindici minuti di un carico di durata superiore ad un'ora. Probabilmente, la caffeina differisce anche la fatica muscolare, in quanto influisce positivamente sul rapporto tra sodio e potassio nei muscoli. La sua azione eccitante, che si presenta da 30 a 60 min dopo che ne è stata assunta una dose da 50 a 200 mg, e che è più o meno accentuata a seconda del grado di assuefazione, incrementa l'attenzione e la capacità di reazione. Contemporaneamente, però, la caffeina svolge un'azione diuretica e broncocostrittiva. In soggetti particolarmente sensibili, una dose superiore ai 250 mg provoca eccitabilità, nervosismo, irrequietezza, ansia, insonnia, diarrea, brividi e/o mal di testa. 600 mg di caffeina sono sufficienti perchè venga superata la soglia considerata doping di 12ml/l, ma in caso di disidratazione è sufficiente assumerne una quantità minore per raggiungere questo valore soglia.

- Il *piruvato* viene commercializzato in soluzioni contenute in fiale da assumere per via orale. Finora ne sono stati studiati gli effetti sulla capacità di prestazione di resistenza e sulla composizione corporea, ma solo in soggetti non allenati. Stanko et al. (1990) hanno dimostrato che l'assunzione, rispettivamente, di 25 g di piruvato e di 75 g di diidrossiacetone (glicerone) - un prodotto della trasformazione del piruvato - per un periodo di 7 giorni, precedenti un carico di resistenza protratto fino all'esaurimento, aumentava la capacità di prestazione del 20%. Nel quadro di una dieta ricca di carboidrati (55-70% del fabbisogno di energia), la sostituzione del 15% degli alimenti contenenti carboidrati



con piruvato e diidrossiacetone produceva un maggiore assorbimento del glucosio ematico da parte della muscolatura degli arti superiori ed inferiori. La durata dell'assorbimento del glucosio nei muscoli veniva prolungata, mentre non veniva influenzata l'ossidazione per unità di tempo dei carboidrati e dei grassi. Probabilmente, l'integrazione con precursori del glucosio stimola la gluconeogenesi e la sintesi epatica di glicogeno. Però è oggetto di discussione se, ad una integrazione con piruvato e diidrossiacetone - che nelle quantità citate può provocare diarrea - per vari giorni, precedenti una attività intensa di resistenza, non sia da preferire una regolare reintegrazione del glucosio durante l'attività stessa, se si pensa che, in soggetti allenati, tale reintegrazione migliora la capacità di prestazione in misura analoga. Stanko et al. (1992), inoltre, hanno studiato quale fosse l'effetto di un supplementazione di 30 g/die di piruvato e di diidrossiacetone sulla composizione corporea di

sulle ipotesi sul meccanismo d'azione. In questa sede, ci limitiamo a notare che, nella pratica, vengono utilizzate dosi (da 3 a 6 g di piruvato/die) molto inferiori a quelle degli studi che abbiamo citato.

- Anche la *L-carnitina* è stata oggetto di un nostro articolo (Schek 1994). Anche di questa sostanza, commercializzata in bustine, compresse da masticare, capsule o sciroppo, si afferma che se viene assunta in dosi di 1-2 g/die agirebbe da "brucia grassi" che potrebbe servire sia agli atleti degli sport di resistenza sia a coloro che vogliono ridurre il peso (grasso). Ad ogni modo, alla base dell'effetto che viene propagando, c'è il presupposto che la carnitina acceleri l'ossidazione degli acidi grassi, effetto evidenziabile dalla riduzione del quoziente respiratorio (QR). Ma non è così, perchè, a differenza dell'allenamento di resistenza, i supplementi di carnitina non aumentano la disponibilità cellulare di ossigeno o di acidi grassi. E neppure influenzano sulla velocità di trasporto degli acidi

grassi attraverso le membrane interne dei mitocondri, poichè la concentrazione cellulare di carnitina viene mantenuta costante entro stretti limiti. Per cui, non c'è da stupirsi se, in studi a doppio cieco ben controllati, non si è riusciti a provare l'esistenza di effetti positivi della carnitina sulla capacità di prestazione di resistenza o sulla combustione dei grassi.

- Gli *aminoacidi ramificati* (*Branched Chain Amino Acids, BCAA*) - valina, leucina ed isoleucina - che si possono trovare in commercio sotto forma di compresse, dovrebbero essere utili sia agli atleti degli sport di resistenza, sia a quelli degli sport di forza, da un lato, perchè ritarderebbero la "fatica a livello centrale" e dall'altro, perchè svolgerebbero un' "azione anticatabolica". L'ipotesi anti-affaticamento" (Blomstrand et al. 1991) si basa sull'osservazione che, nei carichi intensivi di resistenza, la concentrazione ematica di BCAA - a causa, di un aumento del consumo di questi aminoacidi nel muscolo scheletrico per produrre energia - diminuisce, per cui aumenta il rapporto tra triptofano e BCAA nei compartimenti liquidi intra- ed extracellulari. Secondo gli Autori, ciò dovrebbe produrre un incremento nel trasporto del triptofano nel cervello, dove questi aminoacidi possono essere trasformati in serotina, un neurotrasmettitore considerato responsabile dell'affaticamento centrale. Questa ipotesi viene contraddetta da Van Hall et al. (1995), che hanno dimostrato che, durante un carico di due ore al cicloergometro, la prestazione non veniva né migliorata da una integrazione di BCAA, né peggiorata da una integrazione di triptofano. Per quanto riguarda l'azione dei BCAA sul metabolismo muscolare delle proteine, in una ricerca condotta su animali (cani), ai quali venivano iniettati BCAA, dopo un digiuno di 24 h, è stato dimostrato che soprattutto la leucina diminuiva il catabolismo delle proteine, ma contemporaneamente aumentavano i processi ossidativi, per cui non si produceva alcuna sintesi proteica (Frexes-Steed et al. 1992).

Un effetto "anticatabolico" viene attribuito anche ad un derivato della leucina, il β -idrossi-metilbutirrato (HMB), che viene commercializzato in capsule. Una dose da 1,5 a 3,0 g/die ridurrebbe l'insorgere di danni muscolari provocati da un allenamento intensivo della forza (Nissen et al. 1996). Una valutazione di questa affermazione è difficile, in quanto mancano studi definitivi in merito. Si sa che l'HMB è una sostanza di partenza per la sintesi del colesterolo.

- Per quanto riguarda i *trigliceridi a catena media* (*Medium Chain Triglycerides,*

MCT), che generalmente vengono commercializzati in forma liquida, si tratta di grassi costituiti da glicerolo, esterizzato con tre acidi grassi di una catena di 6, 8, 10 o 12 atomi di carbonio. Vengono assorbiti e metabolizzati più rapidamente di quanto non avvenga per i trigliceridi a catena lunga (*Long Chain Triglycerides, LCT*). L'effetto degli MCT sulla prestazione sportiva è stato riassunto da Jeukendrup (1996): essi accelerano lo svuotamento dello stomaco dopo l'assunzione di bevande contenenti carboidrati, aumentando in questo modo la disponibilità di energia. Però, già quando si assumono da 15 a 30 g di MCT si presentano effetti secondari come diarrea, crampi addominali, nausea e senso di vertigine. La massima percentuale misurata di MCT nel metabolismo energetico complessivo è inferiore all'8% (in caso di deplezione totale delle riserve di glicogeno). Per quanto riguarda gli sport di resistenza, viene postulato che una integrazione con MCT aumenti la concentrazione di acidi grassi nel plasma, per cui viene risparmiato glicogeno e così potrebbe esserne differito l'esaurimento. Però, in diverse ricerche, non si è riusciti a confermare questa ipotesi (probabilmente perchè una dose inferiore ai 30 g non è sufficiente). I *body builder* che, nella preparazione dei cibi, come fonte alternativa ai grassi utilizzano gli MCT invece dei LCT, lo fanno in quanto sperano in una diminuzione di peso. Però, non ci sono studi che possano provare questo effetto. Gli argomenti a suo favore si basano su uno studio condotto su ratti che ha dimostrato che, in una alimentazione complessivamente ipercalorica, gli MCT, rispetto ad una quantità di LCT di pari potere calorico, produrrebbero un minore aumento di peso, la qual cosa viene attribuita ad un aumento della produzione di calore.

- L'*acido linoleico coniugato* (*Coniugate Linoleic Acid, CLA*), che viene commercializzato in capsule, dovrebbe servire agli atleti praticanti sport di forza per aumentare la massa magra e, contemporaneamente, diminuire il grasso corporeo. Però, finora, è stata dimostrata un'azione positiva di dosi elevate di CLA sulla composizione corporea solo in pulcini e topi in fase di accrescimento. Gli Autori suppongono che il CLA diminuisca il catabolismo muscolare (Pariza et al. 1996) od aumenti l'ossidazione degli acidi grassi nel tessuto adiposo (Park et al. 1997). Però, rimane aperto il problema di quali sarebbero i meccanismi biochimici di regolazione di questi adattamenti. Non conosciamo quali possibili differenze vi siano nell'azione dei diversi isomeri del CLA, e così pure sappiamo poco su effetti secondari indesiderati provocati da dosaggi elevati.

8. Riepilogo

Per quegli atleti che utilizzano più di 4.000 kcal per la loro attività sportiva (con un dispendio energetico totale di oltre 6.000 kcal/die), gli integratori alimentari rappresentano una necessità, in quanto - se si tiene conto dei loro elevati volumi di allenamento - il loro fabbisogno di energia e di nutrienti non può essere coperto soltanto attraverso una alimentazione completa ed equilibrata. Invece, per quanto riguarda gli effetti positivi degli stessi prodotti, o di prodotti simili, sulla capacità di prestazione di atleti o di praticanti sport a livello non competitivo, che consumano quotidianamente meno di 3.000 kcal, così vantati dalla pubblicità, si tratta di una strategia di mercato che ha solo l'obiettivo di aumentarne la vendita. Chi pratica sport a livello non competitivo non ha bisogno di questi prodotti e gli atleti ne hanno bisogno solo in casi eccezionali. Un'alimentazione che sia adeguata ai bisogni dell'atleta, basata sulle 10 regole della Società Tedesca per l'Alimentazione (*Deutschen Gesellschaft für die Ernährung, DGE*), riportate nella tabella 1, fornisce un contributo essenziale alla capacità di prestazione fisica.

Dunque, che i prodotti usati come integratori alimentari possano migliorare la capacità di prestazione sportiva rappresenta solo una pia illusione.

Note

(1) Per mantenere una determinata massa muscolare, soggetti non allenati devono assumere più proteine dei soggetti allenati, come hanno dimostrato Lemon et al. (1992) e Tarnopolsky et al. (1992), con studi basati sul bilancio dell'azoto, condotti su 12 soggetti che avevano svolto un allenamento sistematico della forza per due mesi (con sei allenamenti settimanali di 1,5 ore ciascuno). Un apporto giornaliero di 0,8 g/kg di peso corporeo non era sufficiente a evitare la demolizione delle proteine muscolari, mentre lo era un apporto giornaliero di 1,4 g/kg di peso corporeo. D'altra parte, un ulteriore incremento fino a 2,4 g/kg di peso corporeo, non portava alcun vantaggio, rispetto all'apporto di 1,4 g/kg di peso corporeo al giorno. In caso di apporto maggiorato aumentava l'ossidazione della leucina.

Traduzione di M. Gulinelli da *Leistungssport*, 5, 2001, revisione terminologica di C. Pesce. Titolo originale: *Nahrungsergänzungsmittel im Leistungssport: Notwendigkeit oder Marketing-Strategie?*

L'autore: Dr. oec. troph. Alexandra Schek Mühlstraße 11, 35390 Gießen

Bibliografia

- Allan J. R., Wilson C. G., Influence of acclimatization on sweat sodium concentration, *J. Appl. Physiol.*, 30, 1971, 708-712.
- Blomstrand E., Hassmen. P., Ekblom B., Newsholme E. A., Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise - effects on performance and on plasma concentration of some amino acids, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 63, 1991, 83-88.
- Brouns F., Die Ernährungsbedürfnisse des Sportlers, Berlino, 1993.
- Buzina R., Suboticane K., Vitamin C and physical working capacity, *Int. Ztschr. Vit. Ernährungsforsch.*, 27, 1985, 157-166.
- Costill D. L., Coyle E., Dalsky G. et al., Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise, *J. Appl. Physiol.*, 43, 1977, 695-699.
- DGE, ÖGE, SGE, SVE (a cura di), Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Francoforte sul Meno, 2000.
- DGE, "10 Regeln der DGE" in aktuellem Gewand, *Ernährungs-Umschau*, 47, 2000, 309 f.
- Eck P., Untersuchung zur Ausscheidung der Mineralstoffe Kalzium und Magnesium im Schweiß bei einer Ausdauerbelastung, Lavoro di diploma, Gießen, 1993.
- Evans W. J., Fisher E. C., Hoerr R. A., Young V. R., Protein metabolism and endurance exercise, *The Phys. Sportsmed.*, 1983, 11, 63-72.
- Frexes-Steed M., Lacy D. B., Collins J., Abumrad N.N., Role of leucine and other amino acids in regulating protein metabolism in vivo, *Am. J. Physiol.*, 262, 1992, E925-E935.
- Gleeson M., Maughan R.J., Greenhaff P.L., Comparison of the effects of preexercise feeding of glucose, glycerol and placebo on endurance and fuel homeostasis in man, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55, 1986, 645-653.
- Gontzea I., Sutzescu P., Dumitrache S., The influence of muscular activity on the nitrogen balance and on the need of man for proteins, *Nutr. Rep. Int.* 10, 1974, 35-43.
- Herrmann H.-J., Biokinetische Untersuchung zum Proteinbedarf bei Kraftsportlern, Dissertation, Gießen, 1995.
- Jeukendrup A.E., MCT in der Ernährung des Sportlers, *Insider* 4/3, 1996, 1-6.
- Karg G., Ernährungssituation in der Bundesrepublik Deutschland, in DGE (a cura di), *Ernährungsbericht 1996*, Francoforte sul Meno, 1996, 17-65.
- Karg G., Ernährungssituation in Deutschland. In: DGE (a cura di), *Ernährungsbericht 2000*, Francoforte sul Meno 2000, 17-79.
- Kirnich T., *Pyrovatin-Extra*, *Leistungssport*, 31, 2001, 5, 17-21.
- Lemon P. W. R., Mullin J. P., Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise, *J. Appl. Physiol.*, 48, 1980, 624-629.
- Lemon P. W. R., Tarnopolsky M. A., Macdougall J. D. J., Atkinson S. A., Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders, *J. Appl. Physiol.*, 73, 1992, 767-775.
- Meredith C. N., Zackin M. J., Frontera W. R. et al., Dietary protein requirements and body protein metabolism in endurance-trained men, *J. Appl. Physiol.*, 66, 1989, 2850-2856.
- Moch K.-J., Proteinbedarf im Leistungssport, *Leistungssport*, 20, 1990, 3, 52-54.
- Moch K.-J., Kübler. W., Bioverfügbarkeit von Aminosäuren aus einigen industriell gefertigten proteinhaltigen Produkten, *Z. Ernährungswiss.*, 32, 1993, 2-20.
- Moch, K.-J., comunicazione personale, Gießen, 1994.
- National Research Council, Recommended Dietary Allowances, Washington, D.C., 1989, 55.
- Nissen S., Sharp R., Ray M. U.A., Effect of leucine metabolite β -hydroxy- β -methylbutirate on muscle metabolism during resistance-exercise training, *J. Appl. Physiol.*, 8, 1996, 2095-2104.
- Pariza M. W., Park Y., Cook M. et al., Conjugated linoleic acid (CLA) reduces body fat, *FASEB J.*, 1996, A 560.
- Park V., Albright K. J., Liu W. et al., Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice, *Lipids*, 32, 1997, 853-858.
- Saris W. H. M., Van Erp Baart M. A., Brouns F., Sterterp K., Ten Hoor F., Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France, *Int. J. Sports Med.*, 10, Suppl., 1989, S26-3.
- Schek A., Ist eine L-Carnitin-Substitution bei Sportlern sinnvoll?, *Leistungssport*, 24, 1994, 2, 29-35.
- Schek A., Ernährungsbezogene Leistungsförderer, *Leistungssport*, 25, 1995, 2, 4-11.
- Schek A., Sportlergetränke - Rehydratation: Wer, wann, womit?, *Leistungssport*, 26, 1996, 4, 25-29.
- Schek A., Kohlenhydrate in der Ernährung des Ausdauersportler, *Leistungssport*, 27, 1997, 6, 15-19.
- Schek A., Ernährungslehre kompakt, Francoforte sul Meno, 1998.
- Schek A., Sportlergetränke, *Ernährungs-Umschau*, 6, 2000a, 228-234.
- Schek A., Kreatin-Supplemente für jedermann? *Leistungssport*, 30, 2000b, 2, 58-62.
- Sherman W. M., Metabolism of sugar and physical performance, *Am. J. Clin. Nutr.*, 62, 1995, 228S-241S.
- Spriet L. L., Caffeine and performance, *Int. J. Sports Nutr.*, 5, Suppl., 1995, 84-99.
- Stanko R. T., Robertson R. J., Galbreath R. W. et al., Enhanced leg exercise endurance with a high-carbohydrate diet and dihydroxyacetone and pyruvate, *J. Appl. Physiol.*, 69, 1990, 1651-1656.
- Stanko R. T., Tietze D. L., Arch J. E., Body composition, energy utilization, and nitrogen metabolism with a MJ/d low-energy diet supplemented with pyruvate, *Am. J. Clin. Nutr.*, 56, 1992, 630-635.
- Tarnopolsky M. A., Macdougall J. D., Atkinson S. A., Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass, *J. Appl. Physiol.*, 64, 1988, 187-193.
- Tarnopolsky M. A., Atkinson S. A., Macdougall U.A., Evaluation of protein requirements for trained strength athletes, *J. Appl. Physiol.*, 73, 1992, 1986-1995.
- Tessier F., Marconnet P., Radicaux libres, systèmes antioxydants et exercice, *Science & Sports*, 10, 1995, 1-13.
- Van Hall G., Raaymakers J. S. H., Saris W. H. M., Genmakers A. J. M., Ingestion of branched-chain amino acids and tryptophan during sustained exercise - failure affect performance, *J. Physiol.*, 486, 1995, 789-794.

Gudrun Fröhner, Klaus Wagner
*Istituto di scienze applicate
all'allenamento, Lipsia*

Peso corporeo e costituzione fisica nello sport

L'importanza della
tipologia di costituzione
fisica nello sviluppo a
lungo termine della
prestazione sportiva

Se si vogliono costruire ed ottenere risultati sportivi elevati a lungo termine, occorre tenere conto delle caratteristiche costituzionali, cioè dei somatotipi, degli atleti. Partendo da questa constatazione, questo lavoro si pone l'obiettivo di dimostrare, oggettivamente, l'esistenza di tipologie diverse di costituzione fisica nei diversi sport, di rilevare i fenomeni di cambiamento delle caratteristiche costituzionali durante lo sviluppo ed in relazione all'età, ed infine di esaminare se determinati somatotipi comportino una tendenza a sviluppare determinate masse corporee.

1. Introduzione

In molti sport, con l'aumento dei risultati, si nota sempre più frequentemente, che il loro sviluppo è legato ad una precisa tipologia costituzionale, cioè ad un ben determinato somatotipo. Questo fenomeno può essere attribuito, ad esempio, alle leggi biomeccaniche che sono alla base di determinate tecniche sportive, oppure a processi fisiologici, che sono tra loro diversi e dipendono dai movimenti che vengono richiesti. Per questa ragione, in alcuni sport e in alcune discipline sportive, le proporzioni del corpo assumono una notevole importanza per quanto riguarda la possibilità di movimento. Ad esempio, sono evidenti le maggiori probabilità di riuscita delle quali dispongono giocatori di pallacanestro o di pallavolo di statura molto elevata, oppure i ginnasti di statura bassa o media. Pertanto, in alcuni sport, le caratteristiche costituzionali degli atleti rappresentano un elemento d'importanza

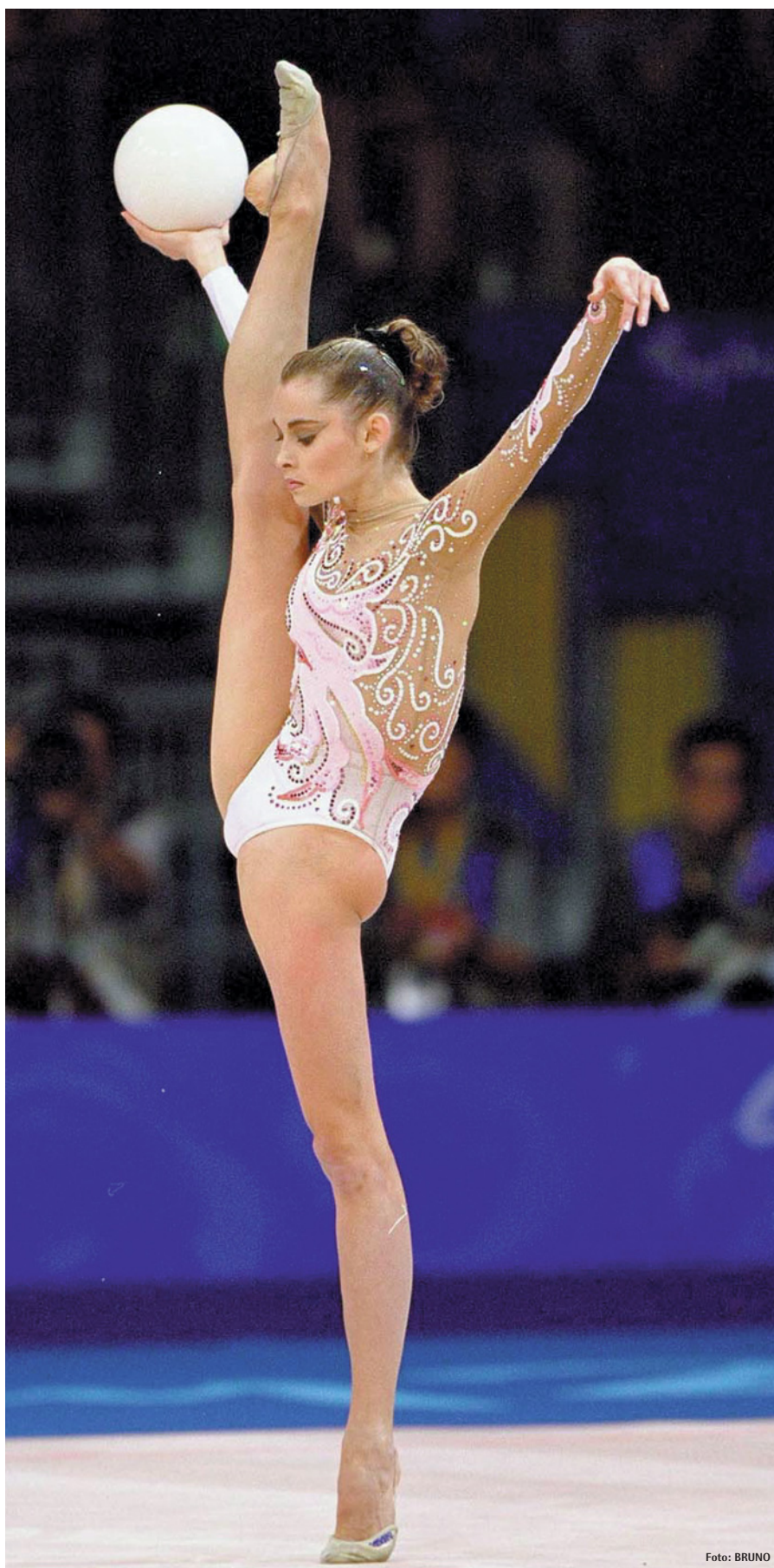


Foto: BRUNO

fondamentale per ottenere elevati risultati sportivi.

Per questa ragione, nello sport di vertice, incontriamo spesso questo problema: quando si inizia, precocemente, a costruire la prestazione sportiva a lungo termine in un determinato sport od in una determinata disciplina sportiva, nella quale le probabilità di ottenere risultati elevati aumentano insieme a determinate caratteristiche somatiche, durante alcune fasi dello sviluppo, cronologicamente limitate, risultati eccezionali possono essere ottenuti anche da quegli atleti che presentano misure antropometriche non ideali, o che le presentano solo temporaneamente, grazie allo sviluppo. Talvolta, solo dopo lunghi anni di impegno, si nota che le prestazioni in un determinato sport o disciplina sportiva possono essere incrementate solo limitatamente, a causa di fattori costituzionali. Non sempre ciò viene accettato senza che insorgano problemi psicologici. Però, non è raro osservare che, nel caso di una tipologia costituzionale diversa da quella ottimale per lo sport o la disciplina sportiva praticata, vengono compiuti sforzi per modificare tali presupposti somatici, non propriamente idonei: ciò riguarda, soprattutto la massa corporea e soprattutto le "famigerate" percentuali di grasso. Ma, in questo modo si possono produrre, addirittura, disturbi alimentari, che possono manifestarsi sotto forma di anoressia o di bulimia, con i relativi pericoli per la salute. Nel rapporto con gli atleti, riconoscere l'individualità del loro corpo richiede sempre una sufficiente capacità di sua accettazione. Ciò vuole dire che, se si vogliono garantire la salute e con essa la prestazione sportiva, quando si cerca di modificare la massa corporea di un atleta è necessario considerarne non soltanto l'età ed il livello di maturazione, ma anche la tipologia costituzionale.

Per questi motivi abbiamo affrontato la problematica: "tipologia costituzionale e sport". Ed attraverso l'esposizione dei risultati del nostro studio, siamo in grado di dimostrare che, se si vuole garantire uno buono stato di salute, la capacità di carico e la prestazione sportiva, è assolutamente necessario prendere in considerazione i fattori costituzionali. Se si segue un indirizzo di pensiero, secondo il quale, per prevenire alterazioni negative delle funzioni dell'organismo, è importante non solo valutare i parametri di stato attuali, ma anche individuare precocemente quei segnali che precedono i disturbi, trattare questo tema vuole rappresentare un contributo alle osservazioni ed ai metodi di assistenza che accompagnano l'allenamento, durante la costruzione a lungo termine del risultato sportivo.

Nel quadro di una valutazione antropometrica si offrono molteplici possibilità di formulare consigli, basati sui risultati ottenuti, come anche di utilizzarli in senso preventivo. Ciò è particolarmente evidente, quando si affronta il problema della valutazione della corretta massa corporea oppure dello sviluppo della statura.

Oggi, come in passato, si presentano sempre problemi quando si interpretano alcuni parametri di stato attuali, ad esempio l'indice di massa corporea (*Body Mass Index*, d'ora in poi *BMI*). Un BMI con valori limite, non necessariamente comporta la diagnosi di anoressia o di adiposità. Per questa ragione abbiamo approfondito la ricerca di spiegazioni e di possibilità di miglioramento della valutazione e dei consigli che se ne ricavano. Ciò ci ha condotto all'analisi della caratteristica *tipologia costituzionale* (cioè del somatotipo), soprattutto in riferimento alla massa corporea. Dalle informazioni ricavate da questa analisi ci aspettavamo un miglioramento dei mezzi d'interpretazione.

Soprattutto per la popolazione degli atleti e delle atlete si è dimostrata necessaria una più precisa base di valutazione, poiché in alcuni sport, in parte, troviamo l'espressione di caratteristiche costituzionali estreme. Però, ad esempio, in base a leggi biomeccaniche sono proprio esse che offrono agli atleti la possibilità di ottenere risultati migliori. D'altra parte, spesso, proprio i somatotipi estremi, caratteristici di alcuni gruppi di discipline sono valutati secondo una norma generale, sebbene esista una norma individuale, specifica di un sport, secondo la quale non corrispondono a valori patologici ed a particolari pericoli di alterazioni della salute. La costituzione fisica è espressione della morfologia del corpo di una persona, soprattutto di quella geneticamente determinata. Il concetto *tipo di costituzione* o *somatotipo* indica che determinati principi di crescita sono legati a determinate direzioni che, a loro volta, esprimono le tipiche caratteristiche somatiche individuali (Conrad 1963), che, in generale, si riferiscono a certe funzioni, qualità o capacità di prestazione.

Nella popolazione normale troviamo grandi differenze fisiche. Però, l'esperienza ci insegna che la valutazione dei parametri di stato attuali, generalmente, viene realizzata in base ad un unico criterio e, per questo, può risultare erronea. Queste riflessioni non sono una novità. L'importanza del tenere conto del tipo di costituzione fisica ci è stata tramandata dall'antichità. Il riferimento alla costituzione fisica, per quanto riguarda i diversi parametri di stato del corpo, la frequenza con la quale si presentano le diverse malattie, od i loro stadi iniziali, si ricollegano al nome di Ippocrate.

Nell'ultimo secolo sono stati fondamentali i lavori di Kretschmer (1921), Sheldon (1940) e Conrad (1963).

Già Aristotele, Platone e, soprattutto Filostrato, ricordavano le diversità di costituzione fisica degli atleti e le loro relazioni con alcune capacità o prestazioni atletiche (Knussmann 1988). Il corridore di fondo veniva descritto con spalle e nuca potenti, ma gambe esili e leggere. Tanner (1964) ed anche Kunze, Hughes, Tanner (1972) hanno esaminato la costituzione degli atleti che hanno partecipato ai Giochi olimpici del 1960 e del 1972, ed hanno individuato tipologie costituzionali tipiche nelle varie discipline. Tittel, Wutscherk (1972) hanno trattato esaurientemente l'antropometria applicata alla sport, con informazioni sui suoi metodi e descrivendo i diversi somatotipi che si trovano nelle varie discipline. Bernhard, Jung (1998) hanno fornito un'ampia panoramica generale degli obiettivi e dei metodi dell'antropometria applicata allo sport ed hanno, inoltre, riferito i risultati relativi a corridori e sciatori.

Nelle nostre ricerche, abbiamo perseguito tre obiettivi principali:

- provare, oggettivamente, ancora una volta che, nelle diverse discipline sportive, esistono vari somatotipi e che è possibile rappresentare le loro espressioni individuali anche in caso di somatotipi estremi.
- Inoltre, si voleva verificare, oggettivamente, se, dal punto di vista delle possibilità di cambiamento, si riuscivano a differenziare fenomeni legati al tipo di costituzione nel processo di crescita e di sviluppo. Infatti, quegli indici che sono scarsamente soggetti a cambiamento possono essere più facilmente utilizzati per prevedere le future caratteristiche fisiche, rispetto a quelli fortemente dipendenti dall'età, ovvero dalla maturazione. In generale, ai fini di una valutazione concreta dei futuri sviluppi della costituzione fisica, questi ultimi indici vanno considerati non riferendoli solo ad un periodo d'età, ma anche al livello di maturazione.
- Infine, volevamo verificare se le diverse tipologie costituzionali presentano tendenze a differenti rapporti tra masse corporee/statura e a diversità nelle somme delle pliche cutanee, cioè a percentuali diverse di grasso.

Dai risultati delle nostre ricerche ci attendevamo informazioni che permettessero una valutazione più precisa di questi valori nella pratica. Attraverso l'utilizzazione degli indici antropometrici, se ci si riferisce alla tipologia costituzionale, alla dinamica della crescita e della maturazione si ha

l'opportunità di migliorare la valutazione individuale e il rilevamento di rischi per la salute e lo stato psicofisico. Però, lo scopo della nostra ricerca non era solo quello di trovare *differenze nelle tipologie costituzionali* tra le varie discipline e le loro *particolarità nello sviluppo*, ma soprattutto quello di potere utilizzare una valutazione più precisa dei parametri di stato, per vari somatotipi, soprattutto per quelli estremi e per i valori rilevati. L'idea guida è che è necessaria l'accettazione dell'*impronta individuale del corpo*, che richiede attenzione soprattutto nel caso di carichi elevati. Infine, l'elaborazione dei dati sulle tipologie costituzionali intende fornire, in un momento precoce dello sviluppo biologico, *informazioni relative all'esistenza di presupposti costituzionali* verso l'ottenimento di prestazioni in un dato sport. Ciò si rivela particolarmente necessario in tutti quegli sport o discipline sportive, nelle quali specifici presupposti nella costituzione fisica rappresentano la possibilità che si riescano ad ottenere i risultati voluti, mentre scostamenti notevoli da tali presupposti favorevoli non solo limitano la possibilità di evoluzione positiva dei risultati, ma aumentano i pericoli di alterazione della salute o di problemi di natura psicologica. Inoltre, si presume che, attraverso una corretta valutazione delle caratteristiche e dello sviluppo fisico e tenendo conto del somatotipo, nella valutazione della massa corporea, della somma delle pliche cutanee, delle percentuali di grasso e dei relativi indici di massa corporea, sia possibile ottenere informazioni oggettive che contribuiscono a limitare i disturbi alimentari. Per l'oggettivazione delle morfologie e la conseguente classificazione dei tipi di costituzione ci siamo serviti della metodica messa a punto da Conrad (1963).

2. Il metodo di valutazione delle tipologie costituzionali di Conrad

Conrad (1963) ha messo a punto il sistema di coordinate delle tipologie costituzionali rappresentato nella figura 1, che ci è sembrato adeguato per documentare oggettivamente le caratteristiche costituzionali del corpo. Per valutare i vari tipi di costituzione fisica, Conrad ha descritto una variante primaria ed una secondaria della tendenza di crescita del corpo. La *variante primaria* è determinata dai poli estremi *tipo leptomorfo* e *tipo picnomorfo*, mentre le morfologie intermedie vengono da lui definite *metromorfe*.

Con *leptomorfo* si indica una forte tendenza ad un corpo longilineo, con scarsa crescita in larghezza, con predisposizione alla magrezza.

In contrapposizione, Conrad ha definito *picnomorfo* quel tipo di costituzione nel quale prevale una notevole crescita in larghezza, a costo di una minore crescita in lunghezza. Il corpo tende alla pinguetudine.

La *variante secondaria* della tendenza di crescita del corpo è rappresentata da due poli estremi, cioè dal tipo di costituzione fisica *ipoplastico* (tipo debole, astenico, esile) ed *iperplastico* (tipo atletico, robusto). Tra questi due poli si trovano forme intermedie, definite *plastiche*.

Per caratterizzare quantitativamente le tendenze di crescita da leptomorfo a picnomorfo, Conrad si è servito dell'*indice metrico*, i cui principi erano stati elaborati da Strömgen (cfr. Conrad 1963) che si basa sull'utilizzazione del diametro trasverso e di quello sagittale (antero-posteriore) del torace in relazione alla statura. Visivamente, ci si può rappresentare la possibilità di differenziazione attraverso queste misure, in quanto, generalmente, è nota la gabbia toracica ampia e sottile del soggetto leptomorfo e quella profonda ed ampia del soggetto picnomorfo. Servendosi di questo indice, in un sistema di coordinate è stata effettuata una suddivisione in nove classi diverse, dalla classe A alla I, nella quale la classe A rappresenta la tipologia più picnomorfica e quella I quella accentuatamente leptomorfica. Nella classe E sono rappresentati quei tipi di costituzione fisica che sono precisamente metromorfi. Tutti i valori che si trovano al di fuori dei due poli sono classificati nelle classi Ultra A ed Ultra I.

I poli ipoplastico ed iperplastico o le forme intermedie sono classificati attraverso l'*indice plastico*. Quest'ultimo prevede una misura di larghezza e due circonferenze: la larghezza delle spalle, la circonferenza dell'avambraccio (misurata all'altezza del gomito con il braccio esteso) e della mano. L'indice è rappresentato dalla somma di questi valori e viene differenziato in classi da 1 a 9. La classe 1 rappresenta la tipologia costituzionale estremamente ipoplastica e la 9 quella estremamente iperplastica. I valori che non rientrano in queste classi sono classificati com Ultra 1 ed Ultra 9. Questi ultimi valori, praticamente, non sono stati quasi mai rilevati da Conrad nelle sue ricerche.

3. Le ricerche degli Autori

Attraverso metodi di misurazione antropometrica sono state rilevate alcune misure del corpo in un totale di 2 075 atleti e 1 798 atlete, provenienti da diverse discipline sportive, che definiremo *popolazione mista di atleti e di atlete*.

I principali dati di riferimento rilevati sono:

- l'età cronologica;
- il grado di maturazione;
- lo sport o la disciplina sportiva praticata;
- il sesso.

Dal punto di vista antropometrico sono state misurate:

- la statura;
- la massa corporea;
- i diametri trasversale e sagittale del torace;
- la circonferenza dell'avambraccio e della mano;
- la somma delle pliche cutanee (con 10 punti di misurazione).

Su questa base sono stati calcolati questi indici:

- l'indice di Quetelet (massa corporea/statura);
- l'indice di massa corporea (*Body Mass Index*, $BMI = \text{massa corporea}/\text{statura}^2$);
- l'indice di Rohrer (massa corporea/statura³);
- l'indice metrico (secondo Conrad);
- l'indice plastico (secondo Conrad);
- la somma delle pliche cutanee;
- la percentuale di grasso (utilizzando la formula della Parizkova);
- la massa corporea magra.

Preliminarmente, per ottenere orientamenti sulla ulteriore elaborazione dei dati, sono stati presi in considerazione, ed osservati longitudinalmente, atleti con somatotipi diversi, appartenenti a vari sport ed a varie discipline sportive ed anche atleti con caratteristiche anoressiche. Il fine che ci si proponeva era quello di ottenere informazioni essenziali sul genere di somatotipi specifici dei vari sport e come essi si modificassero, durante lo sviluppo. Per questa ragione, è stato necessario esaminare i parametri di stato in gruppi diversi per età, maturazione, sesso e sport o disciplina sportiva.

Il sistema di coordinate di Conrad è stato utilizzato per visualizzare la tipologia costituzionale ed anche per rendere comprensibile agli atleti le diverse morfologie del corpo. Nello sport si trovano tipologie costituzionali estreme: di ciò si è tenuto conto, per cui il sistema di coordinate è stato ampliato, sia in direzione di una notevole tipologia leptomorfica sia in direzione di marcate caratteristiche ipo ed iperplastiche. Solo così, in alcuni sport e discipline sportive, è stato possibile rappresentare, in modo differenziato, quale fosse l'espressione della loro tipologia costituzionale specifica. Per quanto riguarda i valori antropometrici, ne sono stati calcolati gli andamenti percentili in relazione all'età, utilizzandoli successivamente per l'analisi longitudinale individuale dello svolgimento del processo di sviluppo ed, in

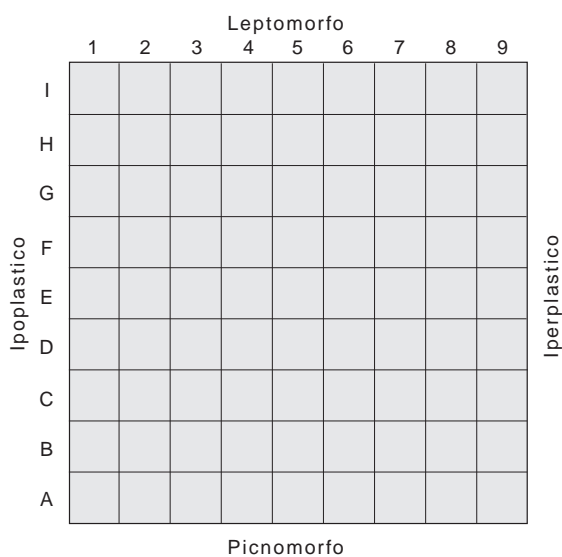


Figura 1 – Sistema di coordinate per la classificazione delle tipologie costituzionali secondo Conrad

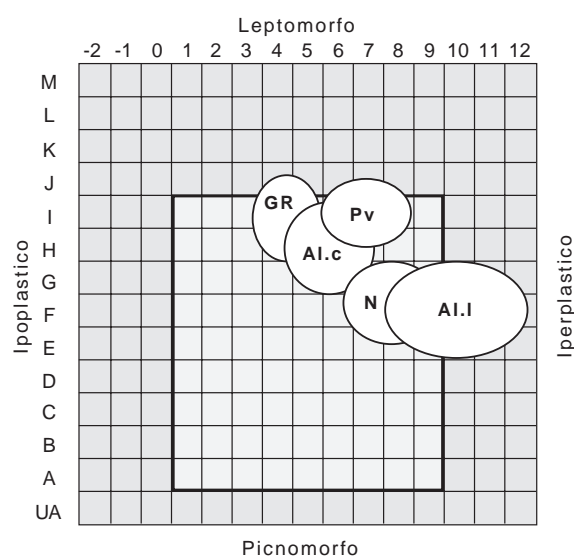


Figura 2 – Espressione dei diversi tipi di costituzione fisica in atlete di età adolescenziale e di età adulta in sport diversi. GR: ginnastica ritmica; Al.c: atletica leggera/corsa; Al.I: atletica leggera/lanci; Pv: pallavolo; N: nuoto

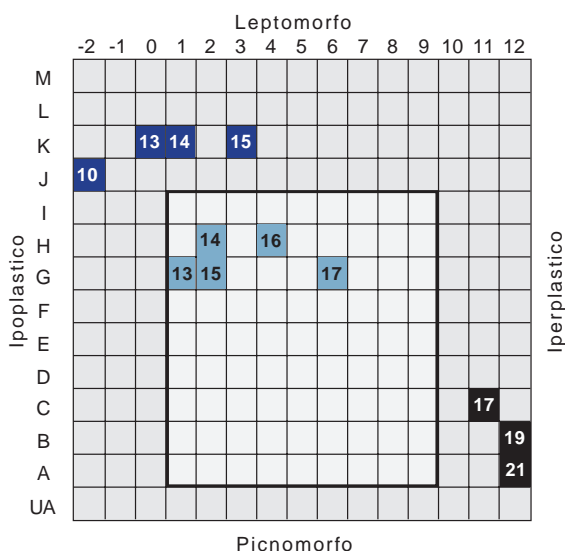


Figura 3 – Espressione della tipologia costituzionale e del suo sviluppo in relazione all'età con indicazione della relativa età cronologica. Blu scuro (in alto): atleta con tipologia costituzionale fortemente leptomorfa; azzurro (al centro): atleti con costituzione tipicamente da atleta; nero (in basso): atleti con costituzione picnomorfa fortemente atletica

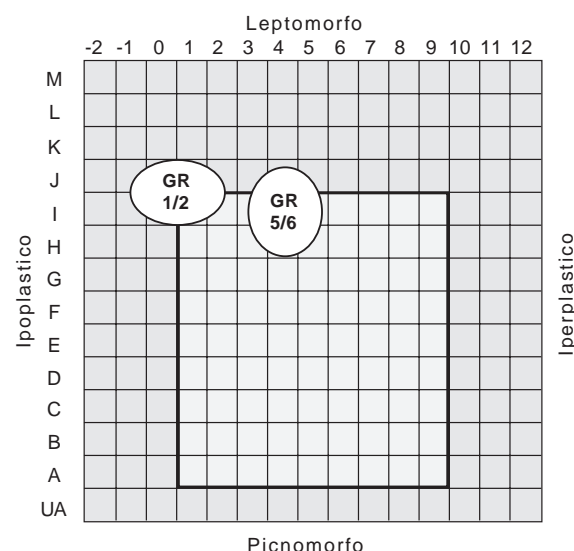


Figura 4 – Sviluppo della tipologia costituzionale di atlete della ginnastica ritmica. 1/2: stato di maturazione infantile e inizio della pubertà; 5/6 stato di maturazione adolescenza ed età adulta

particolare, della sua continuità od anche di eventuali alterazioni patologiche. L'indice metrico, che è soggetto a modificazioni irrilevanti nel corso degli anni ed è pertanto rigidamente stabilito geneticamente, si è rivelato molto utile per provare, concretamente, l'esistenza di caratteristiche antropometriche legate al tipo di costituzione fisica.

Per individuare tendenze standard orienta-

tive per le tipologie costituzionali sono state utilizzate queste fasce dell'indice metrico della popolazione mista di atleti ed atlete:

- dal 3° al 15° percentile = leptomorfo (corporatura snella)
- dal 15° all'85° percentile = tipicamente da atleta (nella popolazione normale da tipologia metromorfa a leptomorfa);
- dall'85° al 97° percentile = metromorfo.

Oltre il 3° od il 97° percentile si trovano atleti estremamente leptomorfi od estremamente picnomorfi, che sono classificati tra i somatotipi estremi, e non rientrano nell'analisi. L'espressione *tipicamente da atleta* è stata da noi conosciuta, in quanto la maggior parte degli atleti rientra in questa fascia di percentili dell'indice metrico, oppure presentano caratteristiche costituzionali di corporatura mediamente snella

ed armoniosa. Poichè, nei rapporti tra massa corporea e statura che vengono utilizzati più frequentemente (indice di Quelet, BMI ed indice di Rohrer) la statura viene elevata a potenze diverse, abbiamo voluto confrontare i valori antropometrici dei tre gruppi in rapporto ad una statura quasi costante ed esaminare le differenze significative. Per farlo abbiamo utilizzato il valore medio della statura ± 2 cm dell'intera popolazione di due gruppi d'età di atleti e di atlete.

4. Risultati della ricerca

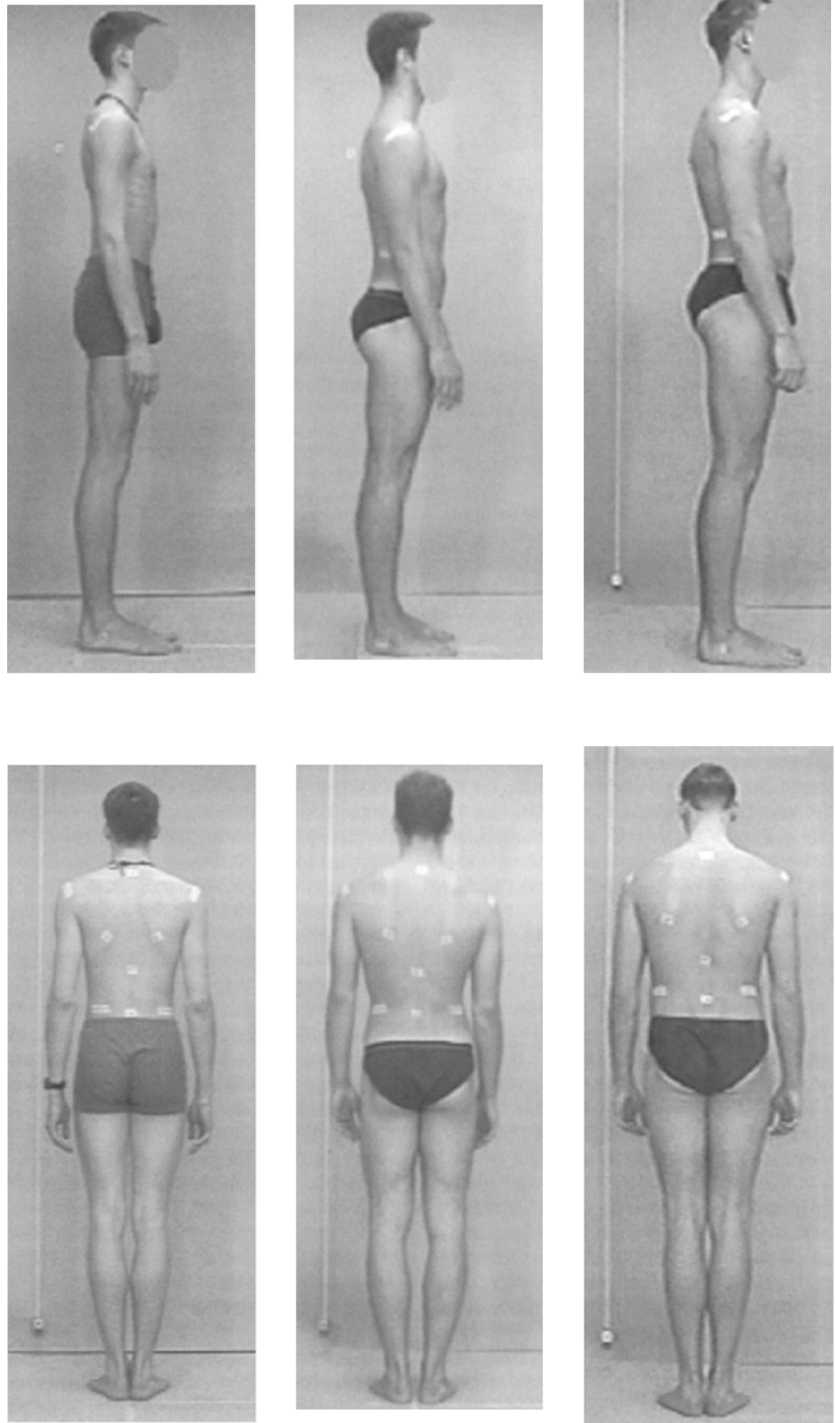
Differenza nell'espressione dei tipi di costituzione fisica tra gli sport e le discipline sportive

Come abbiamo precedentemente esposto, poichè in alcuni sport troviamo un'espressione di tipologie costituzionali estreme, è stato necessario ampliare il sistema delle coordinate, altrimenti non sarebbero state sufficientemente differenziabili e sarebbe stato impossibile rappresentare la loro espressione individuale. Senza l'allargamento sarebbe stato anche impossibile osservare l'andamento globale dello sviluppo in questi gruppi. Servendoci dell'esempio di atlete di diversi gruppi di discipline in età adolescenziale ed in età adulta, è stato possibile individuare che esistono notevoli differenze di tipi costituzionali nelle discipline prese in considerazione (figura 2).

Mentre nella ginnastica ritmica, in media, ottengono risultati di livello elevato atlete fortemente leptomorfe con l'indice plastico più basso, nelle discipline di lancio dell'atletica leggera prevalgono tipologie metromorfiche ed estremamente plastiche. Anche le nuotatrici mostrano una morfologia prevalentemente metromorfica, con un indice plastico relativamente elevato.

Sviluppo dei tipi di costituzione fisica in relazione all'età ed allo stato di maturazione

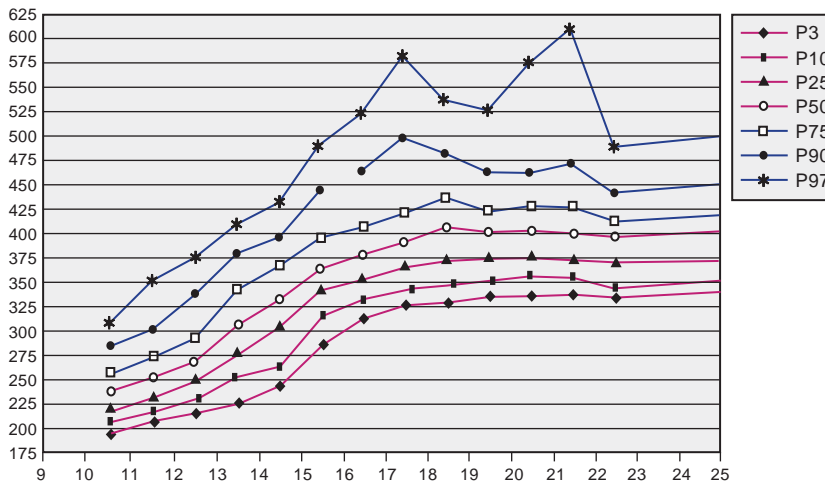
Nella parte superiore della figura 3 è significativo il caso di due atleti, costituzionalmente diversi, con diverso indice metrico ed un indice plastico che cresce con l'età. Gli andamenti mostrano che, in quasi tutti i casi, con il crescere dell'età l'indice metrico è soggetto a modifiche irrilevanti. Ciò vuole dire che, un individuo sano, con una costituzione fortemente leptomorfa non si svilupperà in una metromorfa e, viceversa, un atleta metromorfo sano, non si trasformerà in un atleta leptomorfo. La parte inferiore della figura 3 riguarda un soggetto, estremamente atletico, in età adolescenziale ed in età adulta, nel quale il



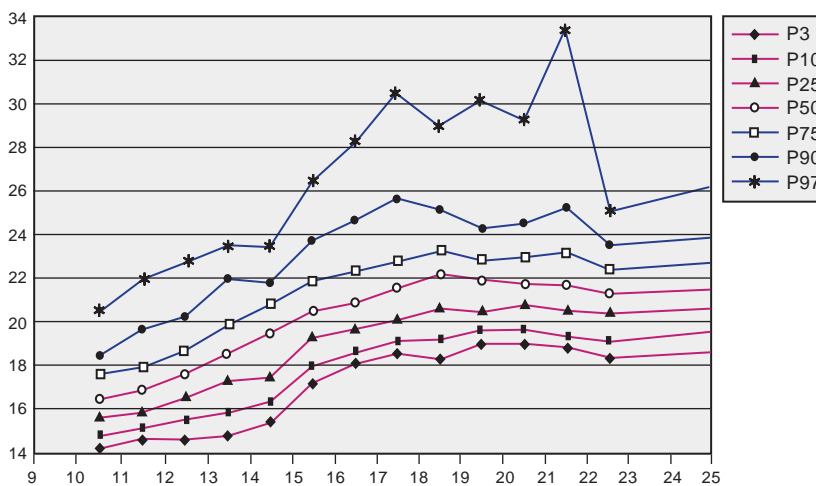
S:	193,4	193,2	199,6
MC:	74,6	88,8	99,8
BMI:	19,9	23,8	25,7
Indice di Rohrer	1,03	1,23	1,29
Grasso mm%:	46/8,2%	62/11,0%	71/12,4%
Indice metrico:	- 2,06 = K	- 0,98 = G	- 0,62 = F
Indice plastico:	91,3 = 7	98,0 = 10	100,6 = 11

Figura 5 – Manifestazioni tipiche della tipologia costituzionale degli atleti

Andamento dell'indice di Quetelet in relazione all'età/MASCHI



Andamento del BMI con in relazione all'età/MASCHI



Andamento dell'indice plastico in relazione all'età/MASCHI

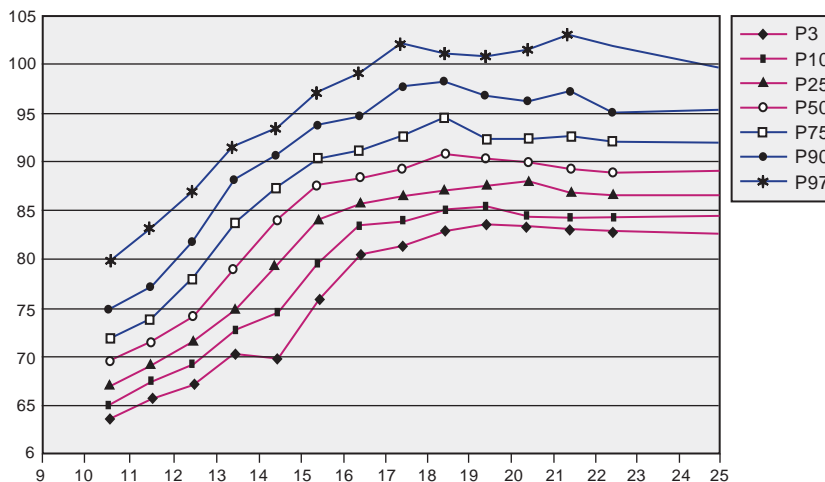


Figura 6 – Andamento dei percentili di indici costituzionali (indice di Quetelet, BMI ed indice plastico) chiaramente dipendenti dallo sviluppo (n = 2.075)

cambiamento dell'indice metrico va ricondotto ad un notevole incremento della muscolatura.

Questa affermazione viene confermata se si confrontano l'espressione della tipologia costituzionale delle atlete della ginnastica ritmica dagli stati di maturazione infantile fino all'inizio della pubertà con lo stato di maturazione nell'adolescenza e dell'età adulta. L'indice metrico non subisce variazioni notevoli in relazione all'età ed allo sviluppo, però l'indice plastico aumenta e ciò è chiaramente dovuto al tipo di movimenti richiesti.

Tipi di costituzione fisica della popolazione mista di atleti ed atlete tenendo conto soprattutto dell'indice metrico

Sulla base delle curve percentili e del confronto con il sistema di coordinate di Conrad, per quanto riguarda l'indice metrico abbiamo potuto stabilire che la popolazione mista di atleti ed atlete, in media, si colloca tra la classe leptomorfa e quella metromorfa. Per questo abbiamo definito questa tipologia con l'espressione *costituzione tipica da atleta*.

Nelle classi limitrofe troviamo i somatotipi leptomorfi e metromorfi. In alcune discipline sportive sono rappresentate anche le classi dei somatotipi notevolmente leptomorfi o picnomorfi. Nella popolazione di atleti ed atlete esaminata non è stato rilevato il polo estremo della picnomorfia.

Nella figura 5 vengono rappresentati esempi di espressione di tipologie leptomorfiche, di tipologie tipicamente da atleta e metromorfiche di atleti di età da 18 a 20 anni. Nei tre atleti sono ben riconoscibili non soltanto le differenze nell'indice metrico, ma anche nel BMI, nell'indice di Rohrer e nella somma delle pliche cutanee.

Valori dello sviluppo dei tipi di costituzione fisica, dipendenti ed indipendenti dall'età

Per quanto concerne la loro dipendenza dall'età, se ci si serve degli andamenti percentili, gli indici antropometrici possono essere differenziati in due gruppi. Da un lato troviamo indici che non subiscono cambiamenti con l'età e dall'altro indici che cambiano notevolmente. Per questi ultimi, proprio perchè dipendono dallo sviluppo, i valori debbono essere valutati riferendoli ad uno standard di età, considerando il grado di maturazione. L'indice di Quetelet, il BMI ed anche l'indice plastico mostrano notevoli cambiamenti con l'età (figura 6). Nel caso di quegli indici che

subiscono modificazioni relativamente scarse rispetto all'età, sono tempestivamente individuabili condizioni costituzionali determinate geneticamente. Cambiamenti relativamente scarsi si possono rilevare non solo nell'indice metrico, ma anche nell'indice di Rohrer (figura 7). Anche la somma delle pliche cutanee si differenzia in relazione con lo sviluppo. Però, in relazione all'età, mostra un incremento di scarsa entità nella popolazione mista di atleti e di atlete.

Percentili nei gruppi d'età ed importanza del loro andamento

Lo sviluppo della costituzione fisica individuale, in quasi tutti i casi, si distribuisce in determinate fasce di percentili, cioè si muove entro determinati "canali". La distribuzione nella popolazione è fortemente compartimentata, per cui ci si dovrebbe aspettare anche una dipendenza dal tipo di costituzione fisica. Nella figura 8 vengono mostrati due andamenti tipici dei percentili.

Un'uscita da questi canali (figura 9) durante lo sviluppo deve essere considerata con estrema attenzione. Negli andamenti mostrati nella figura, si può provare che vi è una drastica diminuzione del BMI in atlete con chiare sintomi anoressici, anche se non viene superata la nota soglia critica di 18 e le percentuali di grasso (somma delle pliche cutanee) ancora non permettevano di individuare cambiamenti importanti. Invece in una costituzione chiaramente leptomorfa (lm nella figura 8) troviamo un BMI molto basso e, tuttavia, individualmente, del tutto normale, inferiore ad un valore di 18, con percentuali di grasso, stato di maturazione e alimentazione corretta.

Questi casi mettono chiaramente in evidenza che non sono le tipologie costituzionali estremamente esili e snelle ad essere minacciate dal pericolo di anoressia, ma, ed in misura nettamente maggiore, le tipologie costituzionali metromorfiche. Infatti, chi presenta questo tipo di costituzione si orienta su un'immagine ideale di magrezza che non risponde allo standard di questo somatotipo. Per queste ragioni, esiste un notevole pericolo che si presentino disturbi alimentari.

Una diversa tipologia metrica è legata anche a diverse tendenze medie nella massa corporea e nella composizione del corpo

Il confronto dei dati antropometrici di tipologie costituzionali diverse conferma l'ipotesi che l'indice metrico rappresenti un parametro di riferimento essenziale per la

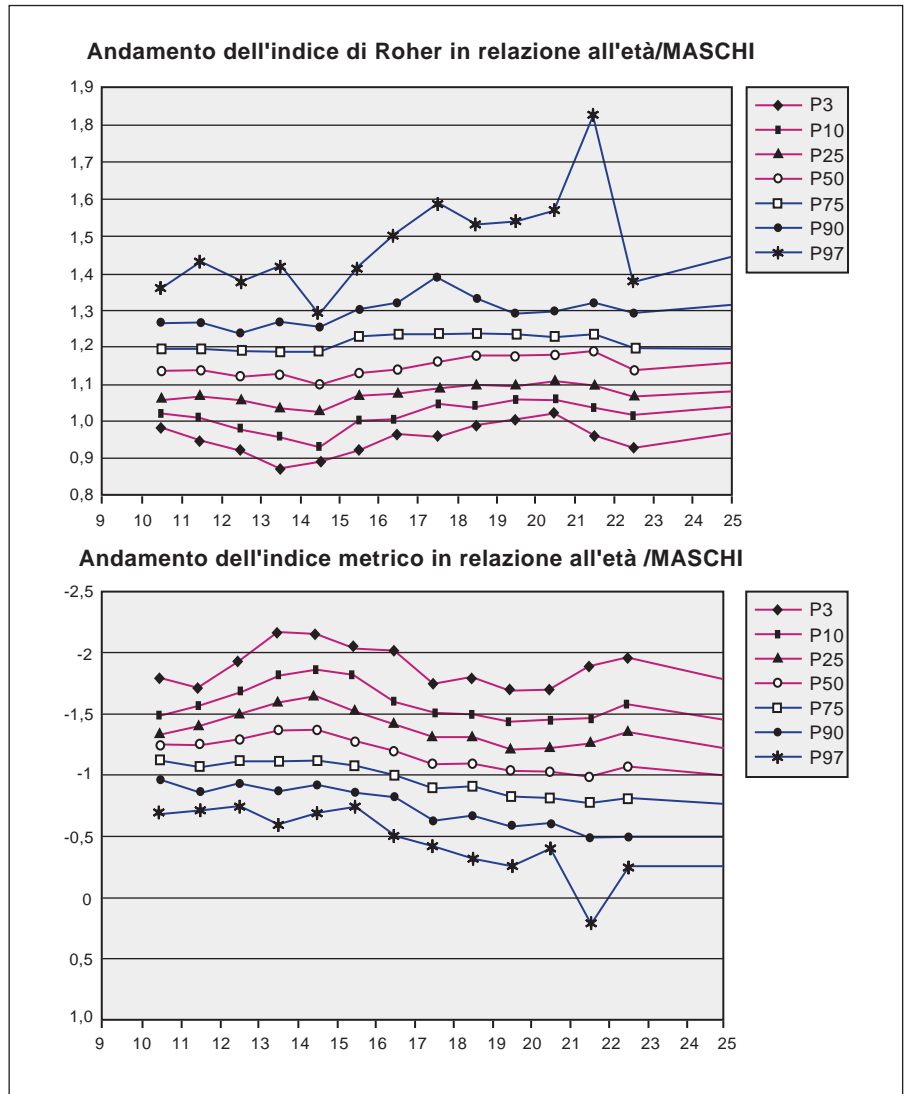


Figura 7 – Andamento dei percentili di indici costituzionali (indice di Rohrer, indice metrico) che cambiano in modo insignificante in relazione all'età

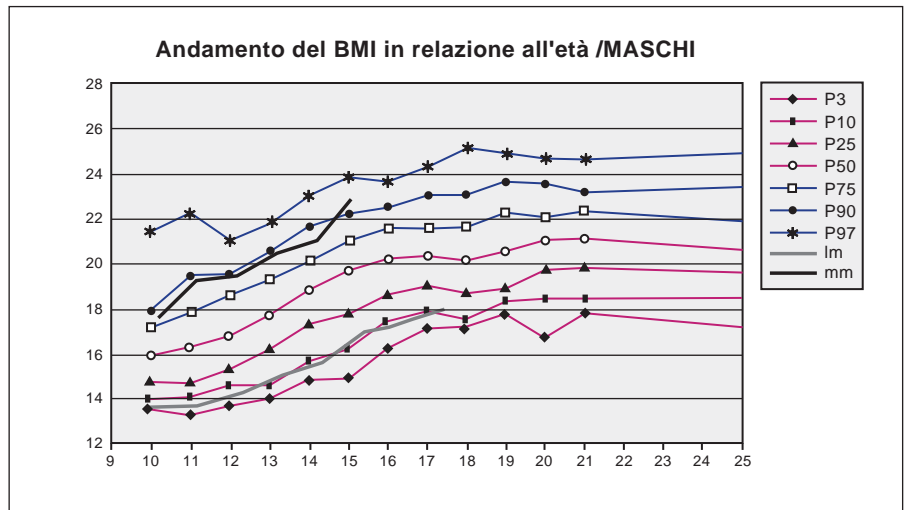


Figura 8 – Andamento individuale dello sviluppo di atlete con un diverso indice metrico (lm: leptomorfo; mm: metromorfo)

Andamento del BMI in relazione all'età/FEMMINE

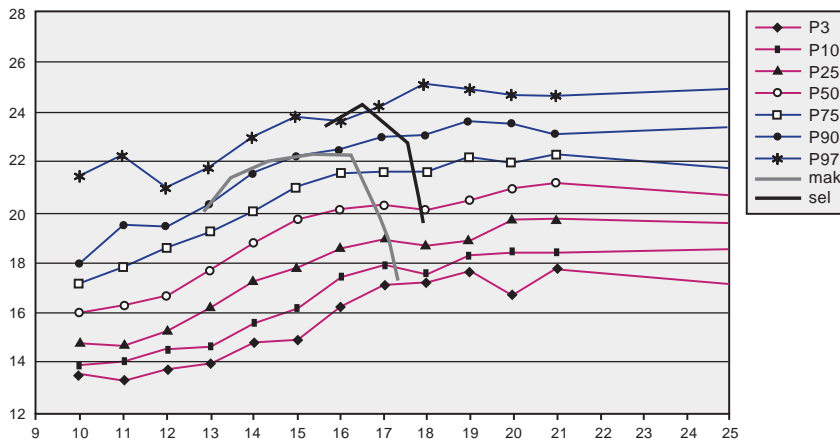


Figura 9 – Andamento anormale nell'andamento dello sviluppo del BMI. Andamento individuale dello sviluppo del BMI con caratteristiche anoressiche in due atlete metromorfe (mak, sel)

valutazione di tutti i rapporto massa corporea-statura come anche per la somma delle pliche cutanee. Nel somatotipo fortemente leptomorfo il BMI, gli indici di Quelet e di Rohrer, come anche la somma delle pliche cutanee mostrano valori significativamente inferiori rispetto al somatotipo metromorfo.

Le figure 10-13 ne forniscono alcuni esempi. Negli atleti e nelle atlete adolescenti ed adulti, la differenza media delle percentuali di grasso tra i maschi leptomorfi e metromorfi è del 3% (leptomorfo: 8,3; metromorfo: 11,3 %) mentre nelle femmine è di circa il 4 % (rispettivamente 10,3 e 14,3 %). Ciò vuole dire che, l'atleta leptomorfo deve, normalmente, presentare il 3% di grasso in meno, rispetto all'atleta metromorfo. Nel caso di atleti picnomorfi questa percentuale si rivela ancora maggiore. I risultati relativi alle atlete portano alle stesse conclusioni.

BMI delle diverse tipologie costituzionali/MASCHI

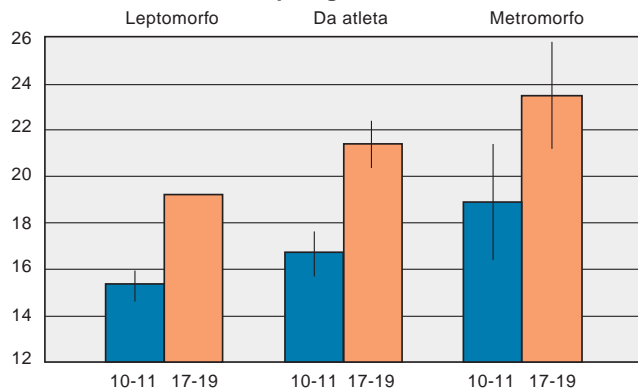


Figura 10 – Confronto tra il BMI di atleti con tipologie costituzionali diverse tra le classi di età 10/11 e da 17 a 19 anni

Andamento del BMI in relazione all'età/FEMMINE

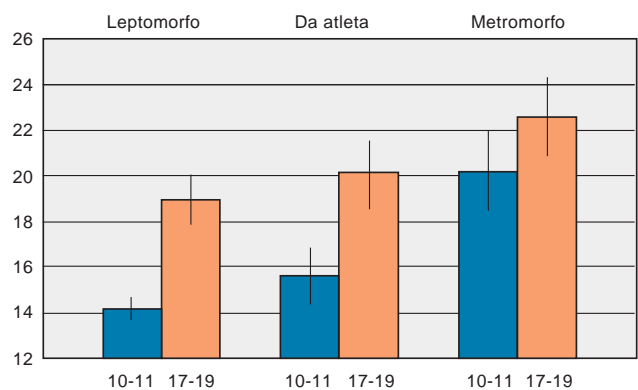


Figura 11 – Confronto tra il BMI di atlete con tipologie costituzionali diverse tra le classi di età 10/11 e da 17 a 19 anni

Indice di Rober delle diverse tipologie costituzionali/FEMMINE

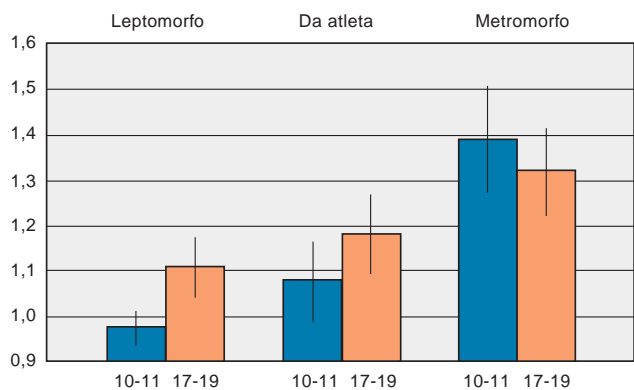


Figura 12 – Confronto tra l'indice di Rober di atlete con tipologie costituzionali diverse tra le classi di età 10/11 e da 17 a 19 anni

Somma delle pliche cutanee delle diverse tipologie costituzionali/FEMMINE

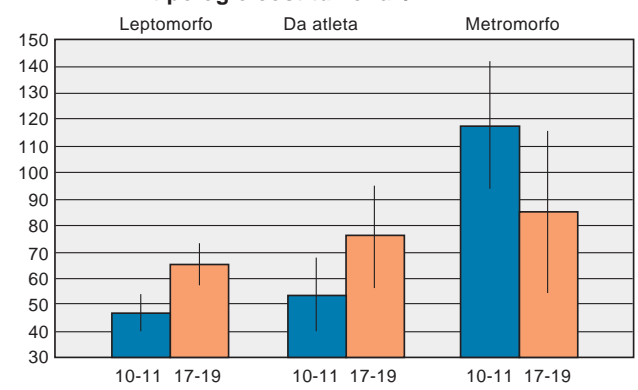


Figura 13 – Confronto le somme delle pliche cutanee di atlete con tipologie costituzionali diverse tra le classi di età 10/11 e da 17 a 19 anni

Discussione e conclusioni pratiche

I risultati che abbiamo presentato confermano la pluralità e le differenze di tipologie costituzionali nella popolazione degli atleti di vertice. Utilizzando il metodo di Conrad (1963) ed allargando il sistema di coordinate da lui sviluppato, è stato possibile oggettivare i diversi caratteri somatotipici e rappresentarli chiaramente, in modo tale da informare gli atleti. Il tipo di costituzione fisica sembra rappresentare un elemento orientativo per la capacità di prestazione nei singoli sport e discipline sportive. Naturalmente, vi sono moltissimi esempi nei quali, anche nel caso di tipi di costituzione fisica sfavorevoli per specifiche richieste di movimento è possibile ottenere risultati di livello elevato. Una possibile spiegazione viene fornita dalle possibilità di compensazione, grazie a capacità motorie particolari, che si trovano soprattutto in quegli sport nei quali per ottenere risultati elevati è necessaria un'ampia serie di condizioni fisiche e motorie. Le prestazioni sportive, la capacità di carico e la costituzione fisica non si basano solamente sugli aspetti biomeccanici del movimento, ma anche su varie possibilità fisiologiche. Ciò è dimostrato dagli esempi delle atlete in età adolescenziale od adulta, nelle quali una costituzione estremamente leptomorfa si rileva soprattutto nelle atlete praticanti ginnastica ritmica, mentre quella estremamente iperplastica si presenta nelle atlete delle discipline di lancio dell'atletica leggera.

Sulla base dei valori antropometrici, ricavati dallo studio di una popolazione mista di atleti e di atlete e dagli studi longitudinali, elaborati in base alla casistica individuale, è stato possibile stabilire che gli indici della costituzione fisica si comportano in modo diverso rispetto all'età ed allo stato di maturazione. Ciò richiede orientamenti adeguati, sia per l'interpretazione sia per la previsione dello sviluppo dei futuri parametri di stato. Per ciò che riguarda l'età infantile e l'adolescenza, è stato possibile provare che i valori della statura e della massa corporea, gli indici di massa corporea relativa (indice di Quetelet, BMI), come anche l'indice plastico dipendono notevolmente dallo stato di maturazione. Invece l'indice di Roher ed, in particolare, l'indice metrico, variano solo in modo irrilevante con l'età e la maturazione. Soprattutto l'indice metrico, che è indipendente da una differenza di massa corporea e che, quindi, è indipendente dal comportamento alimentare, può essere utilizzato per la valutazione dell'espressione di quelle caratteristiche costituzionali che sono determinate, prevalentemente,



Foto: BRUNO

da fattori genetici. Quindi possono essere individuate precocemente quali sono le tendenze individuali innate di crescita, legate alla tipologia costituzionale. Però, per la precisione delle misurazioni e delle relative valutazioni è necessario considerare le modificazioni strutturali dell'apparato locomotorio e posturale, come, ad esempio, una notevole cifosi del tratto toracico della colonna vertebrale provocata dalla sindrome di Scheurmann, oppure un accentuato torace ad imbuto. È importante anche la precisione delle misurazioni, che devono essere, assolutamente, eseguite da personale qualificato e con larga esperienza in materia.

Abbiamo presentato alcuni esempi di andamenti percentili, da noi elaborati, dei valori antropometrici relativi alla popolazione mista di atleti e di atlete. Questi valori ci dimostrano che, rispetto agli andamenti percentili relativi a diverse ricerche sulla popolazione normale, le differenze si riferiscono soprattutto agli indici che riguardano il rapporto massa corporea/statura. Le curve degli andamenti percentili si prestano ad una valutazione longitudinale individuale per il giudizio sullo sviluppo normale o deviante dalla norma. Si consiglia, soprattutto, di utilizzare gli indici metrico e plastico, come anche quelli che si riferiscono al rapporto massa corporea/statura e la somma delle pliche cutanee.

Sia per ciò che concerne le possibilità di indirizzare verso certi sport, come anche per la valutazione della relazione massa corporea/statura ed i relativi consigli, è indispensabile valutare la normalità della forme del corpo rispetto alla tipologia costituzionale. In tutte le classi d'età che sono state oggetto della ricerca, quando si rilevavano differenze nell'indice metrico, si

è confermata l'esistenza di differenze significative nel rapporto massa corporea/statura e nella somma delle pliche cutanee. Un atleta estremamente leptomorfo può chiaramente possedere una massa corporea relativamente bassa ed anche una somma minore delle pliche cutanee. Se si conosce quale deve essere l'espressione individuale della tipologia costituzionale è possibile limitare errori di valutazione e le conseguenze che si potrebbero incontrare nella pratica, soprattutto per quanto riguarda il tentativo di cambiamento della massa corporea, perché essa non corrisponde all'ideale di corpo voluto. Se il somatotipo diverge notevolmente da quello favorevole allo sport praticato, ad esempio, potrebbe essere impossibile ottenere la struttura fisica voluta attraverso restrizioni alimentari. Soprattutto in queste condizioni, insorge il pericolo di disturbi psicologici od addirittura rischi per la salute, come dimostrato dall'andamento del BMI nelle due atlete metromorfe con sintomi di anoressia della figura 9. Ad esempio, se si osservano le atlete della ginnastica ritmica che sono molto magre, arriviamo a queste conclusioni: avere favorito, nella valutazione della prestazione di gara, atlete morfologicamente snelle ha sempre portato alla selezione di atlete con tipologia costituzionale fortemente leptomorfa. Finora, nel quadro delle nostre numerose ricerche, ci ha colpito un'atleta che già mostrava un quadro clinico di anoressia (con valore del BMI inferiore al 3° percentile). Alcune altre atlete mostravano espressioni di tipologie costituzionali limite che richiedevano consigli ed ulteriori osservazioni. Solo raramente furono rilevate percentuali di grasso troppo basse. A causa della tipologia costituzionale estre-

mamente leptomorfa che favorisce i risultati nella ginnastica ritmica, sia nell'oggettivazione della prestazione, ma anche per quanto riguarda il comportamento alimentare sono sfavorite quelle atlete il cui indice metrico tende alla metromorfia. Perciò, accertare precocemente e correttamente, quale è la tipologia costituzionale permette di fornire indicazioni tempestive riguardo la disciplina sportiva più adatta. Tuttavia, un'espressione estrema della tipologia costituzionale richiede osservazioni specifiche ed eventualmente un intervento tempestivo per garantire uno sviluppo continuo, per assicurare un buono stato di salute, la capacità di carico e il miglioramento della prestazione sportiva. Le nostre esperienze indicano che, se si vogliono evitare alterazioni nello sviluppo, un'attenzione particolare deve essere dedicata alla fase di sviluppo infantile ed alla prima metà della fase puberale.

Le nostre osservazioni hanno dimostrato che il rischio che si producano disturbi alimentari esiste proprio quando il tipo di costituzione fisica, geneticamente determinato, diverge notevolmente da quello desiderato di un aspetto notevolmente leptomorfo o maggiormente ipoplastico. Quando il desiderio di raggiungere una determinata massa corporea contrasta con le condizioni della tipologia costituzionale si possono sviluppare rapidamente alterazioni pericolose per la salute. Perché ciò avvenga, non è assolutamente necessario che i valori del BMI od anche le somme delle pliche cutanee, nelle fasi critiche dello stato già raggiunto, siano al di sotto della norma. Invece, un somatotipo fortemente leptomorfo può presentare un valore del BMI che nel suo andamento è al disotto della norma, sebbene grazie al continuo processo di sviluppo e ad una alimentazione sufficiente non possa essere formulata una diagnosi di anoressia.

In linea di principio, l'intervento preventivo più efficace consiste nell'individuare ed eliminare le cause di alterazioni della salute od i loro stadi iniziali. L'occasione per l'accertamento delle cause dovrebbe essere rappresentata da un segnale oggettivo abbastanza tempestivo. Soprattutto nello sport, la valutazione delle caratteristiche costituzionali (cioè degli indici antropometrici) offre possibilità concrete di orientamento. Quindi, soprattutto ai fini di prevenzione di alterazioni della salute, durante la crescita o nell'età puberale, come strumento di diagnosi di base si può consigliare di ricorrere all'antropometria, tenendo conto della tipologia costituzionale.

Durante l'allenamento svolto in età infantile o nell'adolescenza per valutare la capacità di carico sono importanti (Fröhner, Wagner 1996):

- l'individuazione di quei segnali caratteristici dello sviluppo somatico che indicano soprattutto l'inizio, l'andamento e la fase conclusiva dello sviluppo puberale, per poterne desumere le future caratteristiche funzionali;

- l'individuazione di scostamenti dalla norma nello sviluppo somatico rispetto alla popolazione della stessa classe d'età e stato di maturazione ed individuazione delle cause ai fini di un intervento;

- il rilevamento del rapporto tra massa corporea e statura, della composizione del corpo e la loro valutazione.

I risultati che abbiamo presentato, ampliano le indicazioni di ordine pratico relative alla valutazione dei parametri di stato attuali degli atleti e delle atlete. Infatti, alle rilevazioni abitualmente in uso andrebbe aggiunta:

- l'individuazione della tipologia costituzionale, in particolare dell'indice metrico.

Per la valutazione della normalità, abitualmente, si ricorre a determinate categorie di riferimento. Una di queste è la già ricordata età cronologica. Da tempo sono noti e sono utilizzati i percentili di aumento della statura e della massa corporea (ad esempio, Prader et al. 1985). L'ampiezza di variazione di questi valori è notevole, in tutti i gruppi di età, e va da stature e masse corporee basse o scarse a quelle molte elevate. Però, servirsi come criterio orientativo di base dei valori che rappresentano la norma per le varie classi d'età, non è assolutamente sufficiente per riuscire a fornire giudizi sulle cause di fenomeni estremi e tanto meno sui necessari interventi. Né è sufficiente per potere fare previsioni che riguardano lo sviluppo. Se si vogliono formulare valutazioni affidabili, occorre ricorrere a categorie di indici con orientamento più ampio, che non sono quelli previsti dagli attuali criteri orientativi di base.

Per la valutazione e la previsione della statura, la categoria di indici ulteriori, che può fornire orientamenti supplementari durante la fase della crescita, è rappresentata dalla maturazione e dall'età biologica. Se si valuta lo stato di sviluppo biologico si possono formulare giudizi sui temporanei scostamenti dalla norma nello sviluppo (fenomeni di ritardo o di accelerazione) e, quindi, sul cambiamento della dinamica della crescita e sulla possibilità che essa continui. E questa valutazione permette anche di prendere decisioni corrette sugli ulteriori metodi di valutazione che si rendessero necessari.

Quanto abbiamo esposto è rivolto a sensibilizzare sul fatto che i valori standard validi per un gruppo di popolazione, ad esempio quelli relativi al BMI, assumono grande importanza ai fini di un orienta-

mento pratico, in quanto permettono di descrivere fenomeni di un certo tipo. Però, spesso, non sono sufficienti per formulare una valutazione concreta, anche nel caso di un BMI che si trovi nella fascia normale per quell'età. Se si vuole ottenere la formulazione di valutazioni quanto più concrete ed più attendibili possibile e che tengano conto dell'individualità degli atleti e delle atlete, è essenziale considerare la tipologia costituzionale.

Traduzione di F. Perini da *Leistungssport*, 1, 2002, 33-40. Titolo originale: *Körperbau und Sport unter Beachtung des Körpergewicht*.

Gli Autori: dott.ssa G. Fröhner, medico sportivo presso l'Istituto di scienza applicata all'allenamento, Lipsia; dott. K. Wagner, collaboratore scientifico dell'Istituto di scienza applicata all'allenamento, Lipsia

Indirizzo: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Marchnerstr. 29, 04109, Lipsia.

Bibliografia

Bernarhard W., Jung K., *Sportanthropometrie*, Stoccarda, 1998.

Conrad K., *Der Konstitutionstypus. Seine Genetische Grundlegung und praktische Anwendung*, Berlino, 1963.

Fröhner G., Wagner K., *Angewandte Anthropometrie im Verlauf des Langfristigen Leistungsaufbaus von Sportlern*, *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 3, 1996, 1, 108-126.

Fröhner G., Wagner K., *Anwendungsorientierungen der Anthropometrie in der Betreuung von Sportlern*, *Leistungssport*, 26, 1996, 2, 12-16.

Knussmann R., *Anthropologie*, Stoccarda, 1988.

Kretschmer E., *Körperbau und Charakter*, Berlino, 1921.

Kunze D., Hughes P. C. R., Tanner J. M., *Anthropometrische Untersuchungen an Sportlern der XX. Olympischen Spiele 1972 in München*, in: *Sportwissenschaftliche Untersuchungen während der XX. Olympischen Spiele München*, Gräfelfing, 1972, 33-56.

Parizkova J., *Total body fat and skinfold thickness in children*, *Metabolism*, 1961, 10, 794-807.

Prader A., Largo R. M., Molinari L., Issler C., *Physical growth of swiss children from birth to 20 years of age. First Zuerich longitudinal study of growth and development*, *Helvet. Paediatr. Acta Suppl.*, 1985.

Sheldon W. H., *The varieties of temperament. A physiology of constitutions differences*, New York, 1942.

Tanner J. M., *The physique of the Olympic athlete*, Londra, 1964.

Tittel K., Wutscherk H., *Sportanthropometrie*, Lipsia, 1972.

Lattato ed esercizio: miti e realtà

Domande e risposte sulla produzione ed il destino del lattato durante e dopo il carico fisico. Conseguenze del suo accumulo sulla funzione muscolare

Ciascuna delle due parti, nelle quali è diviso questo lavoro viene presentata sotto forma di domande, alle quali si cerca di dare delle risposte critiche, esprimendo anche riserve su teorie, talvolta troppo frettolosamente accettate, che riguardano gli effetti dell'acido lattico. La prima parte, riguarda, essenzialmente, lo studio della produzione e del destino del lattato durante od al termine di un carico fisico e permette di giustificare le critiche espresse su alcuni pregiudizi che interessano gli effetti del lattato, sul concetto di soglia anaerobica lattacida e sulle teorie che ne sono alla base. La seconda parte è molto più orientata sulle ipotetiche, ma non provate, conseguenze dell'accumulo di acido lattico sulla funzione muscolare. E ci si chiede se attualmente sia ancora sostenibile che la glicolisi lattacida abbia un cattivo rendimento, che l'accumulo di lattato provochi fatica, crampi ed altri eventi dolorosi muscolari tardivi.



Foto: BRUNO

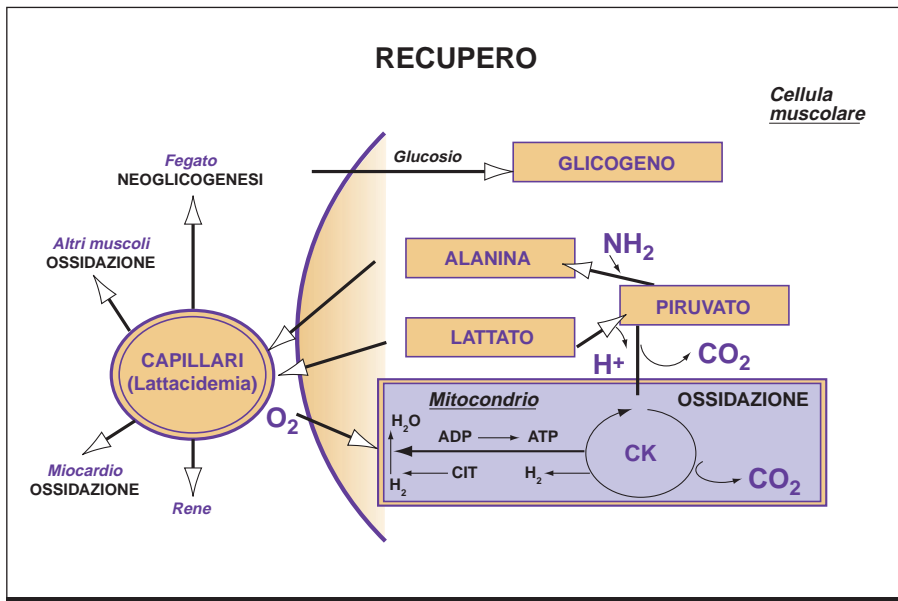


Figura 1b – Produzione e metabolismo del lattato nel corso di recupero attivo e passivo



Figura 2 – Riepilogo della produzione e del destino del lattato, che mette in evidenza il suo ruolo di metabolita intermedio, potenzialmente ricco di energia

Globalmente, se si fa un bilancio di ciò che avviene del lattato durante l'esercizio, tre quarti della sua produzione vengono ossidati, mentre l'altro quarto è destinato a ricostituire le riserve del glicogeno epatico (cfr. figura 2).

Allora, occorre notare che la lattacidemia non rappresenta altro che la testimonianza, indiretta ed incompleta della produzione cellulare di lattato. Essa riflette soprattutto la risultante della quantità prodotta in entrata (cellula \rightarrow ambiente interstiziale \rightarrow sangue) e quella in uscita (sangue \rightarrow miocardio \rightarrow fegato, muscoli). Quando la seconda è superiore alla prima si ha diminuzione; ciò corrisponde a quanto avviene quando l'esercizio viene sospeso. Generalmente, dopo un recupero di un'ora e trenta, si ritrova la concentrazione iniziale a riposo (da 1 a 2 $mmol \cdot l^{-1}$). Quando sono uguali, come avviene in un esercizio aerobico, si ottiene uno *steady state* che, normalmente va da 6 a 8 $mmol \cdot l^{-1}$. Infine quando la prima è superiore, come avviene in un esercizio intenso, l'accumulo del lattato ematico assume una forma esponenziale, che è all'origine della ricerca della soglia, o delle soglie anaerobiche.

Perciò, il lattato non è quel "rifiuto" ed ancora meno quella "tossina che avvelena il muscolo" come viene, talvolta, affermato. Esso rappresenta niente altro che un metabolita intermedio dal forte potenziale energetico.

1.3. Quale significato deve essere dato alle soglie anaerobiche (SA) ?

Una soglia rappresenta un: "valore limite il cui raggiungimento condiziona la comparsa di un determinato fenomeno" (Devoto-Oli) ed "anaerobico" significa "senza aria", cioè senza ossigeno, situazione che può essere creata *in vitro*, ma non corrisponde a quello che si osserva *in vivo*. Di conseguenza, la SA dovrebbe delimitare due zone: una al di sotto di un limite (che può essere una potenza, una percentuale della massima potenza aerobica, una velocità, una percentuale della massima velocità aerobica, una FC, una percentuale della massima frequenza cardiaca, un consumo d'ossigeno (VO_2max), una percentuale del VO_2max) con caratteristiche essenzialmente anaerobiche e l'altra, al di sopra di questo limite, con componenti essenzialmente anaerobiche, che comportano un accumulo del lattato.

Se questa teoria corrisponde alla realtà, allora l'allenatore avrebbe a disposizione i riferimenti oggettivi necessari per gestire individualmente le intensità di allenamen-

Se l'intensità dell'esercizio diminuisce (recupero attivo) o se l'esercizio viene interrotto (recupero passivo), il tasso di ossidazione e di neoglicogenesi epatica aumentano, mentre nella cellula, grazie all'intermediazione della lattato deidrogenasi (LDH) il lattato viene ossidato a piruvato. Una parte del piruvato di nuova formazione viene trasportato fuori dalla cellula, quindi, attraverso la via ematica, rap-

presenta anche un precursore della neoglicogenesi epatica. Un'altra parte viene transaminata in alanina che, trasportata dal muscolo verso il sangue e disaminata a livello epatico, segue lo stesso destino del lattato e del piruvato. Infine, sempre nella cellula, la percentuale maggiore del piruvato di nuova formazione viene ossidata nel mitocondrio, dove contribuisce alla risintesi dell'ATP (cfr. la figura 1b).

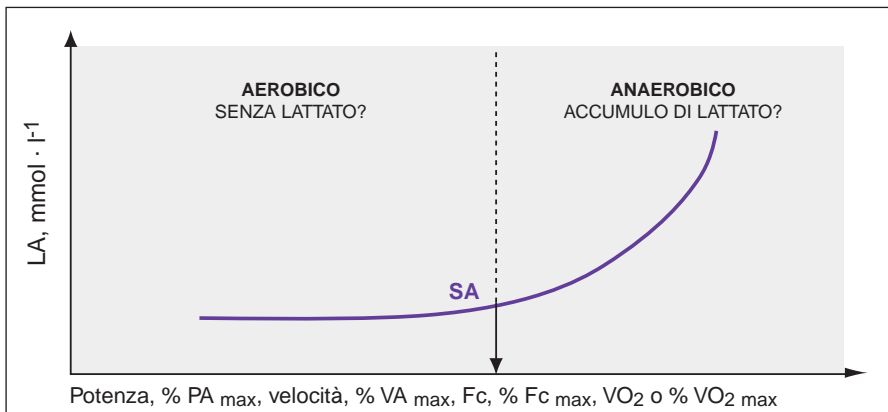


Figura 3 – Ipotesi della definizione di una soglia anaerobica sulla curva della lattacidemia, ottenuta durante un esercizio con protocollo cosiddetto triangolare

to aerobica od anaerobica (cfr. figura 3). Ma come stanno esattamente le cose?

1. 3.1. All'inizio di un esercizio triangolare (modalità di definire un tipo specifico di esercizio all'interno di un determinato protocollo, n.d.t.), *la stabilità del lattato nel sangue corrisponde a condizioni solamente aerobiche? A quale potenza il muscolo comincia a produrre lattato?*

I lavori di Green et al. (1983) mostrano che, ad una potenza che corrisponde al 50% del $\dot{V}O_2$ max, che è inferiore alla potenza alla quale si trova abitualmente la SA, la concentrazione del lattato muscolare raggiunge le 4,5 mmol · l⁻¹, mentre la lattacidemia non aumenta oltre i suoi valori a riposo: da 1,3 a 1,5 mmol · l⁻¹ (figura 4). D'altro canto, i lavori di Connet et al. (1984), Christel et al. (1984) e Fukuba et al. (1989) mostrano che, in un esercizio ad intensità progressiva, il muscolo produce lattato fin dalle prime potenze di lavoro e successivamente la concentrazione intramuscolare aumenta linearmente con le potenze successive.

Perciò, non si deve arrivare alla conclusione che vi sia una assenza di produzione di lattato, partendo dalla assenza di una modificazione della lattacidemia all'inizio del test triangolare. Dunque, non esiste una potenza soglia al di sotto della quale il muscolo non produce lattato ed al di sopra della quale lo produce.

L'assenza di modificazioni della lattacidemia all'inizio dell'esercizio triangolare probabilmente è il risultato dell'interazione di tre fenomeni:

- del gradiente di concentrazione del lattato intramuscolare che è troppo scarso;
- della scarsa attivazione dei *carrier* membranali del lattato quando il gradiente del lattato è scarso. Infatti esistono proteine, scoperte recentemente (Rot, Brooks 1990, Bonen 2000), i MCT (*Mono Carboxylate Transporter*), che permettono il trasporto del lattato attraverso il sarcolemma, dalle quali dipende la velocità di passaggio del lattato muscolare all'ambiente extra cellulare ed al sangue.

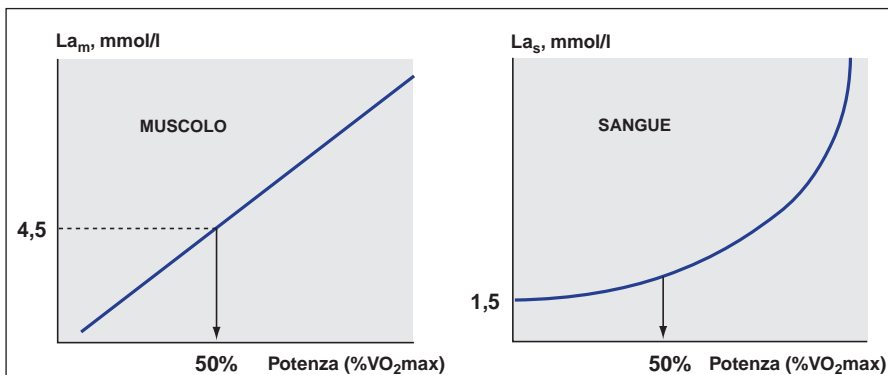


Figura 4 – Confronto tra la concentrazione di lattato prodotta dal muscolo rispetto a quella che compare nel sangue nello stesso istante. Al 50% del $\dot{V}O_2$ max dal muscolo vengono prodotte 4,5 mmol · l⁻¹, mentre la lattacidemia varia scarsamente rispetto al suo valore a riposo

Tale velocità dipende dal livello di stimolazione dei *carrier* e dal numero di quelli coinvolti (Roth 1991);

- dalla diluizione di scarse quantità del lattato prodotto in un ampio spazio extra cellulare (Zouloumian, Freund 1981) per cui, rispetto ai cinque litri di sangue in circolo, le concentrazioni di lattato che vi giungono sono trascurabili.

1. 3. 2. La formazione e l'accumulo di lattato nel sangue è provocata dall'assenza di ossigeno?

La glicolisi e la glicogenolisi non utilizzano direttamente l'ossigeno, perciò vengono definiti "processi anaerobici" e portano alla formazione d'acido lattico; di qui il concetto "anaerobico-lattacido" che viene menzionato così spesso. Tutto ciò è perfettamente verificabile *in vitro*. Ma *in vivo*?

I lavori di Pernay et al. (1972), hanno dimostrato che, globalmente, durante un esercizio massimale (cioè al $\dot{V}O_2$ max), a livello dei muscoli sollecitati, la PO_2 del sangue venoso che lascia il tessuto muscolare non diventa inferiore ai 20 mm Hg, mentre la lattacidemia aumenta notevolmente.

I lavori di Chance e Quirstoff (1978), che hanno utilizzato tecniche micro spettro fotometriche, mostrano che, localmente, nella cellula muscolare, la PO_2 minima, necessaria per garantire un'attività massimale della fosforilazione ossidativa è inferiore a 0,5, addirittura a 0,1 mm Hg, mentre qualche anno più tardi (1984) Connet et al. che avevano utilizzato le stesse tecniche non trovarono alcun gradiente di PO_2 perimitocondriale ed alcun sito dove la PO_2 era inferiore a 2 mmHg nel muscolo gracile del cane, stimolato in modo sovramassimale *in situ*. Dunque, questi risultati sono da 4 a 20 volte superiori alla PO_2 critica determinata da Chance, Quirstoff (1978).

Di conseguenza: malgrado la produzione e, soprattutto, l'accumulo di lattato, il muscolo scheletrico, anche quando lavora a potenze elevate ($\geq \dot{V}O_2$ max) non è mai in ipossia, né globalmente, né localmente. Contrariamente a quanto viene spesso affermato, non è l'assenza di ossigeno che provoca l'accumulo di lattato, in quanto vi è sempre più ossigeno della quantità massimale che può essere utilizzata dal muscolo. Per cui, la teoria che sta alla base della soglia anaerobica, secondo la quale il muscolo produce lattato perché al di là di una certa potenza soglia è in ipossia, non è sostenibile.

Ipotesi: l'accumulo intracellulare di lattato potrebbe essere dovuto alla concomitanza di due fenomeni:

1. la differenza tra l'attività enzimatica massima della lattatodeidrogenasi ($121 \text{ micromoli} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) rispetto alle possibilità ossidative mitocondriali e quella della chetoglutarato deidrogenasi ($2 \text{ micromoli} \cdot \text{min}^{-1}$) che sono enzimi che limitano il flusso metabolico rispettivamente della glicolisi e dell'ossidazione. Questa differenza di 60 volte a favore della lattatodeidrogenasi potrebbe spiegare l'accumulo di lattato al di là delle possibilità di ossidazione della fibra, malgrado la presenza d'ossigeno superiore alla capacità dell'attività enzimatica massima del ciclo di Krebs. Quindi, in un allenamento della resistenza aerobica, che aumenta il numero e le dimensioni dei mitocondri e con essa la concentrazione degli enzimi ossidativi, è possibile spiegare perché, alla stessa intensità, si accumula meno lattato.

2. il livello di attivazione ed il numero di proteine MTC, che permettono il trasporto attraverso le membrane del lattato verso l'ambiente extra-cellulare (Pilegaard et al. 1993). Mc Dermott, Bonen (1993), dal canto loro, hanno mostrato come l'allenamento di resistenza possa aumentare il trasporto del lattato attraverso la membrana molecolare, contribuendo così ad un suo minore accumulo a livello intracellulare.

Infine, segnaliamo che la velocità di trasporto del lattato attraverso le membrane dipende dal tipo di fibre muscolari. Le fibre ossidative sono quelle che presentano la velocità più elevata, mentre questa capacità diminuisce con l'età (Juel et al. 1991). Ciò può spiegare anche perché il picco del lattato ematico post-esercizio si presenta più precocemente in un esercizio aerobico e nei soggetti più giovani.

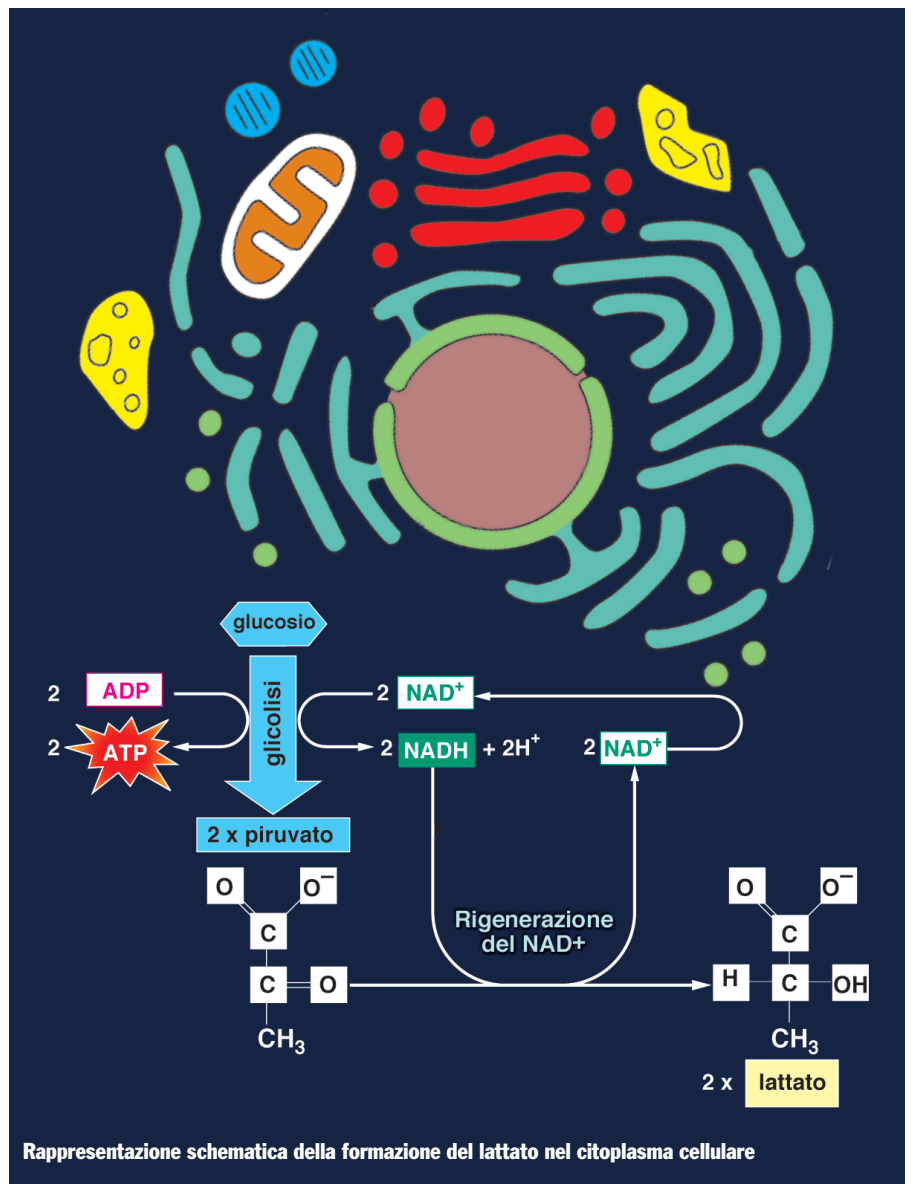
1.4. Quale validità si può attribuire al concetto di soglia anaerobica?

La validità della SA può essere messa in discussione non soltanto dal punto di vista delle teorie erranee che ne sono alla base, ma anche per:

1.4.1. il numero delle tecniche in grado di determinarla:

un totale di trentaquattro repertorate da Léger, Tokmakidis (1987: 19 invasive e 15 non invasive!) Per cui, sulla stessa curva che determina la lattacidemia durante un esercizio triangolare, è possibile ottenere 10 diverse SA!

Per definire arbitrariamente un punto, la SA, su un continuum fisiologico, alcuni hanno dato prova di molte capacità imma-



Rappresentazione schematica della formazione del lattato nel citoplasma cellulare

ginative e speculative, per cui possiamo prendere a prestito questa battuta di Péronnet (1995): "Indubbiamente, se per scovare la soglia anaerobica sono stati profusi sforzi e tesori d'immaginazione, può essere che non essere riusciti a trovarla sia anche considerabile come una prova che forse...non esiste";

1.4.2. la mancanza di validità interna:

anche se si sceglie, arbitrariamente, una delle tecniche per determinare una SA, essa può variare in funzione:

- di alcune manipolazioni sperimentali: ad esempio, nello stesso soggetto, un dieta ricca o povera di glucidi può spostare, rispettivamente, verso destra o verso sinistra, la curva di aumento delle concentrazioni ematiche di lattato e così spostare la SA (Maasen, Busse 1989);
- dal livello di deplezione delle riserve di

glicogeno delle fibre muscolari sollecitate (Ivy et al. 1981; Hugues et al. 1982; Yoshida et al. 1984). Per cui, un atleta che si è sottoposto ad un notevole allenamento della resistenza aerobica il giorno prima di una valutazione, è molto probabile che incorra in uno spostamento verso destra della sua curva del lattato ematico e quindi della sua SA. Ciò non è affatto un indice che ha migliorato il suo stato di allenamento, ma semplicemente uno stato di deplezione del glicogeno dei muscoli sollecitati! Perciò, prima di ogni valutazione che preveda lattacidemia, si dovrebbe raccomandare un periodo di 48 ore di riposo ed un regime dietetico equilibrato;

- dai protocolli delle prove di valutazione utilizzati. Così, la cinetica del lattato può variare a seconda dei protocolli: triangolare, rettangolare o misto, con o senza pause, secondo la frequenza di pedalata, ecc....;

1. 4. 3. dal livello di allenamento e dalla sua specificità:

se si sceglie la percentuale del $\dot{V}O_2$ max che corrisponde, ad esempio, ad una lattacidemia di $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, secondo i dati dell'abbondante letteratura in materia, la SA a 4 mmol si troverebbe tra il 50 ed il 55% in un soggetto sedentario, tra il 60 ed il 68% in un velocista, tra il 70 e l'80 in atleti di altri sport, soprattutto degli sport di squadra, e tra l'85 ed il 92% negli atleti resistenti e molto resistenti. Se si escludono i velocisti, per i quali la ricerca di un'eventuale SA non svolge un ruolo nella gestione delle intensità dell'allenamento, attualmente nessuno studio longitudinale permette di dimostrare la fondatezza di allenarsi a livello di questa o quella soglia o completamente senza soglia, in quanto le tecniche per determinare le soglie sono così numerose e le loro variazioni sono così notevoli che, come succedeva per Monsieur Jourdan per la prosa (il protagonista di una commedia di Molière che si stupiva di parlare in prosa...senza saperlo, n.d.t.) per quanto riguarda l'allenamento ci si allena: "sempre sulla base di questa o quella soglia anaerobica lattacida (...) senza saperlo" (Péronnet (1995).

Per riepilogare questa prima parte, ogni volta che viene proposta una soglia anaerobica lattacida è indispensabile porsi sempre queste tre domande:

- di quale soglia si tratta?
- su quale teoria si basa?
- quali dati sperimentali permettono di provare che è efficace per guidare l'allenamento ed ottenere risultati migliori?

Comunque alcuni consigli: se, malgrado tutto, una cinetica del lattato ematico risulta utile per valutare lo stato di allenamento di un atleta e seguire l'evoluzione dei suoi adattamenti fisiologici, è opportuno ricordarsi che la lattacidemia dipende:

- dalla natura e dal tipo di allenamento;
- dall'intensità e dalla durata dell'esercizio (cioè dalla natura del protocollo d'esercizio);
- dall'ampiezza della massa muscolare coinvolta nell'esercizio;
- dalla qualità dei muscoli sollecitati e dalle loro percentuali di fibre FT e ST che li compongono;
- dall'età di chi viene valutato;
- dalle sue riserve iniziali di glicogeno muscolare, quindi dall'allenamento e dal tipo di alimentazione precedenti la valutazione;
- dal punto di prelievo del sangue.

Per questa ragione, consigliamo di rispettare queste condizioni:

- fare riposare il soggetto da valutare almeno per 48 ore prima della valutazione;
- consigliargli una dieta mista equilibrata (evitare un apporto glucidico elevato);
- realizzare la prova sempre nello stesso momento della giornata;
- per eliminare il lattato prodotto dalle ghiandole sudoripare, lavare con l'acqua il punto del prelievo, in quanto il lattato è solubile in acqua, ed asciugarlo bene;
- eseguire il prelievo sempre nello stesso punto e nello stesso momento dopo l'esercizio;
- mantenere lo stesso protocollo e lo stesso ergometro

In queste condizioni, è possibile realizzare un controllo coerente, sovrapponendo più curve del lattato di uno stesso soggetto, ma non confrontare tra loro i risultati di uno o più soggetti.

Seconda parte

Spesso, visto che la glicolisi o la glicogenolisi permettono la sintesi di solo due o tre molecole di ATP e sono accompagnate dalla produzione di lattato, si sottolinea il loro cattivo rendimento energetico ed il lattato viene accusato di essere responsabile di tutti i mali muscolari immaginabili... Ma come stanno le cose, esattamente?

2.1. La glicogenolisi ha realmente un cattivo rendimento energetico?

Il modello proposto da di Prampero, Ferretti (1999) è quello che permette meglio di rispondere a questa prima domanda. Prendiamo una molecola di glicogeno: sappiamo che il suo potenziale energetico è di $2\,880 \text{ kJ}$. Il bilancio energetico del suo catabolismo in due molecole di lattato corrisponde ad una spesa energetica di 197 kJ che ha permesso la sintesi di 3 molecole di ATP. Ora, nelle condizioni cellulari, la sintesi di una mole di ATP richiede circa 50 kJ . Perciò il rendimento della glicogenolisi è:

$$(50 \cdot 3) \cdot 100/197 = 76\%$$

mentre le molecole di lattato presentano ancora un potenziale energetico di $2\,880 - 197 = 2\,683 \text{ kJ}$! Ora, utilizziamo lo stesso ragionamento per confrontare la glicogenolisi al processo aerobico. L'ossidazione totale delle due

molecole di lattato che si sono formate permette di risintetizzare 36 ATP e porta alla formazione di $6 \text{ H}_2\text{O}$ e di 6 CO_2 . L'acqua ed l'anidride carbonica che si sono così formate non hanno alcun valore energetico e vengono eliminate a più o meno breve termine. Sono esse i veri rifiuti della combustione cellulare e non il lattato, la cui eliminazione è trascurabile. Il rendimento energetico dell'ossidazione delle due molecole di lattato è quindi:

$$(50 \cdot 36) \cdot 100/2\,683 = 67\%$$

di quasi il 10% minore della glicogenolisi anaerobica.

Notiamo, comunque che, secondo Murray et al. (1995), in condizioni standard, la variazione di energia libera dell'ATP è $-7,3 \text{ kcal}$, ovvero $-30,5 \text{ kJ}$. Il rendimento della glicolisi anaerobica diventa $46,6\%$ e non più 76% e quello dell'ossidazione completa del lattato $41,1\%$ e non più 67% .

2.2. Che ne è del suo rendimento meccanico?

Riprendiamo l'esempio di Péronnet (1995) di un atleta di alto livello che produce una mole di lattato alla fine di un 400 m o un 800 m di corsa (che secondo Lacour et al. (1990) rappresenta una stima del tutto corretta alla fine di questo tipo di corsa). Per produrre una mole di lattato, è stato necessario il catabolismo di $1/2$ mole di glucosio, ovvero:

$$90 \text{ g di glucosio} - 9 \text{ g d'acqua} = 81 \text{ g di glicogeno}$$

Attraverso la glicolisi anaerobica può essere fornito, in un lasso di tempo da 2 a 3 s, il 100% di energia ed in circa 40 s può essere formata 1 mole di lattato, che permette di estrarre $95,5 \text{ kJ}$ per sintetizzare $1,5 \text{ ATP}$ (cfr. precedentemente: $197 \text{ kJ}/2 = 98,5 \text{ kJ}$) e fornisce una potenza di $98\,500 \text{ J} \cdot 40 \text{ s}^{-1} = 2\,463 \text{ W}$.

Attraverso una via esclusivamente aerobica, il 100% di energia viene fornito in circa 2-3 minuti e sono necessari $67,5 \text{ l}$ di O_2 per ossidare completamente $1/2$ mole di glucosio. Tenendo conto dell'aggiustamento iniziale del $\dot{V}O_{2r}$, per un soggetto capace di mantenere un $\dot{V}O_{2\text{max}}$ di $5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (che è molto rispettabile!) gli saranno necessari circa quattordici minuti per ossidare questa $1/2$ mole di glucosio. Ora, sappiamo che il potenziale di $1/2$ mole di O_2 è $2\,880 \text{ kJ} = 1\,440 \text{ kJ}$, che corrisponde ad una potenza di $1\,440\,000 \text{ J}/840 \text{ s} = 1\,714 \text{ W}$.

Inoltre, tenendo conto del relativo rendimento delle due vie metaboliche: 76% per quella anaerobica lattacida e 67% per quella aerobica, la differenza è ancora più

ESERCIZIO MUSCOLARE INTENSO

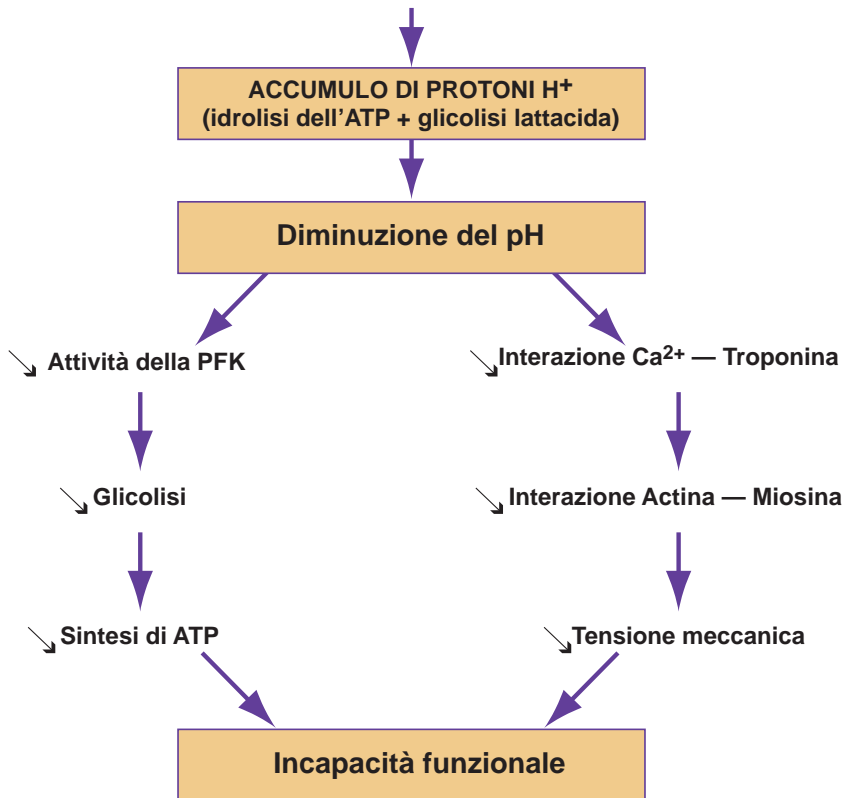


Figura 5 –

notevole, rispettivamente $2\,463 \cdot 0,76 = 1\,872$ W e $1\,714 \cdot 0,67 = 1\,148$ W, ovvero una differenza di 724 W in favore della via anaerobica, che vogliono dire il 63% in più.

Di conseguenza, contrariamente a ciò che si afferma talvolta, sia a livello bioenergetico sia a livello biomeccanico, la glicolisi anaerobica ha un rendimento nettamente superiore a quello della via aerobica.

2.3. La fatica è dovuta all'accumulo di lattato?

Chi non ha imputato all'acido lattico la responsabilità della "tetanizzazione" muscolare e degli arti inferiori che si producono dopo un esercizio estremamente intenso, come una corsa su 400 m? L'abitudine di parlare dell'acido lattico deriva dal suo riferimento alla glicolisi *in vitro*, oppure alla normale concomitanza della produzione di protoni H^+ e di anioni di lattato *in vivo*. È la concentrazione di protoni e non quella di lattato che interviene nelle

modificazioni acido-basiche e nelle alterazioni omeostatiche che (...forse) sono all'origine della fatica. "Di fatto, il lattato non è che il testimone innocente della presenza dei protoni" (Cailler et al. 1996) e sappiamo come la maggior parte di essi sia il risultato dell'idrolisi dell'ATP (equazione 1) e non della glicolisi e della glicogenolisi, alle quali l'assenza totale di capacità di riassorbimento protonico della prima, o la scarsa capacità di tale riassorbimento della seconda, conferisce le proprietà acidificanti alle quali ci si riferisce nel tentativo di spiegare i fenomeni della fatica muscolare (Cailler et al. 1996). La velocità di accumulo dei protoni è una funzione diretta del livello di attivazione della glicolisi (Gollnick et al. 1974) e dunque dell'intensità d'esercizio e del reclutamento progressivo delle fibre FT (Helal et al. 1987; Donovan, Pagliassotti 2000). L'acidosi metabolica che ne risulta viene considerata, da numerosi Autori, il fattore principale di fatica e di interruzione dell'esercizio intenso e di breve durata, da 30 s a 5 min (Shalin 1991). Per spiegare la fatica muscolare sono state avanzate diverse ipotesi. Il modello elaborato da Hermansen (1977),

che ne sintetizza le principali, è quello che viene attualmente citato più spesso (figura 5).

Secondo questo modello, *in vitro*, l'accumulo di protoni H^+ comporta un notevole abbassamento del pH cellulare (7,36) che inibisce l'attività dell'enzima regolatore della glicolisi: la *fosfofruttochinasi* o PFK (Dobson et al. 1986). Questa inibizione provocherebbe l'arresto della glicolisi e di conseguenza l'arresto della sintesi dell'ATP (Hermansen 1981; Sahlin 1986) e, con ciò, una diminuzione della forza contrattile, sinonimo di incapacità funzionale. Sempre *in vitro*, i protoni entrerebbero in conflitto con gli ioni calcio, impedendo loro di interagire con i siti del calcio della troponina (Hermansen 1981; Inesi, Hill 1983; Metzger, Fitts 1987). In queste condizioni, non può essere eliminata l'inibizione, esercitata a riposo, dal complesso troponino-tropomiosinico sulla formazione dei ponti actomiosinici: perciò non si potrebbe produrre la contrazione muscolare.

Queste due possibili cause della diminuzione funzionale, legata all'accumulo di protoni H^+ , cioè alla diminuzione del pH, però non resistono ai dati sperimentali *in vivo*. In effetti, l'inibizione della PFK viene parzialmente eliminata quando si ricostituisce l'ambiente intracellulare di un muscolo attivo. Ad esempio, aggiungendo fosfato inorganico (Pi) ADP, AMP ed una bassa concentrazione di fruttosio-6-fosfato (F6P), l'inibizione della PFK viene superata, e si ritrova dal 70 all'80% della sua massima attività enzimatica (Dobson et al. 1986).

D'altronde, due studi recenti (Shalin, Ren 1989; Arnold et al. 1994), che riguardano la competizione tra protoni e ioni calcio, sollevano attualmente un dubbio serio sulla fondatezza dei risultati ottenuti *in vitro* per tentare di spiegare la diminuzione della tensione muscolare concomitante con una caduta del pH! Da due a tre minuti di recupero sono sufficienti, affinché il muscolo possa recuperare la sua capacità funzionale, dopo interruzione per esaurimento successiva ad un esercizio intenso che aveva provocato una notevole diminuzione del pH (Sahlin, Ren 1989). Ora, il controllo delle variazioni del pH attraverso la risonanza magnetica nucleare mostrano che, per ritrovare il suo valore di riposo, sono necessari 10 min (Arnold et al. 1994).

Di conseguenza, sebbene l'acidosi sia concomitante con la fatica muscolare e l'incapacità funzionale, questi dati sperimentali sembrano indicare che non vi sono relazioni da causa ad effetto tra la caduta del pH e la diminuzione della forza contrattile.

La forza muscolare rappresenta il risultato del concatenarsi di numerose tappe neuro muscolari e metaboliche, durante le quali un'alterazione dell'equilibrio acido-basico può provocare una disfunzione specifica, per cui sarebbe molto riduttivo pensare ad una sola causa della fatica, mentre questa, probabilmente, è il risultato dell'interazione complessa di numerosi fattori. Attualmente, non si sa, in maniera precisa in quale punto e come questa interazione perturbi o rompa la catena della tappe neuro muscolari e/o metaboliche del lavoro muscolare nel caso di affaticamento.

2.4. È l'accumulo di lattato che provoca i crampi?

I crampi possono presentarsi contemporaneamente ad un forte accumulo di lattato, ma se vi fosse una relazione da causa ad effetto, ogni volta che si accumula lattato si produrrebbero crampi. Per fortuna, ciò non succede nelle attività che comportano una forte produzione di lattato come le corse sui 400, 800, 1 500 m, i 100, 200 m di nuoto od il chilometro od i 5 km nel ciclismo. In esse, spesso, si rilevano lattacidemie da 20 a 25 mmol · l⁻¹ senza che gli atleti accusino crampi. Invece, in sport dove troviamo uno scarso accumulo di lattato, ad esempio il calcio o le corse su lunghe distanze (mezza-maratona, maratona) non è infrequente che gli atleti soffrano di crampi. Inoltre, si può soffrire di crampi durante il sonno, nel momento in cui la lattacidemia è più bassa! Anche in linea teorica, al limite, un notevole accumulo di protoni potrebbe spiegare un'inibizione parziale della contrazione muscolare, ma non una contrazione prolungata, come è il caso del crampo muscolare.

Di conseguenza, il crampo non ha nulla a che vedere, né da vicino, né da lontano, con l'accumulo di acido lattico. Si tratta di un fenomeno che non è ben conosciuto, che è, probabilmente, prodotto da una iper eccitabilità muscolare dovuta ad alterazione dell'equilibrio dei fluidi e dei sali minerali, provocato sia dalla disidratazione sia da carenze di minerali.

2.5. L'accumulo di lattato provoca indolenzimenti muscolari?

Come è il caso dei crampi, gli indolenzimenti o dolori muscolari tardivi si possono produrre quando vi è un notevole accumulo di lattato, senza però che vi sia relazione da causa ad effetto.

2.5.1 Dolori muscolari e muscoli non allenati (Friden et al. 1983; Hagerman et al. 1984)

Primo caso: se ad un nuotatore molto allenato viene richiesto di realizzare più rapidamente possibile una corsa di 400 m, accumulerà una notevole quantità di lattato e l'indomani ed i giorni seguenti accuserà forti dolori della muscolatura degli arti inferiori. Un primo riflesso sarebbe quello d'incriminare l'accumulo di lattato come fanno la maggior parte degli allenatori e non solo essi...

Secondo caso: se allo stesso nuotatore si chiede di nuotare 100 m alla massima velocità, l'accumulo di lattato sarà sempre notevole, senza che subentrino dolori muscolari tardivi. Lo stesso avviene se si chiede ad un corridore allenato specificamente per i 400 m di correre questa distanza, od una vicina.

In generale, i dolori muscolari tardivi si presentano inevitabilmente, anche nell'atleta molto allenato, quando realizza un esercizio non abituale che sollecita intensamente un gruppo muscolare non allenato a questo tipo di esercizio.

2.5.1 Dolori muscolari e lavoro muscolare eccentrico

Qui si può citare l'esperienza di Schwane et al. (1980), che hanno fatto correre gli stessi soggetti su un nastro trasportatore in piano ed in discesa (lavoro muscolare eccentrico). In questo secondo esperimento, la lattacidemia era significativamente minore, mentre il giorno dopo venivano nettamente avvertiti dolori muscolari, valutati attraverso un questionario. Ciò non avveniva dopo la corsa in piano. In generale, il lavoro eccentrico comporta un minore accumulo di lattato, ma, abitualmente provoca dolori muscolari tardivi. Come avviene, ad esempio nelle discese a piedi dopo una lunga escursione in montagna.

Di conseguenza, tutti questi esempi mostrano che i dolori muscolari non hanno neppure lontanamente una relazione da causa ad effetto con l'accumulo di lattato nel muscolo.

Essi potrebbero essere causati da quattro fattori:

- micro lesioni del tessuto muscolare e perimuscolare;

- modificazione della pressione osmotica legata ad un accumulo di metaboliti intracellulari, che comportano una ritenzione d'acqua nei tessuti circostanti;
- spasmi muscolari;
- stiramento eccessivo e microlesioni di parti del tessuto connettivo intramuscolare e tendineo.

La tesi che sembra attualmente più accettata è quella delle micro lesioni, che si basa sull'aumento sierico della creatinfosfochinasi (CPK) e della mioglobina (MG), che testimoniano l'esistenza di micro lesioni muscolari e peri muscolari, e su quello delle concentrazioni urinarie di idrossiprolina, che interviene nel metabolismo del collagene, che provano l'esistenza di micro traumi del tessuto connettivo tendineo che accompagnano i dolori muscolari tardivi.

I dolori muscolari susseguenti ad una ripresa dell'allenamento (muscoli "fragili" e non sufficientemente allenati), o ad esercizi intensi e non abituali, eseguiti anche da atleti bene allenati, sarebbero legati alla tesi delle micro lesioni muscolari e peri muscolari, mentre i dolori tardivi susseguenti ad esercizi pliometrici (nei quali viene utilizzato il lavoro muscolare eccentrico) sarebbero legati alla tesi delle micro lesioni del tessuto connettivo muscolare e tendineo, come provato dall'aumento dell'idrossiprolina urinaria (Byrnes et al. 1985). In ambedue i casi programmare prima, durante e dopo gli esercizi intensi, un buon riscaldamento progressivo associato a, e seguito da, esercizi di allungamento statici, serve non soltanto a prevenire il dolore, ma anche ad alleviarlo.

Per saperne di più leggere soprattutto:

Cailler J. et al., Le proton: exercice et fatigue, Science et Sport, 11, 1996, 53-63.
Péronnet F., Significations et limites de la lactatémie nel controllo dell'allenamento, in: Cazorla G., Robert G. (a cura di), Actes du troisième Colloque internationale de la Guadeloupe, 15-17 dicembre 1994, Entraînement - Superentraînement - Désentraînement (ed. AREAPS), 209-226.
Sahlin K., Metabolic aspects of fatigue in human skeletal muscle, Med. Sport Sci. 34, 1992, 4-68.

Traduzione di M. Gulinelli da Staps, 54, 2001, 63-76, Revisione terminologica: Dott. Pasquale Bellotti.

Titolo originale: *Lactate et exercice: mythes et réalités.*

Bibliografia

- Arnold D. L. et al., Metabolic recovery after exercise and the assessment of mitochondrial function, in vivo, in human skeletal muscle by means of ^{31}P NMR, *Magn. Res. Med.*, 1, 1994, 307-313.
- Bonen, A., Lactate transporter (MCT proteins) in heart and skeletal muscles, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 4, 778-789.
- Brooks G. A., Fahey T. D., Lactic acid turnover during exercise (production versus removal), in: Brooks G. A., Fahey T. D. (a cura di), *Exercise physiology. Human Bioenergetics and its Applications*, Wiley J. and Sons, 1984, 202-203.
- Brooks G. A., Fahey T. D., White T. P., *Exercise physiology*, 2° ed., Mountain View, Cal., Mayfield Publishing Company, 1996.
- Brooks G. A. et al., Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate shuttle, *Proc. Natl. Acad. Sci. Usa* 1996, 1999, 1129-1134.
- Brooks G. A., Intra- and extracellular lactate shuttles, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 4, 790-799.
- Byrnes W. C. et al., Muscle soreness following resistance exercise with and without eccentric contractions, *Res. Quart. Exer. Sport*, 1985, 56, 283.
- Chance B., Quirstorff B., Study of tissue oxygen gradients by single of multiple indicators, *Adv. Exp. Med. Biol.*, 94, 1978, 331-338.
- Chirtel S. J. et al., Net O_2 , CO_2 , lactate and acid exchange by muscle during progressive working contractions, *J. Appl. Physiol.*, 56, 1984, 161-165.
- Connett R. J. et al., Lactate accumulation in fully aerobic working dog gracilis muscle, *Am. J. Physiol.* 246, 1984, H 120-H 128.
- di Prampero P. E., Ferreti G., The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts, *Resp. Physiol.*, 118, 1999, 103-115.
- Dobson G. P. et al., Phosphofructokinase control in muscle: nature and reversal of pH dependent ATP inhibition, *Am. J. Phys.*, 250, 1986, R 71-R 76.
- Donovan C. M., Pagliassotti M. J., Quantitative assessment of pathways for lactate disposal in skeletal muscle fiber types. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 4, 772-777.
- Fagerman F. C. et al., Muscle damage in marathon runners, *Phys. Sports Med.*, 12, 1984, 11, 39.
- Fitts R. H., Cellular mechanisms of muscle fatigue, *Physiol. Rev.*, 74, 1994, 1, 49-94.
- Friden J. et al., Myofibrillar damage following eccentric exercise in man, *Int. J. Sports Med.*, 4, 1983, 170.
- Fukuba Y. et al., New mathematical modelling of blood lactate kinetics during ramp mode exercise in man, *Jap. J. Physiol.*, 39, 1989, 325-334.
- Gollinick P. D., Piehl K., Saltin B., Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and a varying pedalling rates, *J. Physiol (Londra)*, 24, 1974, 45-57.
- Gollnick P. D. et al., Selective glycogen depletion pattern in human: muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates, *J. Physiol.*, 56, 1987, 643-649.
- Green H. J. et al., Anaerobic threshold, blood lactate, and muscle metabolite in progressive exercise, *J. Appl. Physiol.* 54, 1983, 1032-1038.
- Helal J. N. et al., The aerobic-anaerobic transition: re-examination of the threshold concept including an electromyographic approach, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56, 1987, 643-649.
- Hermansen L., Effect of metabolic changes on force generation in skeletal muscle during maximal exercise, in: Porter S. (a cura di), *Human muscle fatigue: Physiological mechanisms*, Londra, Pitman, 1981, 78-88.
- Hermansen L., Facteurs limitants intervenant au cours de l'exercice maximal de durée brève, 1977, C. R. Colloque Saint Etienne.
- Hugues E. F. et al., Effects of glycogen depletion on pedalling speed on "anaerobic threshold", *J. Appl. Physiol.*, 52, 1984, 200-205.
- Hultmann E., Greenhaff P. L., Ren J. M., Söderlund K., Energy metabolism and fatigue during intense muscle contraction, *Biochem. Soc. Trans.*, 19, 1991, 347-353.
- Inesi G., Hill T. L., Calcium and proton dependence of sarcoplasmic reticulum ATPase, *Biophys. J.*, 44, 1983, 271-280.
- Ivy J. L. et al., Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability, *Int. J. Sports Med.* 2, 1982, 139-142.
- Juel C. et al., Muscle lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles: dependence on fibre type and age, *Acta Physiol. Scand.*, 143, 1991, 361-365.
- Karlsson J., Lactate in phosphagen concentrations in working muscle of man, *Acta Physiol. Scand.*, 358 (suppl), 1971, 7-72.
- Lacour J. R. et al., Post competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400 m and 800 m races, *Eur. J. Appl. Physiol.* 61, 1990, 172-176.
- Léger L., Tomakidis S., Use of heart rate deflection to assess the anaerobic threshold (Letter to the editor), *J. Appl. Physiol.*, 64, 1988, 1758-1760.
- Londeree B., Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta analysis, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29, 1997, 6, 837-843.
- Maassen N., Busse W., The relationship between lactic acid and work load: a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency?, *Eur. J. Appl.* 58, 1989, 728-737.
- Mc Dermot G., Bonen A., Endurance training increases skeletal muscle lactate transport, *Acta Physiol. Scand.*, 147, 1993, 323-327.
- Metzger J. M., Moss R. L., Greater hydrogen ion-induced depression of tension and velocity in skinned single fibers of rat fast than slow muscles, *J. Physiol. (Londra)*, 393, 1987, 727-742.
- Metzger J. M., Fitts R. H., Role of intracellular pH in muscle fatigue, *J. Appl. Physiol.* 62, 1987, 1392-1397.
- Murray R. K., Granner D. K., Mayes, P. A., Rodwell V.W., *Précis de biochimie*, de Harper, St Nicolas, Quebec, Presses de l'université Laval, 1995.
- Pate E., Bhimani M., Franks-Shiba K., Cooke R., Reduced effect of pH on skinned rabbit psoas muscle mechanics at high temperatures: implications for fatigue, *J. Physiol.*, 486, 1995, 3, 689-694.
- Pimay E. et al., Analysis of femoral venous blood during maximum muscular exercise, *J. Appl. Physiol.*, 33, 1972, 289-292.
- Pilegaard H. et al., Lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles from rats effect of training, *Am. J. Physiol.* 263, 1993, E 156-E 160, 1993.
- Renaud J. M., Stein R. B., Gordon T., The effects of pH on force and stiffness development in mouse muscles, *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 65, 1987, 1798-1801.
- Roberts D., Biochemical aspects of peripheral fatigue: a review, *Sports Med.*, 7, 1989, 125-138.
- Roth D. A., The sarcolemmal lactate transporter: transmembrane determinants of lactate flux, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23, 8, 1991, 925-934.
- Roth D. A., Brooks G. A., Lactate transport is mediated by a membrane-bound carrier in rat skeletal muscle sarcolemmal vesicles, *Arch. Biochem. and biophysics*, 279, 1990, 2, 377-385.
- Sahlín K., Role of intracellular pH in fatigue, in: Atlan, Beliveau, Bouissou (a cura di), *Muscle fatigue: Biochemical and physiological aspects*, Parigi, Masson, 1991.
- Sahlín K., Ren J. M., Relationship of concentration capacity to metabolic changes during recovery from fatiguing contraction, *J. Appl. Physiol.*, 67, 1989, 648-654.
- Schawne J. A. et al., Is lactic related to delayed onset muscle soreness?, *Phys. Sport Med.*, 11, 1983, 124-131.
- Spriet L. L. et al., An enzymatic approach to lactate production in human skeletal muscle during exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32, 2000, 4, 756-763.
- Vollestad N. K., Blom P. C. S., Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibres, *Acta Physiol. Scand.*, 125, 1983, 395-405.
- Weltman A., The blood lactate response to exercise, Champaign, Ill., Human Kinetics, 1995.
- Yoshida T., Effects of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 241, 1987, 45-47.
- Zouloumian P., Freund H., Lactate after exercise in man: the mathematical model, *Eur. J. Appl. Physiol.* 46, 1981, 135-141.

Véronique Billat, *Università di Lilla 2,*
Facoltà di scienze dello sport,
"Studio della motricità umana"

Il contributo della scienza all'allenamento sportivo

L'esempio delle corse di
fondo e di mezzofondo
(prima parte)

Viene analizzata l'evoluzione del contributo delle scienze della vita e della salute in generale, e della fisiologia in particolare, allo sviluppo dei risultati e dei metodi di allenamento delle corse di fondo (dai 10 000 alla maratona). Infatti, i fattori limitanti di queste prove sono principalmente d'ordine fisiologico, e, soprattutto, bioenergetico. Se si esamina la progressione (regolare) delle migliori prestazioni mondiali nella maratona dalla fine del XIX secolo ad oggi, è impossibile individuare un progresso straordinario, attribuibile a questa od a quella scoperta scientifica. Attualmente è possibile distinguere zone di velocità, corrispondenti a risposte fisiologiche particolari, che permettono di migliorare su distanze di corsa diverse. Si distinguono tre velocità che delimitano quattro zone d'intensità: 1° la velocità massima nello stato stabile di lattacide-mia, il cui tempo limite è un'ora; 2° la velocità critica (asinteto della relazione tempo limite a $\dot{V}O_2$ max e distanza limite a $\dot{V}O_2$ max) il cui tempo limite è di 30 min e 3° la velocità minima che sollecita il $\dot{V}O_2$ max ($v\dot{V}O_2$ max o velocità massimale aerobica) determinata durante un test triangolare, come il test di Léger. Per gli atleti di alto livello queste velocità corrispondono alle velocità specifiche della mezza maratona, dei 10 000 e dei 3 000 m. I programmi di allenamento non sono molto diversi secondo le epoche e le scuole, ma è attualmente possibile analizzare le cause di una riuscita o di un insuccesso, se il volume di allenamento realizzato a queste velocità viene collegato con le modificazioni fisiologiche.



Introduzione: la posta in palio nell'approccio scientifico all'allenamento

L'avvenire dello sport di alto livello sarà deciso nei prossimi dieci anni. Infatti, la credibilità delle prestazioni del passato ed attuali è inficiata dal grande caos del doping. In questo articolo non discuteremo le cause di questa improvvisa caccia al doping (cfr. *Le système des sport* di Paul

vevano in prosa" senza saperlo, mettendo a punto metodi di allenamento che gli scienziati riuscivano a spiegare ed a convalidare molti anni dopo.

Quindi, ripercorreremo questo secolo di progressi nelle tecniche di allenamento e di concetti fisiologici applicati agli effetti dell'esercizio sul corpo umano. Gli enormi progressi che sono già stati realizzati in questo campo, ci potrebbero permettere di prevedere quale sarà l'avvenire di un alle-

proprie sensazioni è possibile, ma solo dopo che si è appreso come fare corrispondere la propria percezione dell'intensità dell'esercizio con le risposte fisiologiche. Si tratta di un apprendimento che è possibile fin da una età precoce (da 9 ad 11 anni) attraverso la scala della percezione della difficoltà dell'esercizio, sia in funzione della sua intensità (velocità) che della sua durata (Garçon et al. 1998).

Tabella 1 – Velocità record della specie umana (maschi) in funzione della distanza e della durata nella corsa a piedi (al 1° marzo 1999). * Queste velocità sono prossime alla velocità minima che sollecita il $\dot{V}O_2$ max, cioè la massima velocità aerobica (VMA)

Distanze (m, km)	Record maschili (h, min, s)	Velocità (km · h ⁻¹)	Record femminili (h, min, s)	Velocità (km · h ⁻¹)
100 m	9,84 s	36,50	10,49 s	34,32
200 m	19,32 s	37,27	21,34 s	33,73
400 m	43,29 s	33,26	47,60s	30,35
800 m	1min41,11 s	24,48	1min53,28s	25,42
1.500 m	3min26,00s	26,21	3min50,46s	23,43
1.609 m	3min44,39s	25,82	4min12,56s	22,93
2.000 m*	4min47,88s	25,01	5min25,36s	22,12
3.000 m*	7min20,67s	24,51	8min06,11s	22,21
5.000 m	12min39,36s	23,70	14min28,09 s	20,74
10.000 m	26min22,75s	22,75	29min31,78 s	20,32
20 km	54min55,06s	21,85	1h6min48,8 s	17,96
21,00 su strada	59min17s	21,36	1h06min43 s	18,97
21,101 su pista	1h00min00s (record dell'ora)	21,10	18,34 km (record dell'ora)	18,34
25 km su strada	1h13min55,8s	20,29	-	-
30 km	1h29min18,1s	20,15	-	-
42,195 km	2h06min05s	20,08	2h20min47,0s	17,98
100 km	6h32min20s	16,38	-	-
200 km	16h32min20s	12,09	-	-
452,27	48h	9,42	-	-
1.023,2 km	144 h (6 giorni)	7,11	-	-

Yonnet). Comunque dopo esserci chiesti: "ma che fa la polizia?" è venuta l'ora di interrogarsi su quale sia stato il contributo della scienza al settore dell'allenamento sportivo.

Come esempio significativo del contributo delle scienze della vita e della salute, e della fisiologia in particolare, si può esaminare l'evoluzione delle prestazioni e dei metodi di allenamento nelle corse di fondo (dai 10.000 alla maratona). In effetti, i fattori limitanti di queste prove sono principalmente di ordine fisiologico, ed in particolare bioenergetico.¹

Se si esamina la progressione (regolare) delle migliori prestazioni mondiali sulla maratona, a partire dalla fine del XIX secolo, è impossibile individuare un miglioramento straordinario che possa essere attribuito a questa o quella scoperta scientifica. Però, si può constatare che, molto spesso, allenatori ed atleti, come il protagonista di una commedia di Molière, "scri-

namiento senza doping. A condizione però che ci si doti dei mezzi necessari per formare i quadri tecnici.

Per illustrare quanto vogliamo dimostrare abbiamo scelto le corse di fondo (dai 3.000 m alla maratona) che, attualmente in Francia, contano quattro milioni di praticanti. La maratona ormai non fa più paura e tutti vogliono migliorarsi secondo le loro capacità fisiche ed il tempo che hanno a disposizione. Per farlo è possibile un allenamento "su misura" se si adegua meglio il profilo energetico del corridore (del quale preciseremo le determinanti) alla specificità fisiologica e biomeccanica della corsa di fondo.

Infatti, un allenamento scientifico richiede la verifica di quali siano le risposte fisiologiche (frequenza cardiaca, consumo d'ossigeno, lattacidemia, volume ventilatorio) ad una gamma di velocità, vicine alla velocità di gara.

Migliorarsi correndo, basandosi solo sulle

1. L'inizio del secolo e l'inizio dell'analisi matematica e fisiologica dei record di corsa della specie umana

Il primo articolo nel quale è stato studiato il futuro dei record di corsa è stato pubblicato nel 1906. Il suo autore, Kennely (ingegnere elettrico ad Harvard) affrontava, per la prima volta, la forma di relazione che lega la velocità in funzione del tempo (curva di rendimento). Successivamente, a questo tipo di approccio contribuì il fisiologo, premio Nobel, Archibald Vivian Hill (1927), un pioniere della bioenergetica muscolare, al quale si deve l'introduzione di molti concetti (massimo consumo d'ossigeno², debito di ossigeno³) che furono da lui utilizzati per spiegare la forma che assume la relazione velocità-tempo nella corsa a piedi, elaborata partendo dal record del mondo sui 100 m alla maratona (tabella 1).



Foto: BRUNO

In questa curva, si possono individuare sezioni di durata dell'esercizio nelle quali la perdita di velocità non è notevole. Infatti, in una corsa la cui durata raddoppia passando da 10 a 20 s, la velocità si mantiene a 36 km/h e per quella la cui durata passa da 1h a 2 h, si perde solo $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Invece, in certe sezioni della curva che collega velocità e tempo di corsa, esistono flessioni che mostrano enormi perdita di velocità per durate assai vicine, come, ad esempio dal primo al secondo minuto di corsa, dove le velocità scende da 33 a $28 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Lo studio di questa curva ha permesso, ai fisiologi d'inizio secolo, di ipotizzare e scoprire similitudini per quanto riguarda i fattori limitanti e le qualità energetiche richieste per queste diverse coppie velocità-durata, che determineranno la prestazione, cioè il tempo impiegato su una data distanza, stabilita dai regolamenti delle Federazioni sportive.

Vale la pena di constatare che, questa relazione tra velocità e durata della sua conservazione, non è cambiata durante questo secolo. Ciò vuole dire che l'evoluzione dei record del mondo sulle brevi e lunghe distanze, si è realizzata in modo uniforme per tutto il secolo e che si può correre più a lungo a 36 km/h, ma anche a 20 km/h (ricordiamo che non sono gli stessi atleti che realizzano le prestazioni sulle brevi e sulle lunghe distanze).

Se si consulta la tabella 1 si può constatare che le donne corrono, su tutte le distanze, ad una velocità che è di circa 2 km/h inferiore a quella degli uomini. Ciò vuole dire che le loro prestazioni sulle lunghe distanze sono in ritardo rispetto a quelle brevi, e, probabilmente, ciò è dovuto ai regolamenti che hanno inserito la maratona olimpica nel programma dei Giochi olimpici solo in occasione di quelli di Los Angeles 1984.

2. Dalla prestazione alle caratteristiche fisiologiche del corridore

Chiediamoci ora quali siano i parametri energetici che ci permettono di prevedere i risultati di un corridore sulle lunghe distanze, da quando questi fattori sono noti e quali sono le nuove strade per approfondire la nostra conoscenza dell'energetica umana.

I parametri che permettono di prevedere le prestazioni di un corridore sono:

1. la *potenza metabolica* che il corridore riesce a esprimere per una certa durata (cioè la potenza energetica del corridore), che dipende dalla sua capacità di trasformare in energia meccanica (accorciamento dei muscoli che agiscono sulle leve ossee) l'energia chimica, accumulata in forma di glucidi, lipidi, protidi e fosfocreatina. Negli esercizi di durata superiore a 3 min (a par-

Sembra che esistano quattro zone di velocità a seconda delle diverse soglie delle modificazioni fisiologiche: da una corsa di scarsa intensità (*footing* lento di rigenerazione o corsa lenta di più giorni) ad una corsa che sollecita la durata limite con il massimo consumo d'ossigeno ($\dot{V}O_2\text{max}$)

→ **1ª zona:**

Velocità nelle quali non si presenta produzione di acido lattico

Queste velocità sollecitano un consumo d'ossigeno inferiore al 60% del $\dot{V}O_2\text{max}$. Le velocità in questa zona possono essere mantenute per più ore, addirittura più giorni. Si tratta di un'andatura trotterellata, nella quale non si forma o si forma poco lattato, che viene immediatamente ossidato nelle fibre lente di I tipo e nel miocardio. La lattacidemia è bassa, perché il tasso di comparsa del lattato (*rate of appearance*, RA, Brooks 1985) è anche esso basso.

A questa bassa intensità troviamo una utilizzazione preferenziale dei lipidi rispetto ai glucidi ed una sollecitazione del solo metabolismo aerobico. Questa notevole utilizzazione degli acidi grassi ha anche un effetto inibitore della glicolisi. Il risultato di questa inibizione, provocata dal metabolismo degli acidi grassi liberi, è una minore produzione di lattato ed un aumento della sua ossidazione a piruvato. Il consumo d'ossigeno resta stabile, con un leggero aumento nello spazio di circa un'ora, dovuto all'utilizzazione dei lipidi che hanno bisogno di una maggiore quantità di ossigeno per risintetizzare la stessa quantità di ATP. I fattori che limitano una corsa a velocità estremamente lenta sono piuttosto di carattere muscolare e traumatico, a causa del ripetuto impatto del piede con il terreno (che è pari a circa tre volte il peso del corpo, ogni volta che viene appoggiato il piede a terra).

→ **2ª zona:**

Velocità nelle quali non c'è accumulo di acido lattico ed il consumo d'ossigeno è ancora stabile

Si tratta di velocità di corsa che hanno bisogno di consumi d'ossigeno che vanno dal 60 all'80% del $\dot{V}O_2\text{max}$, a seconda dei corridori. Queste velocità vengono utilizzate nelle corse di 100 km, o nei *trails* (corse di lunga durata in ambiente naturale, diffuse negli anni '90 in Francia), oppure nella maratona dai corridori meno allenati. La maggiore utilizzazione dell'ATP ha bisogno dell'intervento delle fibre di tipo rapido che resistono a tensioni muscolari più forti. Queste fibre hanno un metabolismo anaerobico che porta ad un aumento della produzione dell'acido lattico e ad un aumento del volume ventilatorio ($\dot{V}E$), per compensare l'acidosi metabolica. L'accumulo di lattato in que-

sta fase, va da 2 a 4 mmol · l⁻¹. L'acido lattico (C₃H₆O₃) viene interamente dissociato nell'organismo in ioni di lattato e di idrogeno (C₃H₅O₃⁻ H⁺) secondo la reazione: HCO₃⁻ + H⁺ → H₂O + CO₂

Ne risulta un eccesso di CO₂ che viene eliminato attraverso la ventilazione aumentando $\dot{V}E$ ed quindi VCO₂. L'aumento di $\dot{V}E$ e di VCO₂ è maggiore di quello del $\dot{V}O_2$, provocando un aumento sproporzionato dell'equivalente respiratorio per l'ossigeno: $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ e del quoziente respiratorio R (VCO₂/ $\dot{V}O_2$). Contemporaneamente, dato che l'organismo non consuma una quantità di ossigeno maggiore di quella necessaria per la fosforilazione ossidativa (per risintetizzare l'ATP utilizzato), l'aumento di $\dot{V}E$ fa sì che venga estratta una minore quantità di ossigeno per volume d'aria ventilata: per questa ragione aumenta FE_{O₂}. Dunque, l'inizio di questa seconda fase è caratterizzato dall'aumento di FE_{O₂}, senza che vi sia una corrispondente diminuzione di FE_{CO₂}. Ciò corrisponde alla soglia ventilatoria definita da Wasserman et al. nel 1973).

→ **3ª zona:**

Velocità alle quali si presenta un accumulo di acido lattico, che è ancora compatibile con uno stato stazionario di consumo d'ossigeno, inferiore al suo massimo

Si tratta di velocità di corsa che, a seconda dei corridori, hanno bisogno di un consumo d'ossigeno pari all'80-90% del $\dot{V}O_2\text{max}$, utilizzate nella maratona e nella mezza maratona, oppure sui 10 000 m dai corridori meno allenati. Oltre all'accumulo di lattato, dovuta alla rottura dell'equilibrio tra velocità della sua produzione e quella della sua eliminazione, si osserva anche un'accelerazione dell'aumento della ventilazione ed un aumento continuo di VCO₂. In questo stadio, comunque, l'iperventilazione non può compensare l'aumento del lattato ematico. D'altro canto, i muscoli respiratori, che garantiscono l'iperventilazione, consumano una maggiore quantità di ossigeno. Per questa ragione, una parte del $\dot{V}O_2$ non può essere disponibile per essere utilizzata dai muscoli direttamente sollecitati nel movimento di corsa.

→ **4ª zona:**

Velocità alle quali il consumo d'ossigeno aumenta fino al massimo

Si tratta di velocità di corsa che sollecitano dal 90 al 95% del $\dot{V}O_2\text{max}$ nei primi tre minuti, per raggiungere il valore massimo alla fine dell'esercizio, la cui durata limite va da circa 10 a 12 min. In gara si tratta delle velocità dei 10.000 m, o 3.000 m per i corridori meno allenati.

tire dai 1.500 m) questa trasformazione avviene con l'intermediazione dell'ossigeno (con il consumo di un litro di ossigeno che, se si parte dai glucidi, corrisponde ad una produzione di energia di 21 kJ).

2. il *costo energetico della sua corsa*, secondo l'equazione di di Prampero. Questo ricercatore, nella tradizione della scuola italiana (a partire da Margaria negli anni '30 e poi Cerretelli, dagli anni '70) ha con-

tribuito molto alla conoscenza degli aspetti energetici della locomozione umana ed ha formulato l'equazione che indica che la potenza metabolica (E_r , *energy rate*) dipende dalla velocità di corsa e dal costo energetico (C_r , in inglese *Cost of running*) (di Prampero 1986):

$$E_r = C_r \cdot V \quad (1)$$

dove V è la velocità indicata in metri al secondo C_r viene espresso in J od in ml di ossigeno per m e per kg di peso corporeo ed E_r in W od in ml d'ossigeno consumato per s e per kg di peso corporeo (massimo consumo d'ossigeno, $\dot{V}O_2\text{max}$). Questa equazione è stata applicata ad ogni tipo di locomozione umana (nuoto, ciclismo...) compreso lo spostamento con una gondola (di Prampero lavora all'Università di

Un secolo di letteratura fisiologica ci insegna che il consumo d'ossigeno aumenta proporzionalmente alla potenza di un esercizio, realizzato correndo su un nastro trasportatore o pedalando al ciclo ergometro (Åstrand, Rohdal 1986). Quando le potenze prese in considerazione sono comprese tra la soglia d'inizio dell'accumulo di lattato e la velocità associata al $\dot{V}O_{2,max}$ e si lascia trascorrere il tempo, con il soggetto che sviluppa una potenza costante, si osserva una componente lenta del consumo d'ossigeno che tende a raggiungere il $\dot{V}O_{2,max}$ (cfr. la rassegna di Gaesser, Poole 1996, su questo problema). L'aumento del consumo d'ossigeno prosegue fino alla sospensione dell'esercizio per esaurimento del soggetto. Questa componente lenta d'aggiustamento del $\dot{V}O_{2,max}$ è stata descritta per la prima volta nel 1972 da Whipp e Wasserman. Le cause di questa componente lenta del $\dot{V}O_2$ sono attribuite all'aumento del costo della pedalata, dovuto al reclutamento delle fibre rapide che presentano un rapporto minore ATP/ O_2 . Infatti, l'86% di questo aumento viene ottenuto a livello del consumo locale d'ossigeno da parte degli arti in attività (misurazione effettuata attraverso un catetere applicato sulla gamba durante la pedalata, Poole et al. 1991).

Quando la potenza dell'esercizio è sub-massimale (cioè inferiore alla potenza associata al $\dot{V}O_{2,max}$, determinata in un protocollo di test triangolare) il soggetto raggiunge il $\dot{V}O_{2,max}$ (Poole et al. 1988; Roston et al. 1987). Sebbene le cause di questo aumento del consumo d'ossigeno con il tempo, in questi esercizi d'intensità superiore alla soglia lattacida siano ancora poco chiare, recentemente abbiamo messo in evidenza che questa componente lenta del consumo d'ossigeno fino al $\dot{V}O_{2,max}$, si presentava in corse ad esaurimento di 18 min al 90% della $v\dot{V}O_{2,max}$, ma non era di entità tale da fare in modo che i corridori raggiungessero il loro $\dot{V}O_{2,max}$ (Billat et al. 1996c). Questo concetto di componente lenta del consumo d'ossigeno, dunque, rimetteva

in discussione il concetto di velocità associata al $\dot{V}O_{2,max}$, valutata solo attraverso il protocollo triangolare. Infatti, occorrerebbe anche prendere in considerazione la velocità minima associata al $\dot{V}O_{2,max}$, misurata ad un livello d'esercizio inferiore alla soglia anaerobica (circa l'85% di $v\dot{V}O_{2,max}$) che offrirebbe la possibilità di raggiungere il $\dot{V}O_{2,max}$ alla fine di un certo periodo di tempo. Ciò vorrebbe dire che non esiste un $\dot{V}O_{2,max}$ ma *più* $\dot{V}O_{2,max}$, secondo il protocollo utilizzato, come anche non esiste un tempo limite a $\dot{V}O_{2,max}$, ma *dei* tempi limite, a seconda della velocità stabilita. Partendo da questa idea, avanzata durante un congresso dell'America College of Sport Medicine a Minneapolis nel 1995, Hill et al. (in un lavoro sottoposto a pubblicazione nel *Journal of applied physiology* nel 1997) hanno calcolato una potenza critica, attraverso il modello di Scherrer, utilizzando, però, non il tempo limite ad una potenza data, ma il tempo necessario a raggiungere il massimo consumo d'ossigeno. Hanno così definito il concetto di potenza critica, che rappresenta la potenza massima alla quale è ancora possibile ottenere uno stato stazionario di consumo d'ossigeno ad un valore significativamente inferiore al $\dot{V}O_{2,max}$. Ed hanno dimostrato che questa potenza equivale alla potenza critica classica.

Il difetto di questo approccio è che considera che il termine d'esaurimento sia determinato dal termine in cui viene raggiunto il massimo consumo d'ossigeno, mentre abbiamo dimostrato che, per lo stesso termine di esaurimento (pedalando o correndo) al 90% di v o $p\dot{V}O_{2,max}$, gli atleti potevano o non potevano raggiungere il loro massimo consumo d'ossigeno (Billat et al. 1998). L'assenza di una significativa componente lenta del $\dot{V}O_2$, ad una intensità superiore alla soglia lattacida, non impedisce la sospensione dell'esercizio senza che l'atleta sia in acidosi od abbia esaurito la fosfocreatina. Nello stesso modo, alla soglia d'inizio dell'accumulo di lattato, le riserve di glicogeno intracellulare delle fibre di II tipo sono esaurite.

Udine, ad un centinaio di chilometri da Venezia).

Dunque, per gli esercizi di durata maggiore a 3 min, C_r dipende dal $\dot{V}O_{2,max}$ e l'equazione (1) può essere scritta come segue:

$$\begin{aligned} \text{Velocità massima (m} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} = \\ \dot{V}O_{2,max} \text{ (ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} / \\ \text{costo energetico (ml} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)} \\ (2) \end{aligned}$$

Ciascuno di noi ha un valore massimo di consumo d'ossigeno ($\dot{V}O_{2,max}$) che equivale a 10 a 25 volte il metabolismo a riposo. Un soggetto a riposo consuma circa $3,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Ciò che distingue i campioni dalle persone normali è la loro capacità di aumentare questo consumo di ossigeno non di 10, ma fino a 25 volte, per raggiungere il valore di $88 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (misurato su un famoso ciclista, Michel Indurain) oppure di $91 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ come in alcuni corridori dell'atletica leggera (ad esempio, i portoghesi Dominguo e Dionisos Castro che hanno corso in 3min36 sui

1.500 a 25 anni e 2h07min sulla maratona a 35 anni). Nella tabella 4 viene riportato il valore del consumo di ossigeno ed il tipo di allenamento dei campioni che hanno caratterizzato la storia della corsa di fondo.

Abbiamo già dimostrato (Billat et al. 1994) che il tempo di mantenimento (tempo limite) di questo massimo consumo d'ossigeno, è un parametro che può variare del 25% in un gruppo di corridori dello stesso livello di prestazione (record sulla mezza maratona) che mostrano un consumo d'ossigeno omogeneo (5% di variazione). Questa dimostrazione, che rispondeva alla domanda legittima di conoscere non soltanto le caratteristiche della potenza aerobica (massimo consumo d'ossigeno) ma anche della resistenza (tempo limite) a questa potenza massima, finora era stata elusa.

La resistenza può essere misurata attraverso il fattore F ("F come frazione del $\dot{V}O_{2,max}$ utilizzata per uno sforzo di una data durata"). La determinazione di questo

fattore "resistenza", evidenziato da François Péronnet (professore dell'Università di Montréal) richiede una serie di prove faticose con la misurazione degli scambi gassosi respiratori. Per semplificare, si può utilizzare la relazione esistente tra la velocità associata al $\dot{V}O_{2,max}$ (o massima velocità aerobica) ed il tempo record sulle distanze di gara. D'uso più corrente, è anche indagare la velocità (cfr. riquadri 1 e 2, figure 1a, 1b, che riguardano la lattacidemia e la cinetica del consumo d'ossigeno in funzione della velocità) e la frazione d'utilizzazione del $\dot{V}O_{2,max}$, alla quale la glicolisi è troppo rapida per la risintesi del NADH a NAD (nicotinamide adenina dinucleotide) nella catena respiratoria. Questa velocità, detta *velocità alla soglia lattacida* o, in modo meno corretto, *soglia anaerobica* a partire dagli anni '60, compare tra il 60 ed il 90% della velocità massima alla quale si raggiunge il $\dot{V}O_{2,max}$. Questa definizione di soglia anaerobica, è arbitraria perché l'accumulo di lattato, dovuto alla riduzione dell'acido piruvico a acido lattico

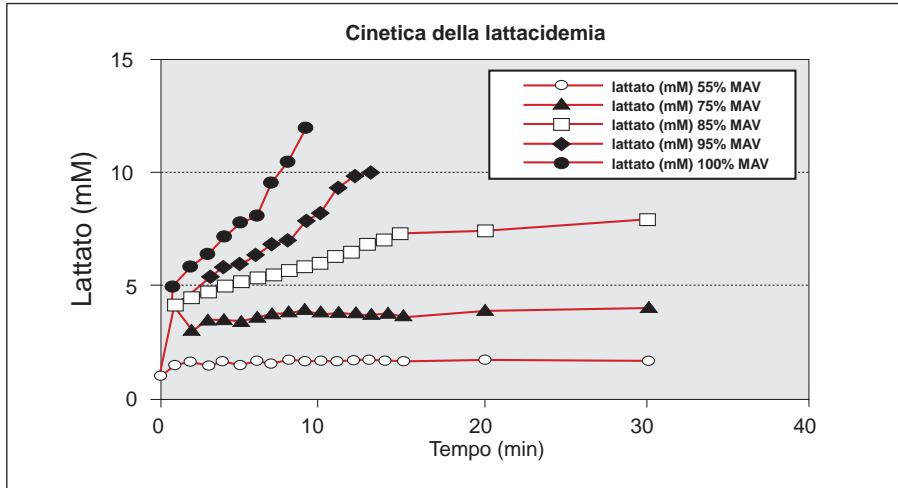


Figura 1a – Aumento della lattacidemia in funzione del tempo a velocità diverse di corsa (in % della massima velocità aerobica, MAV)

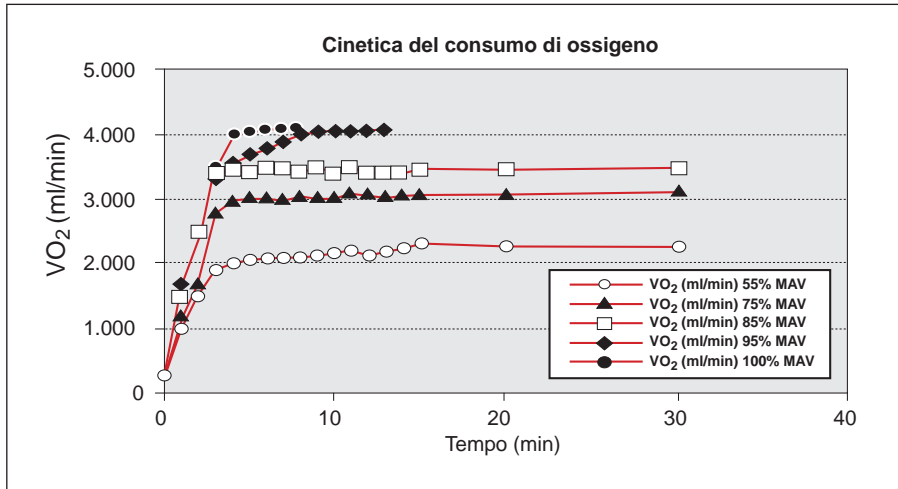


Figura 1b – Aumento del consumo d'ossigeno in funzione del tempo a velocità diversa di corsa (in % della massima velocità aerobica, MVA)

(che si dissocierà successivamente in ione lattato e protone idrogeno (H⁺), che provoca la diminuzione del pH muscolare ed ematico) è dovuta, soprattutto, al reclutamento delle fibre rapide, che presentano, in grande quantità, l'isoenzima LDH di forma M (che trasforma l'acido piruvico in acido lattico) e non di forma H (che favorisce, come avviene nel cuore, la trasformazione dell'acido lattico in acido piruvico). L'intensità della contrazione muscolare, che dipende dalla forza necessaria (accelerazione di una massa), che condiziona un lavoro (forza applicata su una distanza) e successivamente una potenza (lavoro prodotto nell'unità di tempo), determina un afflusso di calcio che (attraverso il messaggero AMP ciclico) stimola la trasformazione in attiva della fosforilasi, precedentemente inattiva. Questo enzima è responsabile della glicolisi lattacida (scissione del glicogeno, che è la forma nella quale il glucosio viene immagazzinato negli animali), che condurrà ad una attivazione della LDH-M e quindi ad un accumulo di lattato. La definizione *soglia lattacida* forse è meno equivoca, in quanto non fa altro che constatare l'accumulo di lattato, senza sottintendere una qualche forma di anaerobiosi. Se, dopo un periodo di allenamento, l'atleta è in grado di correre più rapidamente, prima di raggiungere la soglia di accumulazione del lattato, significa che avrà sollecitato, in misura minore, le sue fibre rapide ed aumentato i suoi enzimi ossidativi. In media un corridore è in grado di correre una maratona ad una velocità equivalente al 90-95% della velocità alla soglia lattacida, cioè all'80-85% del suo $\dot{V}O_2$ max. Il terzo fattore discriminante della prestazione su lunghe distanze è il *costo energie-*

Tabella 2 – Simulazione delle caratteristiche bioenergetiche e delle prestazioni passate, attuali e future della maratona. Valori di riferimento per le donne ed i maschi (in corsivo). L'attuale record femminile è di 2h20min47s ed il record maschile di 2h06min05s

Soglia lattacida % $\dot{V}O_2$ max	$\dot{V}O_2$ max sulla maratona	Costo energetico lordo (ml · m ⁻¹ · kg ⁻¹)	$\dot{V}O_2$ max (ml · m ⁻¹ · kg ⁻¹)	Velocità sulla maratona (km · h ⁻¹)	Tempo realizzato h, min, s
95,5	0,91	0,190 0,180	78 88	22,41 26,69	1h53min36s 1h34min54s
92,4	0,88	0,200 0,190	76 86	20,06 23,89	2h06min01s 1h46min12s
89,3	0,85	0,210 0,200	74 84	17,97 21,42	2h20min56s 1h58min12s
86,1	0,82	0,220 0,210	72 82	16,10 18,33	2h37min15s 2h18min10s
83,0	0,79	0,230 0,220	70 80	14,42 17,24	2h45min49s 2h45min49s
79,8	0,76	0,240 0,230	68 78	12,92 15,46	3h16min00s 2h43min54s

tico dello spostamento del corridore. Infatti, a parità di dispendio energetico, il corridore più rapido è quello dalla falcata più economica. Il costo energetico (C) è una quantificazione dell'economia di corsa per unità di distanza percorsa e di peso corporeo trasportato. Così, è stato dimostrato che la specie umana ha un costo energetico medio di 4 kJ per km corso e per kg di peso corporeo. Un valore che è vicino a quello del cavallo che però (con lo stesso livello di allenamento) ha una produzione di energia due volte superiore, il che spiega velocità massimali aerobiche superiori del doppio a quelle dei migliori corridori di fondo (50 contro 25 km · h⁻¹). Sapendo che il consumo di 1 l di O₂ permette di fornire 21 kJ di energia, è possibile trasformare il costo energetico di 4 J · m⁻¹ in ml d'O₂ consumato per unità di distanza e di peso corporeo. 4 J rappresentano un costo in O₂ di 4/21 l = 0,190 ml · min⁻¹. Occorre sottolineare che il costo energetico è una quantità di ossigeno (e dunque, di joule per equivalenza) spesa per unità di distanza e di peso corporeo e che, tra i 10 ed i 20 km · h⁻¹ è relativamente indipendente dalla velocità. Al di sotto, la corsa diventa meno economica, perché il corridore è obbligato ad accorciare il passo (aumento del lavoro interno o della gesticolazione dovuta all'aumento della frequenza dei movimenti) (Cavagna et al. 1991) e al di sopra diventa non trascurabile la componente aerodinamica del costo energetico (Pugh 1970). In effetti, oltre i 20 km · h⁻¹ il consumo di ossigeno (quindi il maggiore dispendio energetico ΔVO₂) aumenta in modo esponenziale con la velocità secondo l'equazione:

$$\Delta VO_2 = 0,02 \cdot V^3$$

dove ΔVO₂ viene espresso in ml · kg⁻¹ · V in m · s⁻¹.

Quindi, a 24 km · h⁻¹ (6,66 m · s⁻¹), come ad esempio in un 3.000 m corso in 7min30s, la componente aerodinamica può essere così calcolata:

$$\begin{aligned} VO_2 \text{ a } 24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} &= \\ &= 3,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 24 = \\ &= 84 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \end{aligned} \quad (3)$$

per cui

$$\begin{aligned} \Delta VO_2 &= 0,002 \cdot V^3 = \\ &= 0,002 \cdot 6,66^3 = 0,002 \cdot 295 = \\ &= 5,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

Quindi, a 24 km · h⁻¹ degli 84 ml · min⁻¹ · kg⁻¹ d'economia di corsa (VO₂ ad una data velocità) la componente aerodinamica rappresenta 5,9 ml · kg⁻¹ ovvero il 7%.

Inoltre, si distingue il costo energetico lordo (nel quale viene incluso il consumo d'ossigeno a riposo) dal costo energetico netto (nel quale non viene compreso il VO₂ a riposo, che è di 3,5 ml · min⁻¹ · kg⁻¹).

Se l'equazione di di Prampero (1986) viene applicata alla corsa, diventa possibile calcolare le caratteristiche energetiche necessarie ai corridori per superare la migliore prestazione mondiale sulla maratona (nel contesto di una corsa a temperatura di 18° con rifornimento di acqua e glucosio, dopo che il corridore ha fatto il "pieno" di glucidi i giorni precedenti).

Tabella 3 – Evoluzione delle velocità dopo il primo record del mondo femminile nella maratona stabilito nel 1926 (IAAF 1995). Tale record del mondo era di 3h40min22s, cioè una velocità media sui 42,145 km pari a 11,5 km · h⁻¹

Anni	Tempo sulla maratona (min, s)	Velocità (km · h ⁻¹)
1926	3h40min22s	11,49
1963	3h37min07s	11,66
1964	3h19min33s	12,69
1967	3h07min26s	13,51
1970	3h02min53s	13,84
1971	2h49min40s	14,92
1973	2h46min36s	15,20
1974	2h43min54s	15,45
1975	2h38min19s	15,99
1977	2h34min47s	16,36
1978	2h32min30s	16,60
1979	2h27min33s	17,16
1980	2h25min40s	17,38
1983	2h22min43s	17,74
1985	2h21min06s	17,94
1998	2h20min47s	17,98

3. Applicazione dei fattori discriminanti della prestazione ai record del mondo maschili e femminili sulla maratona

L'analisi delle esigenze bioenergetiche del record del mondo della maratona femminile contribuisce a caratterizzare meglio le caratteristiche fisiologiche delle atlete. Se ci si riferisce alle equazioni (2) e (3) di di Prampero (1986):

$$\begin{aligned} \text{Velocità (m} \cdot \text{min}^{-1}) &= \\ &= FVO_2 \text{max (ml} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) / \\ &\text{costo energetico (ml} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) \end{aligned} \quad (4)$$

– dove V è la velocità sulla maratona, F è la frazione d'utilizzazione del VO₂max nella maratona, che si può avvicinare attraverso la soglia lattacida – è possibile definire le esigenze bioenergetiche di questa nuova migliore prestazione sulla maratona femminile. Il costo energetico rappresenta il consumo d'ossigeno lordo (compresi i 3,5 ml · kg⁻¹ a riposo) per unità di distanza percorsa e per kg di peso corporeo. Nella tabella 2 sono riportati i valori di riferimento di questi fattori bioenergetici, com-

patibili con le caratteristiche della donna e dell'uomo, che permettono di realizzare una data prestazione sulla maratona. In effetti, allo stesso livello di prestazione (facendo riferimento alla tabella dei punteggi della IAAF) la donna presenta un VO₂max di 10 ml · min⁻¹ · kg⁻¹ inferiore a quello dell'uomo. Perciò, per esaminare le esigenze bioenergetiche di questo nuovo record mondiale femminile sulla maratona, abbiamo scelto la gamma dei valori del VO₂max che vanno da 68 a 78 ml di O₂ · min⁻¹ · kg⁻¹ (Péronett 1992). Questo valore corrisponde ai consumi di ossigeno delle fondiste di alto livello. Il record del mondo sulla maratona, stabilito nel 2000 dalla giovane keniota Loroupe (che non era stato migliorato dal 1985) corrisponde ad una velocità di 17,98 km · h⁻¹. Per correre a questa velocità per 2h20 occorre (avanzando l'ipotesi di un movimento di corsa mediamente economico con un costo energetico lordo di 200 ml · kJ · km⁻¹) un consumo d'ossigeno di 60 ml · min⁻¹: 18 km⁻¹ · h⁻¹ = 60 ml di O₂ · min⁻¹ · kg⁻¹ · 60 min⁴/200 ml · kg⁻¹ · km⁻¹.

Se si considera che, in media, la maratona viene corsa al 90% della velocità alla soglia lattacida (dati non pubblicati registrati su 73 maratoneti con prestazioni da 2h07min a 3h30min, tesi di Mario Paiva, Università di Porto) e che la velocità alla

Tabella 4 – Esempio dell'allenamento di alcuni campioni "storici" della corsa di fonda classificati secondo l'intensità. R indica il recupero tra le serie di più ripetizioni, r indica il recupero tra ogni ripetizione. I valori del $\dot{V}O_{2max}$, della velocità associata al $\dot{V}O_{2max}$ ($v\dot{V}O_{2max}$) sono stati stimati dall'Autore, partendo dai loro record sui 3.000

Anno Nome Risultato	$v\dot{V}O_{2max}$ (km/h) e $\dot{V}O_{2max}$ (ml/min/kg) del corridore	Allenamento alla velocità < soglia (km)	Allenamento alla velocità = soglia lattacida (km)	Allenamento a velocità uguale a 90-100% $v\dot{V}O_{2max}$	Allenamento a velocità > $v\dot{V}O_{2max}$ (km)
1920 Paavo Nurmi 5.000 m (20,73 km/h) 14min28s 10.000 m (19,93 km/h) 30min06s 1 allenamento al giorno	22,12 km/h 75 ml/min/kg	15-20 km/giorno	?	20x100 m	4x400 m alla massima velocità R = 15 min
1950 Emil Zatopek 5.000 m (21,5 km/h) 13min57s 10.000 (20,75 km/h) 28min54s2 2 allenamenti al giorno	23,45 km/h 76,2 ml/min/kg	20 km/giorno	1. 20x200 + 40x2 + 400 m + 20x200 m trott. 2. o 50x200m mattina e pomeriggio	4x200 m r = 200 m	6x400 m alla massima velocità R = 10 min
1968 Kip Keino 3.000 (23,5 km/h) 7min35s 5.000 (22,05 km/h) 13min36s5 da 2 a 3 allenamenti al giorno	23,45 km/h	5x45 min e 6x60 min	?	100x400 m r = 2 min o 6x800 m r = 2-5 min	10x200m +10x100 m + 4 x 80 m r = 300 m al passo
1972 1976 Lasse Viren 5.000 13min16s (22,61 km/h) 10.000 27min38s (21,7 km/h)	23,96 km/h 83,0 ml/min/kg	80 km a 100 bpm	130 km di fartlek (da 12 a 15 km)	10x200 m r = 2 min o 6x800m r = 3-5 min	8x600 r = 600 m al passo
1984 Grete Waiz 5.000 m (19,82 km/h) 15min08s 10.000 (19,35 km/h) 30min59s8 Maratona (17,4 km/h) 2h25min28s 2 allenamenti al giorno	21 km/h 73,0 ml/min/kg	da 45 min a 2 ore	sedute di 20 min alla soglia durante corse di di 60 min (allenamento sul ritmo) 5x 2 000	6x1.000 r = 1 min o 5x1.600 r = 2 min o al passo r = 3 min	2 serie di 10 x 300 r = 100 m al passo R = 5 min al passo
1986 Ingrid Kristiansen 5.000 14min37s33 (20,52 km/h) 10.000 m (19,85 km/h) 30min13s74 Maratona 2h21min06s (17,94 km/h) 2 allenamenti al giorno	21,7 km/h 76 ml/min/kg	da 45 min a 2 h 30 min	Sedute di 2 x15 min alla soglia in una corsa di 90 min (allenamento sul ritmo)	5x1.000 r = 2 min	2 serie di 5x100 m r = 200 al passo R = 400 m al passo

soglia lattacida rappresenta il 90% del $\dot{V}O_{2max}$, il consumo di ossigeno di 60 ml di $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, necessario per correre a 18 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ (con un costo energetico lordo della corsa uguale a 200 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$), implica che l'atleta debba avere un massimo consumo d'ossigeno di:

$$\dot{V}O_{2max} = \left[\frac{1}{(0,9 - 0,9)} \right] \cdot 60 = 74 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Una corsa più economica permette di diminuire il $\dot{V}O_{2max}$ necessario. La Lorupe ha fatto meglio di Mimoun che, nel 1956, per vincere l'oro ai Giochi olimpici di Melbourne percorse la distanza in 2h25min, e di Zatopek che aveva corso in 2h23min ad Helsinki, quattro anni prima. Questo miglioramento regolare delle prestazioni durante il XX secolo (Bocquet et al 1999), è dovuto ad un aumento della quantità e della qualità dell'allenamento. Infatti i maratoneti attuali, durante il periodo di un raduno, arrivano a correre una distanza pari ad una maratona al giorno (ad esempio, i migliori corridori portoghesi) senza trascurare, per tutto l'anno, sedute di allenamento corse tra il 90 ed il 100% della $\dot{V}O_{2max}$ (due sedute settimanali per tutto l'anno).

La banalizzazione di una prova, che una volta era mitica e che attualmente viene corsa da milioni di persone, offre la possibilità di convincere alcuni giovani corridori di mezzofondo a lanciarsi più precocemente su questa distanza. Inoltre, la maratona, che viene corsa in tutte le nazioni, è realmente una disciplina universale. Se gli africani eccellono sulle corse di fondo da Abebe Bikila in poi, le africane sono comparse in campo internazionale da cinque anni.

Nella tabella 3 viene mostrata l'evoluzione del record femminile di maratona. Il primo record ha resistito per quaranta anni, mentre il penultimo (1985) ha resistito per tredici anni. Di qui l'andamento sigmoideo della curva che visualizza l'evoluzione del record del mondo della maratona femminile.

Il margine di progresso calcolato per l'anno 2000 (estrapolando in base alla relazione che si è stabilita negli anni e la velocità record sulla maratona) arrivava ad un tempo di 2h00! Però non è possibile pensare che le donne superino gli uomini nelle corse su lunghe distanze, come ipotizzato da Whipp e Ward (1992) in un articolo della rivista *Nature*. Per quanto riguarda gli uomini sono stati superati i 20 km/h , cioè essi sono 2 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ (+10%) più veloci delle donne. Applicando le caratteristiche bioenergetiche dei migliori corridori di fondo in grado di realizzare la corsa ideale (avendo in partenza una riserva di glicoge-

no al massimo)⁵ studi basati su previsioni matematiche (Lui 1998) e non sulle caratteristiche energetiche umane, hanno previsto che nel 2030 la maratona sarà corsa in 1h59min. Usando lo stesso approccio, ma con un aggiornamento, prevediamo che si scenderà sotto le due ore nel 2010 (Bocquet et al. 1999).

Per esaminare quale sarà l'evoluzione di questi record nel prossimo millennio conviene aspettare i prossimi cinque anni.

Per quanto riguarda le donne, visto che hanno cominciato a correre ufficialmente la maratona molto tardi (prima maratona olimpica: Los Angeles 1984) è difficile applicare una previsione matematica, qualitativamente valida, in quanto il numero dei risultati realizzati è insufficiente. Tuttavia, se si parte da dati bioenergetici, compatibili con i dati attuali, un'atleta con un $\dot{V}O_{2max}$ di 75 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ed una soglia lattacida dell'89% del $\dot{V}O_{2max}$ ed un costo energetico lordo di 210 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ potrebbe correre la maratona in meno di 2h20 (+ di 18 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) e più precisamente in 2h19min02s. Una maratoneta ideale che avesse contemporaneamente un costo energetico lordo molto basso (180 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$), un $\dot{V}O_{2max}$ elevato (78 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) ed una soglia d'accumulo del lattato al massimo livello (90% del $\dot{V}O_{2max}$), sarebbe in grado di correre i 42,195 km a 21,06 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, cioè in 2h00min12 s.

Però, sia negli atleti che nelle atlete, non abbiamo mai potuto osservare, nella stessa persona, un'elevata produzione di energia ed un basso valore di costo energetico. È anche vero che, se ci si attiene alla letteratura scientifica, la mole di dati disponibili è relativamente limitata, in quanto i migliori corridori non frequentano i laboratori. Ciò dovrebbe cambiare, grazie all'approccio permesso da apparecchiature portatili, come il K4, che permettono la misurazione degli scambi gassosi sul campo.

Il doping permette di migliorare il massimo consumo di ossigeno, la resistenza e la soglia lattacida. Il problema che si pone è quello di sapere se sia possibile, attraverso il solo allenamento, migliorare i tre fattori della prestazione nella corsa di fondo. La risposta è sì, ma prima di mostrare attraverso quali procedure di allenamento ciò sia possibile, è opportuno esaminare l'evoluzione storica dei metodi di allenamento e delle conoscenze su questi fattori fisiologici della prestazione nelle corse di fondo. Questa analisi sintetica del passato ci permetterà di comprendere meglio come, negli anni futuri, sia necessaria l'interazione tra conoscenze scientifiche e capacità degli allenatori e degli atleti.

(1. continua nel prossimo numero)

Note

(1) La bioenergetica è quella parte della fisiologia che studia le trasformazioni dell'energia necessarie nell'organismo (dall'energia chimica degli alimenti all'energia meccanica del muscolo).

(2) Il massimo consumo d'ossigeno rappresenta la massima potenza delle vie metaboliche che vengono definite "aerobiche", cioè di quelle vie metaboliche che utilizzano l'ossigeno per "bruciare" i carburanti (lipidi, glucidi) necessari a "ricaricare" energeticamente il muscolo. Questo consumo d'ossigeno dipende dalla quantità di sangue ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$) che può trasportare ossigeno ogni minuto verso i muscoli interessati al lavoro (fattore principale del consumo d'ossigeno), ma anche dalla capacità del muscolo di riuscire ad utilizzare l'ossigeno che gli viene fornito (fattore periferico). La limitazione è centrale e può essere polmonare per gli atleti di alto livello ed i cavalli da corsa (si tratta di una ipossemia indotta dall'esercizio, identificata da una diminuzione di oltre il 15% della saturazione in ossigeno dell'emoglobina).

(3) Per gli esercizi di durata inferiore ai 3 min, l'organismo utilizza processi di trasformazione delle sue riserve di energia chimica in energia non aerobica servendosi delle riserve di fosfati organici o della demolizione del glucosio ad acido lattico. Quando il fabbisogno energetico è superiore al consumo di ossigeno si produce un deficit d'ossigeno. L'uomo presenta un massimo deficit d'ossigeno (ottenuto per mezzo di 1-2 min di corsa alla massima velocità) di circa 1 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ di peso corporeo.

(4) Il fattore 60 rende omogenee le unità tra le velocità espresse in chilometri all'ora ed il consumo d'ossigeno al minuto.

(5) Il glicogeno è una forma di immagazzinamento dei glucidi in forma complessa, dei quali 100 g sono immagazzinati nel fegato e da 300 a 400 g nei muscoli. Dopo circa 1h45 min d'esercizio, le riserve cominciano ad essere esaurite e la sempre maggiore utilizzazione dei lipidi provoca una diminuzione della velocità, in quanto i lipidi esigono un maggiore consumo d'ossigeno per ottenere la stessa quantità di energia: il consumo di 1 l di O_2 al minuto fornisce soltanto 19,6 kJ di energia contro 21 kJ dei glucidi, cioè il 7% in meno. A questo minore rendimento energetico del substrato si aggiunge un aumento del costo energetico della falcata a partire dal 30° km (di Prampero et al. 1986).

Traduzione di M. Gulinelli da STAPS, 2001, 54, 23-43. Titolo originale: *L'apport de la science dans l'entraînement sportif: l'exemple de la course de fond*.

L'Autore: dott.ssa Veronique Billat, Università di Lille 2, Facoltà di scienze dello sport, Studio della motricità umana.

Indirizzo dell'Autore: Université Lille 2, Faculté des Sciences du sport, Etude de la motricité humaine, 9, Rue de l'Université, 59790, Ronchin.

Roberta De Pero, Carlo Minganti,
Anna Claudia Cartoni, Stefano Amici,
Marco Baggio, Guido Brunetti,
*Cattedra di tecnica e teoria della didattica
della ginnastica attrezistica, Istituto
universitario di scienze motorie, Roma*

La capacità di forza degli arti superiori nella ginnastica artistica

Correlazione tra la
capacità di forza
degli arti superiori e
la verticale-spinta in
un gruppo di ginnaste

La forza degli arti superiori è una capacità organico-muscolare di fondamentale importanza nella ginnastica artistica, dal momento che, in nessuna altra disciplina, assistiamo ad un così elevato numero di movimenti nei quali l'atleta si ritrova con tutto il carico del proprio corpo sugli arti superiori. Il ginnasta, inoltre, non solo deve stare in appoggio sugli arti superiori, ma spesso deve anche creare fasi di volo tramite particolari azioni di spinta (ad esempio, in tutti gli esercizi di ribaltamento, eseguibili al suolo e agli attrezzi).

Gli aspetti organico-muscolari, però, nonostante la loro rilevanza nell'apprendimento tecnico sono stati oggetto di un numero limitato di indagini. Con questo lavoro si è voluto indagare su quanto la capacità di forza degli arti superiori influisca sulla realizzazione della "verticale-spinta", elemento tecnico propedeutico per l'apprendimento degli esercizi di ribaltamento, in un gruppo di ginnaste.

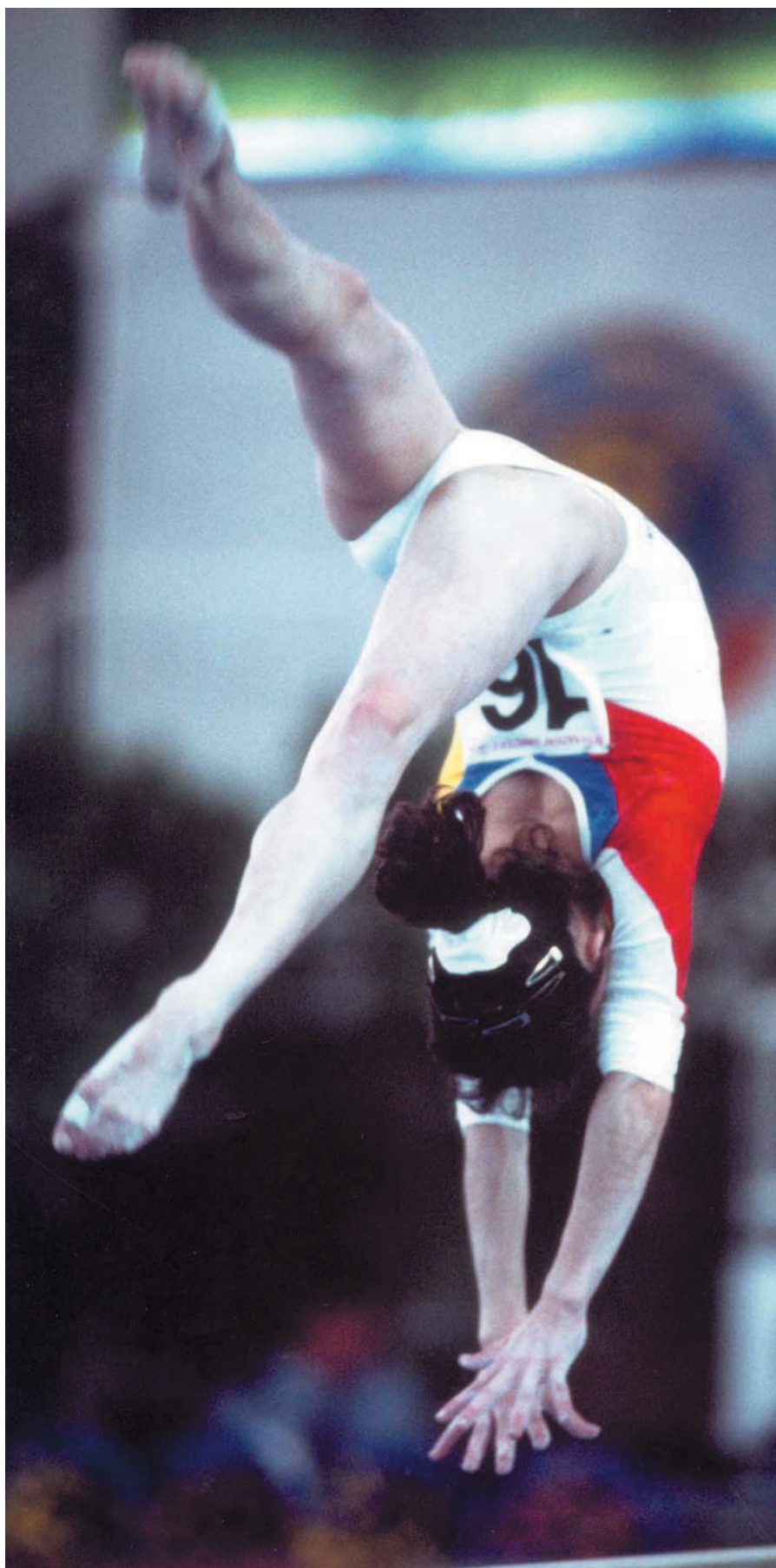


Foto: COSTANTINI

Premessa

Anche nelle discipline tecnico-combinatorie, la forza rappresenta una delle più importanti capacità organico-muscolari. È ormai nota a tutti la difficile, se pur stretta, dipendenza tra i risultati tecnico-sportivi ed un ottimale sviluppo della forza muscolare: infatti, ciascuna tecnica ha nella forza un fattore limitante. D'altra parte, l'esclusiva cura dello sviluppo di questa capacità non determina un elevato sviluppo della prestazione.

Questo è vero in particolare nella ginnastica artistica, dove la valutazione tecnica è il parametro di riferimento della prestazione.

La relazione tra *preparazione fisica* (allenamento della forza in questo caso) e *preparazione tecnica* deve essere vista, quindi, in termini quantitativi e soprattutto qualitativi.

Da un punto di vista quantitativo, non bisogna dimenticare che, essendo gli esercizi ginnici legati ai diversi spostamenti del corpo nello spazio, risulterà ovviamente molto importante avere come riferimento il livello della *forza relativa* (forza massima in relazione al peso corporeo della ginnasta).

Da un punto di vista qualitativo, l'allenamento moderno è caratterizzato da un elevato grado di specificità. Per quanto riguarda lo sviluppo della forza, in particolare, esso deve essere raggiunto attraverso un miglioramento delle sue diverse espressioni, tenendo conto che ogni specialità è caratterizzata da uno specifico regime di contrazione preponderante.

Con il passare degli anni di allenamento, inoltre, il crescere della qualificazione dell'atleta costringe a scegliere mezzi di allenamento delle capacità organico-muscolari sempre più correlati con il modello di prestazione.

Nel caso specifico della ginnastica artistica è corretto ipotizzare una *relativa indipendenza* tra i requisiti organico-muscolari (in particolare le diverse espressioni di forza muscolare) ed il risultato tecnico.

Tecnica della verticale-spinta

La *verticale-spinta* è uno degli esercizi propedeutici specifici per l'insegnamento della "spinta delle spalle" in molti degli esercizi di ribaltamento che si possono eseguire al suolo e agli attrezzi. In ginnastica artistica per *spinta di spalle* si intende, in modo specifico, la capacità della muscolatura delle spalle di reagire, in forma più o meno dinamica, al peso del corpo contro gravità mantenendo gli arti superiori ritti. L'esercizio prevede, nello stesso istante della posa delle mani al suolo (contemporanea allo slancio-spinta degli arti inferiori), una spinta delle spalle a braccia ritte in modo da ottenere un rimbalzo per tornare, dopo la spinta, sempre in verticale (figura 1)¹.

Scopo della ricerca

Presupposto che la preparazione fisica, in generale, costituisce un punto di partenza imprescindibile per l'apprendimento tecnico, si è voluto indagare quanto capacità di forza e tecnica esecutiva fossero in realtà correlate in ginnaste praticanti attività agonistica e soprattutto se, una volta acquisita la tecnica ottimale del movimento, nella sua esecuzione pratica fosse richiesta la massima applicazione di tale capacità organico-muscolare.

In particolare, si è voluto indagare sull'importanza della capacità di spinta degli arti superiori (*spinta di spalle*) nell'effettuazione di un'azione motoria propedeutica utilizzata per l'apprendimento degli esercizi di ribaltamento, la cosiddetta *verticale-spinta*. Ci si domandava cioè se fosse necessario un elevato grado di forza per esplicitare una verticale-spinta tecnicamente efficace e/o al contrario, se una corretta tecnica esecutiva potesse produrre una importante spinta, pur senza applicazione di grandi quantità di forza.

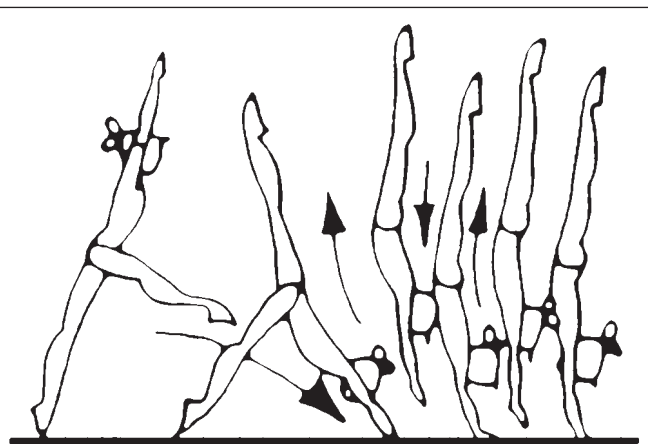


Figura 1 –

Materiali e metodi

Soggetti

Sono stati sottoposti ai test diciassette soggetti, di sesso femminile, praticanti ginnastica artistica; si è costituito un gruppo omogeneo sia per l'età, compresa tra i 17 ed i 24 anni, sia per il livello di qualificazione, in quanto tutte partecipanti a gare di livello nazionale.

Delle ginnaste sono state rilevate le misure relative alla statura ed al peso; i dati sono riassunti nella tabella 1.

Apparecchiature

- Kit base *Optojump by Microgate*
- *Special Power B. Cacchi*
- Griglie per la rilevazione dei dati
- Computer per l'elaborazione dei dati

Tabella 1 – Dati del campione

	Età	Statura	Peso	Anni di attività agonistica
1	19	165	50	8
2	19	162	53	11
3	20	164	55	12
4	19	159	50	9
5	18	161	52	10
6	19	160	52	10
7	20	163	56	12
8	20	166	55	11
9	18	160	49	9
10	17	162	51	10
11	17	160	53	8
12	17	160	50	8
13	24	160	50	10
14	23	152	48	11
15	24	156	53	9
16	21,0	172	59	8
17	20,0	155	45	13
Media	19,7	161,0	51,8	9,94
Dev.St	2,2	4,5	3,3	1,56
Max	24,0	172	59	13
Min	17	152	45	8



Figura 2 –

Strumentazione e test utilizzati per la ricerca

La capacità di spinta degli arti superiori, pur se oggetto di numerosi studi (studi, in verità, relativi soprattutto all'applicazione di detta capacità nell'esecuzione dei salti-volteggi) non trova nella letteratura una metodica oggettiva di valutazione.

Non bisogna dimenticare, infatti, che oggetto dello studio è stata la spinta di spalle, cioè di quella specifica azione degli arti superiori esistente solo nella ginnastica artistica.

Per cercare di rendere più oggettiva possibile la valutazione della capacità di spinta degli arti superiori, si è misurata l'altezza in centimetri della fase di volo (derivata dal tempo di volo), prodotta durante l'esecuzione della verticale-spinta, grazie al sistema *Optojump by Microgate*. L'*Optojump* è un sistema di rilevamento ottico che permette la misurazione dei tempi di contatto e di volo, con una precisione di 1/1000 sec., durante l'esecuzione di una serie di salti. È costituito da due barre strumentate (dimensioni 100x4x3cm) poste una di fronte all'altra ad una distanza massima di 4 m circa; una contiene la parte di controllo e ricezione, l'altra quella di trasmissione. Le barre sono collegate al cronometro portatile *Racetime* che consente il rilevamento dei dati relativi alla misurazione della forza esplosiva ed elastica, compresa la misurazione dei tempi di reazione a segnali ottici e acustici.

Alle ginnaste è stato richiesto di effettuare la verticale-spinta al suolo; tramite nastro adesivo, è stata segnata una zona di ≈ 20 cm entro la quale bisognava effettuare la posa delle mani ed il successivo arrivo dopo la spinta.



Figura 3 –

La posizione di partenza per l'esecuzione era libera, (dalla stazione eretta con braccia in alto o in basso) in modo da non inficiare l'acquisita coordinazione individuale dell'elemento; si richiedeva alle ginnaste di effettuare la spinta più energica possibile e di ricadere nella zona prefissata.

La prova è stata ripetuta per tre volte (figura 2)

Per la valutazione, invece, della capacità di forza degli arti superiori è stato utilizzato lo *Special Power B. Cacchi* (figura 3).

Questa apparecchiatura consente di lanciare verticalmente un bilanciere speciale montato su di una struttura che ne permette, appunto, lo scorrimento (con attrito costante prossimo allo zero). Tramite una fotocellula interfacciata ad un computer, il sistema *Arm-Ergometer B. Cacchi* registra i tempi di volo del bilanciere in millisecondi; un apposito software elabora questi valori traducendoli in centimetri, consentendo di conoscere l'altezza raggiunta dal bilanciere nonché la quantità di lavoro espressa in Joule.

I protocolli dei test finora eseguiti con questa apparecchiatura (*Reclined Throw* e *Reclined Throw countermovement*) non sono stati utilizzati in quanto prevedevano una fase di piegamento degli arti superiori ed una successiva di spinta; il lancio del bilanciere nel nostro caso doveva avvenire a braccia ritte dopo una semplice "ceduta" a livello scapolo-omeroale.

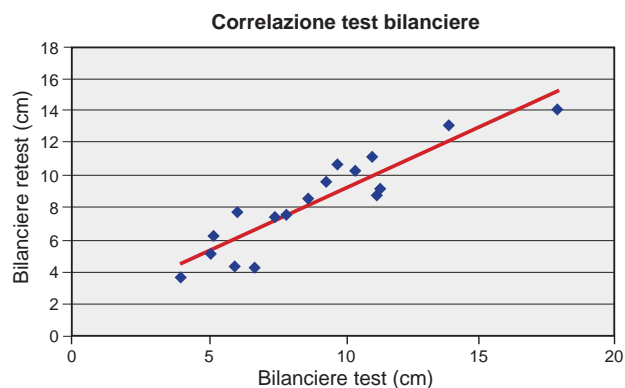
Per verificare l'attendibilità del test, considerando che il sistema *Arm-Ergometer* veniva utilizzato in una situazione diversa dal solito, si è ritenuto opportuno calcolare la correlazione test-retest (cfr. tabella 2).

Tabella 2 – Correlazione test/retest bilanciere

	Bilanciere test (cm)	Bilanciere retest (cm)
1	10,4	10,2
2	11,3	9,2
3	9,3	9,6
4	8,6	8,6
5	9,7	10,7
6	11,0	11,2
7	13,9	13,1
8	7,8	7,6
9	6,0	7,8
10	5,0	5,2
11	3,9	3,6
12	5,1	6,3
13	5,9	4,3
14	7,4	7,4
15	11,2	8,8
16	17,9	14,0
17	6,60	4,2
Correlazione		0,91

Il coefficiente di correlazione ottenuto, 0,91 è da ritenersi un buon indice di attendibilità del test.

Nella figura 4 è riportata la distribuzione e la retta di regressione della correlazione test-retest.

**Figura 4 – Dispersione e retta di regressione test-retest bilanciere**

Analisi dei dati

I test sono stati somministrati secondo le seguenti modalità:

- 1° giorno: prova d'apprendimento al bilanciere
- 2° giorno: prova al bilanciere (n. 5 prove valide) (test)
- 3° giorno: prova al bilanciere (n. 5 prove valide) (retest)
- 4° giorno: test della "verticale-spinta" (n. 3 prove valide)

Le prove del test con il bilanciere sono state eseguite nell'arco della stessa settimana, per evitare che intervalli di tempo maggiori potessero condizionare i dati dei singoli test. Per quanto riguarda il test/retest, in accordo con quanto indicato in letteratura, si è provveduto a somministrare le due prove a distanza di un solo giorno. I dati ottenuti nelle varie prove sono riassunti nelle tabelle 3, 4, 5.

Tabella 3 – Dati test bilanciere

	Bilanciere test (cm)					Media
	1ª prova	2ª prova	3ª prova	4ª prova	5ª prova	
1	10,4	9,6	9,9	10,1	8,7	9,74
2	8,5	10,0	11,3	8,2	9,4	9,48
3	7,0	8,5	6,6	7,8	9,3	7,84
4	6,7	6,7	5,1	6,8	8,6	6,78
5	7,2	9,7	7,8	5,7	8,8	7,84
6	7,5	7,5	10,4	10,9	11,0	9,46
7	13,9	12,1	9,7	8,8	9,2	10,74
8	4,9	7,0	7,8	3,2	7,5	6,08
9	3,8	5,4	6,5	6,0	4,4	5,22
10	2,1	3,9	4,4	5,0	4,5	3,98
11	2,0	3,9	2,0	2,8	3,6	2,86
12	5,1	4,5	4,9	4,1	5,1	4,74
13	3,4	5,3	3,4	5,9	4,6	4,52
14	8,5	7,4	4,5	5,4	5,6	6,28
15	8,6	11,2	7,8	8,5	9,4	9,10
16	14,7	14,5	11,8	14,0	12,4	13,48
17	4,2	6,6	4,2	4,5	5,0	4,90
						Media
						Dev.St
						Max
						Min
						7,24
						2,73
						13,48
						2,86

Tabella 4 – Dati retest bilanciere

	Bilanciere test (cm)					Media	
	1ª prova	2ª prova	3ª prova	4ª prova	5ª prova		
1	9,5	7,1	10,2	8,4	8,7	8,78	
2	6,7	9,2	7,2	7,5	9,4	8,00	
3	8,3	7,4	7,8	6,7	9,6	7,96	
4	5,4	5,6	7,6	8,0	8,6	7,04	
5	9,7	10,0	10,7	8,3	9,1	9,56	
6	10,4	10,1	10,5	11,2	10,2	10,48	
7	13,1	8,6	9,4	10,2	9,1	10,08	
8	7,6	7,0	7,0	5,1	6,4	6,62	
9	5,2	6,8	5,1	7,8	5,5	6,08	
10	3,6	4,8	5,2	4,7	5,2	4,70	
11	3,2	3,2	3,6	3,1	2,9	3,20	
12	4,3	3,5	6,3	6,0	4,6	4,94	
13	4,2	2,7	5,0	4,3	2,7	3,78	
14	7,4	5,9	5,1	5,1	7,5	6,20	
15	8,8	8,3	7,5	7,8	8,8	8,24	
16	11,6	13,4	14,0	11,8	11,3	12,42	
17	3,7	3,1	4,8	3,5	4,2	3,86	
						Media Dev.St Max Min	7,20 2,54 12,42 3,20

Tabella 5 – Dati verticale-spinta

	Verticale spinta (cm)			Media	
1	10,1	12,2	8,7	10,3	
2	16,2	21,7	16,9	18,3	
3	9,4	9,7	10,2	9,8	
4	7,1	6,8	9,4	7,8	
5	11,1	11,1	10,9	11,0	
6	8,3	9,6	9,1	9,0	
7	8,9	7,6	4,4	7,0	
8	7,4	8,1	8,3	7,9	
9	9,9	9,8	8,6	9,4	
10	9,4	9,6	8,6	9,2	
11	10,3	10,1	9,1	9,8	
12	10,1	10,3	13,1	11,2	
13	9,8	6,6	7,3	7,9	
14	9,4	6,7	7,6	7,9	
15	8,4	7,1	7,5	7,7	
16	7,3	7,9	7,7	7,6	
17	7,1	8,2	7,7	7,7	
				Media Dev.St Max Min	9,50 2,70 18,30 7,00

Tabella 6 – Correlazione bilanciere/verticale-spinta

	Verticale-spinta	Bilanciere
1	12,2	10,4
2	21,7	11,3
3	10,2	9,6
4	9,4	8,6
5	11,1	10,7
6	9,6	11,2
7	8,9	13,9
8	8,3	7,8
9	9,9	7,8
10	9,6	5,2
11	10,3	3,9
12	13,1	6,3
13	9,8	5,9
14	9,4	8,5
15	8,4	11,2
16	7,9	14,7
17	8,2	6,6
Correlazione		0,91

Per l'analisi statistica sono state prese in considerazione le prove migliori.

Per verificare se tra capacità di forza degli arti superiori, misurata attraverso il test al bilanciere, e l'elemento tecnico della verticale-spinta esistesse una correlazione è stato calcolato il coefficiente di correlazione di Bravais-Person (tabella 6).

Il valore ottenuto, pari a 0,06, dimostra come non ci sia una correlazione statisticamente significativa tra i due parametri valutati. Nella figura 5 è riportato il diagramma di dispersione con la relativa retta di regressione lineare della correlazione ottenuta

Conclusioni

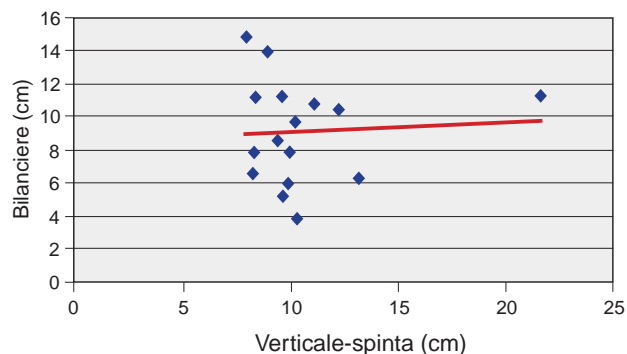
Scopo della nostra ricerca è stato quello di verificare l'esistenza di correlazione tra la capacità di spinta degli arti superiori ed un elemento tecnico quale la verticale-spinta. I valori ottenuti da tale tipo di indagine, così prossimi allo zero, (0,06 per la correlazione tra verticale-spinta e test al bilanciere), hanno dimostrato che tra i due parametri messi a confronto, in realtà, tale correlazione non esiste.

Tali risultati sembrano confermare l'ipotesi iniziale di una relativa indipendenza tra la capacità generale di forza e l'esecuzione tecnica del gesto in ginnaste di medio-alto livello: l'espressione della capacità di forza diventa altamente specifica ed è principalmente legata a particolari coordinazioni ed adattamenti di tipo neurogeno.

In sostanza con il crescere della prestazione e degli anni di allenamento, l'espressione della forza dipende in misura sempre maggiore da un regime di contrazione specifico, sempre più correlato con il gesto tecnico.

Ciò giustificerebbe, dal punto di vista metodologico, il grande uso che si fa nella ginnastica artistica del metodo degli esercizi speciali e di gara, per l'allenamento di tale importante capacità organico-muscolare.

Le ginnaste esaminate sono state soltanto diciassette, un campione non eccessivamente numeroso. Non bisogna dimenticare, tut-

**Figura 5 – Dispersione e retta di regressione test-retest bilanciere**

tavia, che il numero delle ginnaste di alta qualificazione con un numero elevato di anni di allenamento non è poi così grande, tanto da averci fatto ritenere che il campione sia comunque rappresentativo.

Potrebbe inoltre risultare utile, per indagare più approfonditamente la relazione tra capacità di forza e capacità tecnica, utilizzare altri metodi di indagine (ad esempio la curva *Forza/tempo* o *Forza/velocità*), al fine di poter offrire agli allenatori dati oggettivi in base ai quali elaborare una sempre più adeguata metodologia d'allenamento.

Note

(1) Per il disegno cfr Cartoni A. C., Putzu D. op.cit.

Indirizzo degli Autori: IUSM, Piazza Lauro de Bosis 15, 00194, Roma

Bibliografia

- Bosco C., Elasticità muscolare e forza esplosiva nelle attività fisico sportive, Roma, Società Stampa Sportiva, 1985.
- Bosco C., La forza muscolare (aspetti fisiologici ed applicazioni pratiche), Roma, Società Stampa Sportiva, 1997.
- Cartoni A. C., Putzu D., Ginnastica artistica femminile, Milano, Edi-Erme, 1990.
- Carbonaro G., Madella A., Manno F., Merni F., Mussino A., La valutazione nello sport dei giovani, Roma, Società Stampa Sportiva, 1988.
- Chu D. A., Strength exercises specific to gymnastics: a case study, *J. Strength and Cond. Res.*, 8, 1994, 2, 95-102.
- Gallozzi C., La valutazione della forza, *Sds-Scuola dello sport*, 15, 1996, 34.
- Gavardovskij Ju. K., Smolevskij V. M., Organizzazione, programmazione, tecnica dell'allenamento nella ginnastica artistica, Roma, Società Stampa Sportiva, 1984.
- Manno R., I fondamenti dell'allenamento sportivo, Bologna, Zanichelli, 1989.
- Manoni A., Ginnastica da campione, Roma, Gremese Editore, 1988.
- Mironov V., Schimkar S., La preparazione fisica speciale dei ginnasti, *Sds-Scuola dello sport*, 15, 1996, 35, 34-38.
- Verkhoshansky Y., Mezzi e metodi dell'allenamento della forza esplosiva (tutto sul metodo d'urto), Roma, Società Stampa Sportiva, 1997.
- Verkhoshansky Y., Il ruolo della preparazione fisica speciale nel sistema di allenamento degli atleti di qualificazione elevata, *Sds-Scuola dello sport*, 15, 1996, 36, 23-33.

Vladimir Ljah, *Accademia di Educazione fisica, Katowice; Istituto di Psicologia per l'infanzia e gioventù, Mosca*

Alcuni problemi della coordinazione motoria

Le idee di N.A. Bernshtein, loro diffusione ed importanza pratica

Dopo avere illustrata l'influenza delle idee di N. A. Bernshtein relative ai meccanismi neurofisiologici responsabili del controllo dei movimenti e come siano state sviluppate in diversi Paesi e nei diversi rami della scienza dello sport, viene dimostrato come esse ed in particolare la sua teoria del controllo a più livelli del movimento, possano essere utilizzate, con successo, in particolare per lo studio delle capacità coordinative. Vengono così riportati i risultati di ricerche condotte dall'Autore in questo campo, riguardanti il concetto di capacità coordinative, il rapporto tra diverse capacità coordinative, la scelta dei test per il loro studio, i concetti di abilità e di abitudine motoria e i problemi dell'asimmetria motoria.

Il lavoro che presentiamo è l'articolo di apertura del numero speciale della rivista Teoria i praktika fiziceskoj kul'tury, pubblicato nel 1991, in occasione del 95° anniversario della nascita di N. A. Bernshtein. Anche se scritto alcuni anni fa, l'articolo non ha perso nulla della sua attualità. Il suo Autore, V. N. Ljah, che rappresenta ancora oggi uno dei più eminenti studiosi dei problemi della coordinazione dei movimenti - anche se le sue ricerche pluriennali sono quasi sconosciute nel nostro Paese - dopo avere illustrato come l'opera di NAB (considerato non soltanto uno dei padri della moderna biomeccanica, ma l'iniziatore della moderna teoria del movimento) abbia profondamente influenzato le ricerche e l'opera di studiosi e ricercatori non solo russi, ma di vari altri Paesi, mette in risalto quale sia l'importanza che ancora oggi assumono i risultati delle ricerche e le idee del grande scienziato russo. In particolare, la sua teoria sul sistema del controllo a più livelli dei movimenti, secondo Ljah, rappresenta una base teorica e prati-

ca per lo studio delle capacità coordinative, ancora oggi non compresa ed utilizzata fino in fondo. A tale proposito, l'Autore cita i risultati di proprie ricerche, cercando di dimostrare come l'approccio allo studio delle capacità coordinative, basato sulle idee di NAB, permetta di sistematizzare gli eventi ed i fatti che riguardano le differenze individuali nell'espressione di queste capacità; permetta un'analisi più profonda della dinamica delle correlazioni tra queste capacità ed una spiegazione della loro diversa espressione e della loro variabilità, durante lo sviluppo. Secondo Ljah, inoltre, la concezione psicofisiologica sul sistema del controllo a più livelli del movimento proposta da NAB, può costituire una solida base scientifica per l'elaborazione di test che permettono di valutare i parametri delle capacità coordinative. Ljah ricorda, però, che il lavoro sperimentale e le teorie di NAB sono importanti non solo per lo studio e l'analisi delle capacità coordinative dell'uomo. Esso ha enormemente contribuito alla comprensione ed allo studio

della filogenesi e dell'ontogenesi delle funzioni motorie, alla teoria delle abilità e delle abitudini motorie, allo sviluppo delle idee sulla natura dell'automatismo, all'analisi dei movimenti volontari ed involontari, coscienti ed incoscienti, alle teorie sull'apprendimento motorio, come anche all'analisi dei fenomeni del transfert e della generalizzazione. Tutti temi che continuano a restare di grande attualità e nella cui trattazione, per chi conosce le opere e le teorie di NAB, non è difficile riconoscere come molti concetti, che attualmente sono quasi diventati senso comune, tanto da apparire banali e quasi scontati, trovino proprio nell'opera di Bernshtein la loro origine. Malgrado ciò Ljah - ed in ciò sta anche il valore attuale della sintesi che fa delle idee e dell'opera di NAB - ci ricorda come, specialmente nel campo dell'educazione fisica e dello sport larga parte di esse non abbia trovato ancora l'attenzione e lo spazio che meritano e come rimangano un fonte estremamente importante per ulteriori ricerche.



Foto: BRUNO

1. Introduzione

Quando N.A. Bernshtein era ancora in vita, le sue opere, realizzate nell'ambito della neurofisiologia, della biomeccanica, della medicina, della psicomotricità, caratterizzate da un'eccellente unità e profondità nella concezione scientifica del mondo, godettero di un notevole riconoscimento e contemporaneamente provocarono critiche intense, soprattutto nel periodo compreso tra il 1948 e il 1954.

In questi ultimi decenni, le ricerche e le opere di Bernshtein, non solo non hanno perso di attualità, ma al contrario fanno riscontrare una continua crescita d'interesse verso di esse da parte di scienziati russi e di altri Paesi. Ciò viene confermato, in modo esplicito, da una nuova edizione delle opere di Bernshtein (Mosca, Nauka, 1990), che comprende due suoi lavori fondamentali: "Sulla costruzione dei movimenti" (1947), che fu insignita del Premio dello Stato (all'epoca "Premio Stalin") e "Saggi sulla fisiologia dei movimenti e sulla fisiologia dell'attività" (1966), che l'Autore considerava il risultato fondamentale della sua attività scientifica.

Noti scienziati dell'ex-URSS, come A.A. Uhtomskij, F.B. Bassin, S.G. Gellershtein, A.D. Novikov, N.G. Osolin, G.S. Gurgenize, V.P. Zinchenko, V.V. Lebedinskij, A.P. Luria, I.M. Gel'fand, I.M. Feigenberg, L.V. Chaidze e molti altri hanno dedicato vari loro lavori all'attività e all'importanza delle concezioni di Bernshtein per lo sviluppo, soprattutto, della fisiologia, della biologia, della psicologia, della cibernetica, della filosofia delle scienze naturali.

Sia in Russia, come all'estero, il numero delle pubblicazioni dedicate all'utilizzazione creativa, all'analisi e allo sviluppo delle idee di quello che può essere considerato il *fondatore della moderna biomeccanica dei movimenti dell'uomo e della teoria del controllo dei movimenti*, oltre che uno sperimentatore ed un pensatore tra i principali della nostra epoca, è in continuo aumento. Ad esempio, nella rivista *Nauka i zisn'* ("Scienza e vita") (1976, n. 4-6), V.L. Naidin, allievo di Bernshtein, ha esposto in forma divulgativa le idee dello scienziato sui livelli di guida e di sfondo dell'organizzazione dei movimenti dell'uomo. V.I. Filipovic, nella rivista *Legkaja atletika* (Atletica leggera) (1980, n. 7), ha presentato le idee di Bernshtein sul concetto di destrezza motoria tratte dal suo libro: "Sulla destrezza e sul suo sviluppo". Dieci anni dopo, la stessa rivista, cominciando dal n. 3 del 1990, ha pubblicato vari capitoli di questo libro. Questa pubblicazione è stata preceduta da un articolo introduttivo del prof. Zaciorskij (n. 2, 1990), nel quale viene descritta la storia eroica e nello stesso

tempo drammatica, della vita di questo grande scienziato.

Una prova della comprensione e dell'interesse profondo verso i lavori di Bernshtein, che ha rivelato la loro importanza per un ulteriore sviluppo delle ricerche neuro e psicofisiologiche, biomeccaniche, psicomotorie, è stata la Prima Conferenza Internazionale: "Le ricerche attuali sulla motricità sportiva alla luce della concezione di N.A. Bernshtein", appositamente dedicata all'attività dello studioso, che si è svolta nella ex-RTD nel novembre del 1988.

Questo articolo si propone, in primo luogo, di fare conoscere al lettore l'esistenza di nuovi, o poco noti, lavori di eminenti specialisti esteri, realizzati soprattutto nell'ultimo periodo, ed in secondo luogo di presentare un riassunto delle idee di Bernshtein e dei dati della letteratura specializzata sui meccanismi neuro- e psicofisiologici responsabili del controllo e della regolazione delle azioni motorie dell'uomo. Inoltre, esso ha come obiettivo (e si tratta dell'obiettivo più importante) quello di soffermarsi su quelle idee, su quelle ipotesi e su quelle concezioni di Bernshtein che non sono state ancora sufficientemente analizzate dagli specialisti, ma che, dal nostro punto di vista, risultano molto attuali ed interessanti e, senza dubbio, troveranno una risposta nella generazione attuale e nelle future generazioni di scienziati.

2. La fortuna attuale delle idee di Bernshtein

Tra i primi lavori, occorre citare il libro *Bewegungslehre*, opera di un gruppo di autori, curato da due noti specialisti della Rdt, il prof. Meinel e il prof. Schnabel (1987). Il libro è stato tradotto in molte lingue, ed è già arrivato all'ottava edizione. In esso, hanno trovato sviluppo e conferma sperimentale molte idee di Bernshtein: l'idea dell'interpretazione biopsicosociale delle azioni motorie, quella sulla regolazione a più livelli delle azioni motorie da parte del SNC, quella sulla coordinazione dei movimenti, quella sull'ontogenesi della motricità, ecc.

Di notevole interesse è anche una monografia del Presidente dell'Associazione Americana di Psicologia Sportiva, prof. R.A. Magill: "L'insegnamento dei movimenti - concezioni e applicabilità" (Jowa: Wm. C. Brown Publ. 1989 - 544 p., III edizione). In molti punti di questo lavoro, si può notare la grande importanza dei lavori di Bernshtein che hanno avuto un effetto determinante sull'Autore, come anche sulle teorie dell'insegnamento dei movimenti, elaborate dai famosi scienziati americani Adams e Schmidt.

Nel suo libro (1984), nel quale spiega la

struttura delle capacità coordinative sulla base delle diverse teorie del "comportamento motorio", K. Roth, un ricercatore della Repubblica Federale Tedesca che ha già conquistato un ampio riconoscimento da parte dei suoi colleghi, mette ad uno dei primi posti la concezione di Bernshtein e dei suoi continuatori diretti nella pedagogia tedesca, K. Meinel e G. Schnabel.

Nella ex-Rdt, alcuni gruppi di studiosi, guidati da noti specialisti, quali il prof. R. Pöhlmann (Rostok) e P. Hirtz (Greifswald), hanno realizzato alcuni studi sulla motricità sportiva alla luce dell'interpretazione materialista dei movimenti proposta da I.M. Secenov e hanno pubblicato alcune monografie fondamentali sulla base della teoria di Bernshtein del controllo a più livelli dei movimenti e sulla base dei risultati delle sue ricerche.

Sempre nella ex-Rdt, il prof. L. Beyer (Iena), il prof. Pickenhain (Lipsia) hanno realizzato le loro ricerche neurofisiologiche alla luce delle idee di Bernshtein. Il problema "del superamento dei gradi ridondanti di libertà..." è stato studiato da R. Buchmann (Berlino) e da K.-H. Leist (Monaco), mentre il prof. R. Weinberg (Amburgo) ha approfondito, sulla base della concezione di Bernshtein, la teoria scientifico-sportiva dell'apprendimento delle azioni motorie. Una grande ricerca sperimentale sullo studio della struttura delle capacità coordinative dei giovani atleti è stata svolta da H. Eimmer (Lipsia) che, per interpretare i suoi risultati, ha utilizzato l'ipotesi di Bernshtein sui livelli guida e sui livelli di sfondo dell'organizzazione dei movimenti, mentre il prof. Jantzen ha analizzato il rapporto tra le categorie psicologiche e le categorie fisiologiche nel controllo dei movimenti, basandosi sulle riflessioni di Bernshtein. E. Joosch, O. Popp, S. Riebel (Iena) hanno continuato ad approfondire le idee di Bernshtein sui problemi del rapporto tra il tutto e gli elementi del tutto; sul problema della formazione dei rapporti funzionali; sul problema dello sviluppo di strategie differenziate della regolazione dell'elemento del tutto e delle funzioni, mentre M. Sust (Iena) ha studiato la legge biomeccanica della forza. L. Nordmann (Lipsia) ha studiato il problema del transfert del comportamento sensomotorio nei giovani atleti, mentre il prof. S. Starischka (Dortmund) ha unito l'approccio basato sullo studio scientifico dell'allenamento e l'approccio biomeccanico al problema della diagnostica delle capacità motorie e, soprattutto, delle capacità coordinative.

Oltre che negli USA e nella Germania, le idee di Bernshtein si sono radicate anche in molti altri Paesi. In Polonia, le ricerche si concentrano sul problema della formazione tecnico-sportiva, sullo studio della

coordinazione dei movimenti e sul problema del controllo efficace dei movimenti, come anche sul fenomeno "simmetria-asimmetria dei movimenti" (W. Starosta, Varsavia). Il prof. S. Celikovskij (Praga) ha utilizzato la teoria dell'informazione nell'ambito delle capacità coordinative. Le idee di Bernshtein sono conosciute anche in Iraq, dove sono state condotte ricerche sul ruolo svolto dalla sensibilità cinestetica e da altri tipi di sensibilità; sul ruolo svolto dalla capacità di memoria nel controllo dei movimenti di soggetti (studenti) praticanti sport e di soggetti sedentari (prof. M. Hantosch, Facoltà di Educazione fisica dell'Università di Mosul). In India, vengono svolte ricerche sull'individuazione delle principali capacità coordinative in diverse discipline sportive (P.I. Sebastian) e sul livello di sviluppo di queste capacità a seconda dell'età biologica (K.D. Sharma).

3. Le idee di Bernshtein sul controllo dei movimenti e loro importanza pratica e teorica per lo studio delle capacità coordinative

Nella letteratura specializzata russa ed internazionale, sono conosciute soprattutto le idee di Bernshtein sui meccanismi neuro- e psicofisiologici che controllano le funzioni del cervello e che si trovano alla base della coordinazione dei movimenti. Le teorie su questi problemi hanno subito notevoli modifiche durante la loro storia, ormai centenaria. I primi approcci scientifici alla spiegazione del comportamento motorio dell'uomo e dei meccanismi della coordinazione dei movimenti, sono legati ai nomi di I.M. Secenov e I.P. Pavlov che hanno spiegato questi meccanismi dal punto di vista della teoria dell'attività riflessa. In particolare, Pavlov considerava i meccanismi dell'attività coordinativa del SNC in relazione ai processi di eccitazione e di inibizione degli archi riflessi che partecipano alla realizzazione di una determinata attività motoria dell'organismo, mostrando che, nell'organizzazione degli atti motori finalizzati (coordinazione dei movimenti), un ruolo importante viene svolto dalle zone frontali dell'encefalo; che i movimenti volontari vengono svolti grazie all'attività complessa dell'analizzatore motorio e di altri sistemi analizzatori. Un ruolo di grande importanza nella spiegazione dei meccanismi della regolazione nervosa delle azioni motorie è stato svolto dalla "teoria del dominante" di A.A. Uhtomskij, dalle idee sulla struttura a più piani del riflesso condizionato di E.A. Astratian, dalla concezione di P.K. Anochin sull'"accettore dell'azione" e dalle idee di S.A. Kosilov, che spiegano i processi cosiddetti "perfetti" di coordinazione dei movimenti (fluidità, ritmicità, esclusione di movimenti superflui, economia) come risultante delle tracce dell'eccitazione, della concentrazione della forza muscolare e dei processi nervosi, sulla base della legge dell'immagine integrale del movimento di lavoro.

Però, le teorie degli specialisti che spiegano i meccanismi della coordinazione dei movimenti sulla base dell'attività del riflesso condizionato, da un lato non sono state ancora confermate sperimentalmente, come sarebbe necessario, e dall'altro le teorie basate sui riflessi condizionati non spiegano sufficientemente le funzioni di controllo dell'encefalo rispetto all'attività motoria dell'uomo (A.P. Luria, N.A. Rokotova, V.S. Gurfinkel' et al.), perché lo schema del riflesso condizionato come sistema di controllo (secondo il meccanismo dell'arco riflesso) non è in grado di effettuare una correzione continua degli errori e di cercare le diverse varianti delle reazioni di risposta, che rappresentano una caratteristica indispensabile del processo motorio.

Bernshtein ha compiuto un passo in avanti, completamente nuovo, nell'interpretazione del controllo dei movimenti, che – probabilmente – proprio per questo non fu immediatamente compreso. Infatti, ha scoperto nuove funzioni che caratterizzano l'encefalo come sistema di controllo dei movimenti e ha formulato nuovi concetti per la fisiologia dell'attività cerebrale, come quello di scopo, quello di ricerca attiva, quello di circuito chiuso gerarchico di controllo (lo schema del circuito (anello) riflesso). Ha giustificato la teoria della struttura polifunzionale e gerarchica dell'attività psicomotoria dell'uomo ed ha individuato un insieme, composto da cinque livelli d'organizzazione dei movimenti, controllati dalle diverse zone del SNC, responsabili delle funzioni motorie (la corteccia sensoriomotoria e frontale, le strutture striopallidali, il cervelletto, il nucleo rosso, il midollo spinale) e della periferia che esse controllano (soprattutto i muscoli). Bernshtein distingue questi piani della costruzione dei movimenti:

- A: il livello delle regolazioni paleocinetiche (il livello rubrospinale del sistema nervoso centrale);
- B: il livello delle sinergie (il livello talamo pallidale);
- C: il livello del campo spaziale (il livello piramido-striale) che si differenzia in due sottolivelli: C1 – il sottolivello striale che appartiene al sistema extrapiramidale e C2 – il sottolivello piramidale che appartiene al gruppo dei livelli corticali;
- D: il livello delle azioni (delle azioni materiali, delle catene concettuali, ecc.) (il livello sincipite-premotorio);

E: il gruppo dei livelli corticali, che controllano le coordinazioni simboliche (il linguaggio, la scrittura, ecc.)

Per la loro migliore comprensione nel riquadro di pag. 58 riportiamo quanto lo stesso Bernstein scriveva, nel suo libro *Sulla costruzione dei movimenti* (1947).

Nonostante alcune differenze nei punti di vista, i principi del controllo dei movimenti, proposti da Bernshtein, attualmente vengono condivisi, oltre che dagli specialisti già citati, dalla maggiore parte degli altri ricercatori (I.M. Gel'fand, V.S. Gurfinkel', M.L. Ztlin, M.L. Shik, J. Miller, E. Galanter, K. Pribram, N.A. Rokotova, Ja.M. Koz, E.N. Surkov et al.). Questi specialisti hanno ampliato le nostre conoscenze sul sistema della regolazione centrale delle azioni motorie ed hanno ampliato il campo di utilizzazione di queste conoscenze, per spiegare altre forme di comportamento finalizzato dell'uomo.

Però, attualmente, le nostre conoscenze sulle funzioni neurofisiologiche del cervello come sistema di controllo dei movimenti non possono essere considerate ancora sufficienti. Inanzitutto, non è ancora abbastanza chiara la logica del funzionamento dei meccanismi superiori di elaborazione dell'informazione, cioè dei sistemi di immagazzinamento a lungo termine delle informazioni e il sistema della valutazione (cioè della variazione e della classificazione) dell'informazione attuale (corrente) sugli eventi esterni e sugli stati funzionali interni legati ad essi (N.A. Rokotov). Attualmente, è ancora difficile spiegare come funzionano i sistemi che trasformano l'informazione elaborata e valutata in un processo controllato; come avviene la ricodificazione dell'informazione, ad esempio dell'informazione visiva, in termini che possano essere "compresi" dai sistemi di controllo dell'organo in movimento, ecc.

In Russia, le ricerche biomeccaniche di Bernshtein sono state continuate da L.V. Chaidze, D.D. Donskoj, V.M. Zaciorskij, I.P. Ratov, V.N. Korenberg e molti altri.

Se affrontiamo l'esposizione di quelle idee, di quelle concezioni e di quelle proposte di Bernshtein che sono di grande valore soprattutto per la teoria e pratica dell'educazione fisica, vogliamo sottolineare anzitutto che *Bernshtein è stato uno dei primi studiosi che si sono basati sui principi e sui concetti dell'approccio e dell'analisi fondate sulla teoria dei sistemi* insieme a L.S. Vygotskij (nel suo studio delle funzioni psichiche superiori) e P.K. Anochin (che ha elaborato la "teoria del sistema funzionale"). Bernshtein ha utilizzato questo tipo di analisi per spiegare i fenomeni dell'allenabilità, dell'abitudine motoria, della coordinazione dei movimenti e della destrezza (o,

Il concetto di livelli diversi della costruzione (organizzazione) dei movimenti viene compreso meglio se si confrontano una serie di movimenti simili, per quanto riguarda il loro aspetto esterno, ma molto diversi, per quanto riguarda la loro costruzione (organizzazione) per livelli.

Ad esempio, l'uomo può eseguire il movimento circolare con un braccio, in una serie di situazioni molto diverse tra di loro. Ad esempio:

A: nell'esecuzione molto rapida del "vibrato" del pianoforte, cioè nella ripetizione della stessa nota o della stessa ottava con una frequenza di 6-8 volte al secondo, spesso i punti della mano e dell'avambraccio dei grandi maestri si muovono su piccoli cerchi (o ellissi). B: si può disegnare con il braccio un cerchio nell'aria, eseguendo un esercizio di ginnastica o un movimento coreografico. C: l'uomo può tracciare con la matita il contorno di un cerchio disegnato o impresso sulla carta (C1) oppure ridisegnare un cerchio che vede davanti a sé (C2). D: può eseguire un movimento circolare della mano, facendo un punto con l'ago o sciogliendo un nodo. E: dimostrando un teorema geometrico, può disegnare sulla lavagna un cerchio che fa parte del disegno che viene usato per dimostrare questo teorema.

Si tratta sempre di cerchi o di qualcosa di simile ad essi. Però, in tutti gli esempi citati, le loro radici nervose centrali, i loro livelli d'organizzazione sono notevolmente diversi. In tutte le varianti citate, inoltre, potremmo vedere che ci sono anche differenze nella meccanica del movimento, nella sua immagine spazio-dinamica esterna e, ancora più importante, nei meccanismi di coordinazione che determinano questi movimenti.

Innanzitutto, bisogna notare che tutti questi movimenti circolari ogni volta sono legati ad afferenze diverse. I cerchi nell'esempio A (e ciò sarà dimostrato nei capitoli III e IV) vengono realizzati spontaneamente, grazie al riflesso propriocettivo inconscio. Anche il cerchio descritto in un movimento di ginnastica e in un movimento coreografico (B) viene realizzato grazie alla correzione propriocettiva, però, non elementare riflessa, ma, in una determinata misura, cosciente che manifesta il prevalere non delle componenti muscolari di forza, ma delle componenti articolari spaziali dell'afferentazione propriocettiva. Il cerchio contornato (C1) o disegnato (C2) viene realizzato con il controllo dominante da parte della vista: nel primo caso, più spontaneo e primitivo; nel secondo, effettuato da un sistema afferente sintetico molto complesso cioè il "campo visivo-spaziale". Nel caso D, il sistema afferente principale è rappresentato dall'idea dell'oggetto, dalla percezione dell'oggetto, dalla comprensione della sua forma e del suo significato, che producono un risultato attivo rappresentato da un'azione attiva o una serie di azioni, dirette alla manipolazione finalizzata di questo oggetto. Ed infine, nel caso E (il cerchio disegnato da un professore di matematica sulla lavagna), il momento principale è rappresentato non tanto dalla riproduzione della forma geometrica del cerchio (come sarebbe stato se al posto del professore di matematica sulla cattedra ci fosse stato un professore di disegno), quanto la rappresentazione semicondizionata dei rapporti tra il cerchio disegnato e altri elementi del disegno matematico. L'alterazione della forma corretta del cerchio non disturba l'idea del professore e non provoca nella sua motricità alcun impulso di correzione che, invece, sarebbe stato provocato immediatamente, nella stessa situazione, in un professore di disegno.

Tutti i movimenti descritti (da A fino ad E) rappresentano cerchi, per quanto riguarda i loro schemi muscolari e articolari, però, in ogni caso concreto, la loro realizzazione, la loro costruzione, effettuata dal Sistema nervoso centrale, si realizza ad un livello diverso.

Bernstein N.A Sulla costruzione dei movimenti, Mosca; 1947, pagg. 41-42

coordinative ed è stata elaborata una loro classificazione e sono state definite le caratteristiche qualitative e quantitative necessarie e sufficienti, di queste capacità:

- la correttezza (l'adeguatezza e la precisione),
- la rapidità (la tempestività e la velocità),
- la razionalità (l'opportunità e l'economia),
- l'ingegnosità (l'iniziativa e la stabilità).

L'analisi teorica e le ricerche sperimentali svolte hanno dimostrato che ogni caratteristica delle capacità coordinative non rappresenta semplicemente una particolarità semplice e univoca, che caratterizza queste capacità. Invece, ciascuna di queste caratteristiche è complessa e non univoca. Proprio questa circostanza spiega l'assenza di correlazioni, oppure il carattere contraddittorio che esse assumono, tra i diversi parametri della precisione, della velocità, dell'economia e della stabilità dei movimenti. Ad esempio, in alcuni casi, i parametri della precisione (cioè della riproduzione e della differenziazione dei parametri dei movimenti) dipendono maggiormente dalla finezza delle sensazioni e delle percezioni cinestetiche (il cosiddetto "senso muscolare") che si basano sul livello B (il livello delle sinergie o livello talamo-pallidale del SNC); in altri casi essa, ad esempio durante i movimenti nella corsa, viene determinata prevalentemente dal sottolivello del campo spaziale C1; in altri casi ancora, i parametri della precisione di un tiro o di un calcio ad un pallone vengono determinati da un elevato grado di sviluppo del sottolivello C2, del livello piramidale che "guida" la precisione del tiro. Naturalmente, i rapporti di correlazione tra questi tipi di precisione possono essere completamente assenti in quanto "questi tipi di precisione" sono eterogenei. In un certo qual modo, ciò riguarda anche tutti gli altri parametri che determinano le capacità coordinative attraverso la precisione, la rapidità, l'economia, la stabilità, oppure attraverso la loro combinazione (V.I. Ljah, 1987, 1990).

Nello studio del problema dei rapporti reciproci (correlazioni) tra le diverse capacità coordinative, la maggiore parte degli Autori si limita a constatare la loro esistenza o la loro assenza e, purtroppo, non cerca di individuare quali siano le cause reali dell'esistenza o dell'assenza di queste correlazioni. Però, il problema consiste non tanto nel fatto che alcuni soggetti assimilano facilmente e velocemente i movimenti degli esercizi della ginnastica artistica, mentre altri soggetti quelli dei giochi sportivi, quanto nel *perché* ciò avviene. Spiegare questi fenomeni attraverso diversi tentativi empirici, descrittivi, ecc. non è molto semplice. Questi "tentativi privi di una base

utilizzando il termine più esatto, delle capacità coordinative). Così, nello sviluppo delle sue idee sulla natura di questi fenomeni, si è basato sui meccanismi neuro- e psicofisiologici del controllo dei movimenti, sulla loro struttura e sul loro funzionamento. Inoltre, ha utilizzato il metodo genetico, cioè ha analizzato il problema della loro origine e del loro sviluppo, sia nella filo- che nell'ontogenesi. Proprio questo approccio permette di spiegare (e non solo di descrivere) in modo dialettico l'allenabilità dei movimenti, l'abilità motoria, le capacità coordinative e di trovare per ciascuno di questi concetti una posizione in un sistema integrale, definito

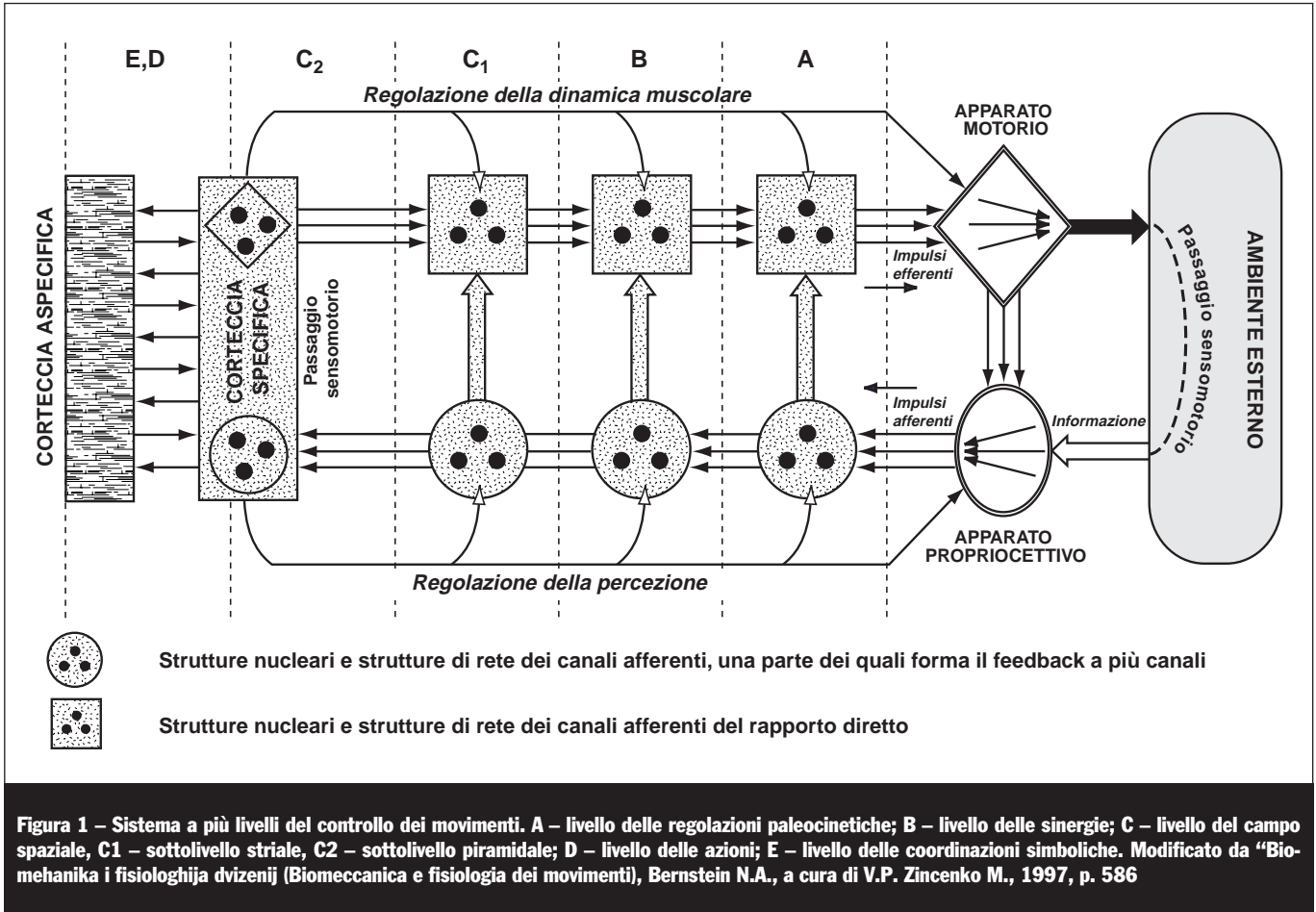
come *teoria delle coordinazioni*. Finora, l'approccio proposto da Bernshtein rimane un tentativo insuperato del pensiero sistemico nell'analisi dei concetti citati, nel quale ciascuno di essi non si presenta semplicemente come definizione (termine) riuscita, ma come concetto (nozione) che fa parte integrante di una concezione scientifica.

L'utilizzazione della teoria di Bernshtein sul sistema a più livelli del controllo dei movimenti, ha mostrato come sia opportuno applicarla per l'analisi e per lo studio delle capacità coordinative nell'ontogenesi dell'uomo (Ljah, 1979, 1990). In particolare, è stato formulato il concetto di capa-

interpretativa fondamentale si infrangono sempre contro il muro di una enorme varietà di dati" (Bernshtein, 1947, p. 172). Questi problemi vengono concretizzati nell'ambito della "teoria del controllo a più livelli". Secondo le idee di Bernshtein, per la realizzazione di compiti motori che sono diversi sia per quanto riguarda la loro origine e il loro significato, sia per quanto riguarda molte delle loro caratteristiche psicofisiologiche, vengono formate strutture diverse, a più livelli, che vengono regolate dal corrispondente livello "guida"

caratterizzate da una grande grazia e armonia nei movimenti del corpo (livello B), che contemporaneamente hanno mani estremamente incapaci e non sono in grado di maneggiare anche il più semplice degli attrezzi. Altre persone sono caratterizzate da un'elevata precisione di quei movimenti minuti che sono necessari, ad esempio, nel lavoro di un orologiaio o di un incisore, però, sono goffe, poco agili, inciampano su un pavimento liscio e quando camminano urtano le sedie e le fanno cadere; in queste persone i livelli C2

è molto più facile fornire una valutazione di ciascun livello, che studiare e valutare ogni singolo atto motorio. Quindi, se un soggetto mostra elevate capacità coordinative relativamente a due movimenti appartenenti al sottolivello inferiore C1 (ad esempio, relativamente a qualche esercizio acrobatico), è possibile prevedere, con grande probabilità, che mostrerà un elevato livello di capacità coordinative in altri movimenti di questo gruppo. Oppure, se un soggetto dimostra un elevato livello di capacità coordinative in alcuni movimenti



che è quello che determina gli aspetti concettuali o gli obiettivi dell'attività motoria. Sotto questo controllo da parte del livello guida, alla realizzazione dell'azione motoria partecipano i livelli di sfondo che garantiscono le componenti di sfondo e quelle tecniche del movimento: il tono muscolare, le sinergie complesse, ecc. Ad ognuno di questi livelli corrispondono un substrato anatomico in una determinata parte del SNC e le correzioni sensoriali tipiche di questo livello, che rappresentano il fondamento della coordinazione dei movimenti. In soggetti diversi, i relativi gradi di sviluppo dei singoli livelli coordinativi sono diversi. "Esistono persone

e D prevalgono sul livello B". Alcuni soggetti assimilano facilmente gli esercizi ginnici ed acrobatici, diretti allo sviluppo delle capacità coordinative (il livello guida C) e, con difficoltà, quelli dei giochi sportivi (il livello guida D), ecc. Quindi, secondo Bernshtein, un determinato livello di sviluppo e un determinato livello di allenabilità sono una caratteristica tipica non di singoli atti motori (in tutta la loro varietà), ma di interi gruppi di movimenti che costituiscono: "gli attrezzi (il bagaglio) dell'insieme di un determinato livello di organizzazione dei movimenti da parte del SNC". Questi livelli non sono molto numerosi e in un individuo concreto

balistici finalizzati alla precisione, appartenenti al sottolivello superiore C2, su questa base si può presumere che vi sia un elevato livello di capacità coordinative, anche in altri movimenti appartenenti a questo sottolivello. Alla luce di quanto detto precedentemente, l'obiettivo pratico della verifica dell'ipotesi di Bernshtein consiste nel dimostrare che i parametri omogenei delle capacità coordinative, controllati dagli stessi livelli di guida e di sfondo di organizzazione del movimento, debbono essere maggiormente correlati (correlazione positiva) tra loro, mentre i parametri eterogenei, che riguardano livelli diversi di guida e di sfondo,

sono caratterizzati o dall'assenza di rapporti di correlazione, o da correlazioni scarse o mediamente positive, ma anche dalla probabilità che siano negative.

Questa ipotesi è stata da noi verificata sperimentalmente su bambini (maschi e femmine) appartenenti a tutte le fasce di età comprese tra i 7 e i 17 anni ($n > 2\ 000$), analizzando circa 50 000 coefficienti di correlazione. Si è visto che può essere osservato un transfert positivo delle capacità coordinative solo nelle azioni motorie appartenenti agli stessi livelli di guida e di fondo di organizzazione dei movimenti (caratterizzate da aspetti concettuali e di programmazione simili, come anche da componenti di realizzazione e da una struttura motoria simili). Un determinato transfert positivo, anche se inferiore al primo caso, si nota in quei casi in cui le azioni motorie vengono controllate da livelli guida simili e da livelli di sfondo diversi, oppure da livelli di guida diversi e da livelli di sfondo simili. Infine, nelle azioni motorie controllate sia da diversi livelli di guida che da diversi livelli di sfondo si nota un transfert neutro ed a volte negativo (Liah, 1987).

Abbiamo definito come *livello guida* il livello superiore, responsabile della realizzazione di un determinato atto motorio; i livelli subordinati, inferiori ad esso, che assistono dal punto di vista tecnico questo determinato atto, sono stati definiti come *livelli di sfondo*, mentre le correzioni supplementari realizzate da questi livelli sono state definite *correzioni di sfondo* o semplicemente *sfondi* di un determinato movimento.

N.A. Bernshtein
"Sulla destrezza e sul suo sviluppo" 1949

Le ricerche realizzate hanno permesso di concludere che, in tutti quei casi in cui i soggetti sono caratterizzati da un livello scarso, ma relativamente uguale, di esperienza motoria (livello di apprendimento) e, quindi, da uno scarso numero di componenti automatizzate del movimento, i bambini caratterizzati da uno maggiore sviluppo dei livelli di guida di organizzazione dei movimenti che determinano gli aspetti concettuali e di programmazione dei movimenti stessi (la correttezza e l'ingegnosità dell'esecuzione) hanno un livello più elevato di capacità coordinative. Ed invece, con l'aumento dell'esperienza motoria e del numero delle componenti automatizzate delle azioni motorie, un livello più elevato di capacità coordinative viene mostrato dai soggetti caratterizzati da un volume più ampio e da un livello più elevato di formazione delle abilità tecniche

e degli automatismi superiori dei livelli di sfondo del campo spaziale C e del livello delle sinergie B. È presumibile che la velocità e la razionalità, cioè i criteri più importanti della valutazione delle capacità coordinative nella tappa finale dell'apprendimento di azioni motorie complesse dal punto di vista coordinativo, siano determinate da un'attività sintonizzata tra questi due livelli (Ljah, 1990).

In generale, l'approccio basato sulla concezione di Bernshtein permette di sistematizzare gli eventi ed i fenomeni riguardanti le differenze individuali nella manifestazione delle diverse capacità coordinative, favorisce un'analisi più profonda della dinamica delle correlazioni tra queste capacità e una spiegazione della loro diversa espressione e della loro variabilità nei bambini, durante il passaggio da una fascia di età all'altra (Ljah, 1990).

Uno dei momenti più importanti e fondamentali nella scelta dei test per la valutazione delle capacità coordinative è rappresentato dalla loro giustificazione teorica. Purtroppo, nelle ricerche scientifiche, spesso si ricorre a test privi di qualsiasi solida giustificazione scientifica. Viene tacitamente stabilito che uno o più test, scelti dall'Autore per la ricerca, valutano "la coordinazione", "le capacità coordinative" o "la destrezza". Però, questa impostazione non può essere considerata corretta. In primo luogo, utilizzando un solo test, anche il più complesso, che comprende molti compiti motori, non si possono ottenere valutazioni precise e differenziate del livello di sviluppo di capacità coordinative concrete. In secondo luogo, non è lecito valutare il livello di formazione di tutte le capacità coordinative, il cui numero è piuttosto elevato, sulla base di uno o di più test, anche se abbastanza informativi.

In altre situazioni abbastanza frequenti, non è molto chiaro il contenuto psicologico o fisiologico dei test utilizzati. In particolare, in molti lavori sul problema dei test, viene affrontato in modo poco scientifico quel problema che può essere riassunto nella domanda: "un determinato test di cosa rappresenta il parametro?" Qui, un test presenta un determinato interesse solo dal punto di vista della sua correlazione (rapporto) con altri test simili. Però, in questi casi, cioè quando non è abbastanza chiaro il significato psicofisiologico dell'esperimento, quando i test vengono scelti in base ad un "empirismo cieco", oppure basandosi sulle osservazioni della vita quotidiana, non si possono ottenere risultati scientifici chiari, soprattutto per quanto riguarda l'interpretazione della natura delle differenze individuali che si trovano alla base di determinate capacità coordinative. Quindi, i test *debbono sem-*

pre avere una solida base scientifica (una teoria).

Questa base può essere rappresentata, con successo, dalla concezione psicofisiologica sul sistema del controllo a più livelli dei movimenti proposta da Bernshtein, secondo la quale nell'uomo si individuano sedi capacità coordinative speciali ed alcune particolari (specifiche) che appartengono a due classi di destrezza: "la destrezza corporea" e "la destrezza manuale" (Ljah, 1987). Da questo punto di vista, il compito degli scienziati consiste nell'elaborare, o nel reperire in letteratura, il maggiore numero possibile di test per la valutazione dei parametri di queste capacità coordinative e di sottoporli, quando necessario, a verifica sperimentale. L'approccio che riteniamo più corretto è quello che prevede che ogni singola capacità coordinativa venga studiata possibilmente attraverso la valutazione di più parametri di controllo omogenei. Ciò, da un lato, permette di ottenere una valutazione più affidabile del suo livello di sviluppo e, dall'altro, l'esistenza di correlazioni positive tra caratteristiche omogenee mostra che questi test (gruppi di test) sono equivalenti e valutano la stessa capacità coordinativa.

4. Il contributo di Bernshtein alla comprensione ed allo studio dell'ontogenesi e filogenesi dei movimenti umani

Oltre alla notevole importanza della teoria di Bernshtein per lo studio e l'analisi delle capacità coordinative dell'uomo, occorre notare il suo enorme contributo alla comprensione e allo studio della filogenesi e dell'ontogenesi delle funzioni motorie (motricità), alla teoria dell'abilità motoria, e, in particolare, alle idee sulla natura dell'automatismo, all'analisi dei movimenti volontari ed involontari, coscienti ed incoscienti, all'analisi dei fenomeni "transfert" e "generalizzazione".

Nel saggio: *Sull'origine della funzione motoria*, Bernshtein ha dimostrato, ad un elevato livello scientifico, nel suo tipico modo avvincente ed espressivo, perché nei movimenti extrapiramidali l'uomo risulta inferiore rispetto agli uccelli e: "nei movimenti che fanno parte del livello del campo spaziale, una serie di mammiferi supera, per quanto riguarda la motricità, l'uomo: un gruppo lo supera per quanto riguarda l'agilità; un altro, per quanto riguarda la forza; un terzo ancora, per quanto riguarda la precisione, la stabilità, la resistenza, la lunghezza nei salti, la perfezione dell'equilibrio, ecc." Però, già nell'ambito delle azioni con gli oggetti e delle catene concettuali, tutto ciò di cui dispongono anche le scimmie antropoidi rappre-

sentato soltanto un inizio elementare, rispetto all'enorme ricchezza psicomotoria tipica dell'uomo.

Le righe scritte da Bernshtein sull'andamento dello sviluppo della motricità infantile dal momento della nascita fino all'età di 3 anni e nel periodo compreso tra i 3 anni e i 10 anni, si leggono con grande interesse. L'Autore analizza questo problema in relazione alla maturazione e allo sviluppo funzionale dei livelli d'organizzazione dei movimenti. In particolare, il periodo compreso tra i 3 e i 7-8 anni viene caratterizzato come periodo di sviluppo funzionale del sottolivello inferiore (striale) del livello del campo spaziale che guida i livelli di fondo sinergici talamo-pallidali. A questo proposito: "nei bambini la grazia e la mobilità locomotorie, tipiche di questo periodo di età, coesistono con un livello molto scarso di destrezza corporea generale (senza parlare di quella manuale)". Questa "goffaggine graziosa", tipica dei bambini dai 3 ai 7 anni, viene spiegata con il fatto che: "la destrezza, che rappresenta una specie di manovrabilità dei movimenti, di ingegnosità, di capacità di combinare ad hoc formule motorie adeguate, richiede un livello elevato di sviluppo funzionale dei livelli corticali C2 e D e l'accumulo in essi di una determinata esperienza motoria". Bernshtein proprio con l'immatùrità di questi sistemi coordinativi spiega il fatto che: "i bambini di 3-7 anni saltano relativamente male gli ostacoli, non sono abili nel prendere la mira, nell'arrampicarsi sugli alberi o su scale di corda, ecc. Tutto questo riesce dopo, con l'inizio dell'adolescenza".

Analizzando l'andamento dell'ontogenesi della motricità, Bernshtein ha proposto un'interpretazione originale della natura della dominanza nell'uso della mano destra e della mano sinistra, che ancora non è stata utilizzata, né dagli scienziati né sul piano pratico. Bernshtein ha dimostrato che: "la differenza funzionale tra la mano destra e la mano sinistra non è tipica di tutti i livelli di organizzazione dei movimenti, ma inizia soprattutto solo dal livello puramente corticale D". Sulla base della teoria "del controllo a più livelli" esso spiega quali siano le cause delle differenze che si trovano nelle opinioni dei vari Autori sul problema dell'età in cui viene individuata l'asimmetria motoria del bambino: alcuni ricercatori parlano di un'età di 2 anni, altri di 14 anni. Bernshtein afferma che tutto deriva da quali movimenti sono stati osservati (studiati) dall'Autore. Se l'osservatore ha dedicato più attenzione alle azioni con oggetti, allora nota prima la disparità (l'asimmetria destra-sinistra) tra il lato destro e il lato sinistro. Le ricerche sperimentali mostrano che, nel periodo

compreso tra l'età della scuola elementare e l'età della scuola media, si può parlare di un evidente aumento dell'asimmetria destra rispetto all'asimmetria sinistra e rispetto all'ambidestria, soltanto per quanto riguarda le azioni motorie controllate dal livello corticale superiore D delle azioni con oggetti. Ciò viene favorito dall'aumento della percentuale delle azioni motorie con oggetti nel numero totale delle azioni eseguite nella seconda metà dell'infanzia (7-10 anni). Contemporaneamente, non si può parlare di una prevalenza evidente di soggetti caratterizzati dall'asimmetria destra o dall'ambidestria tra i bambini di tutte le fasce di età e di sesso, quando si tratta dell'esecuzione dei compiti motori che appartengono alla classe della cosiddetta "destrezza corporea" che viene controllata, come diceva Bernshtein, dal livello guida del campo spaziale C, che è abbastanza simmetrico. Questo livello funziona con maggiore intensità nel periodo di età compreso tra i 3 ed i 7 anni e raggiunge il suo maggiore livello di sviluppo verso l'inizio del secondo decennio di vita.

Quanto abbiamo detto viene confermato da un esperimento pedagogico che prevedeva l'esecuzione di esercizi diretti allo sviluppo delle capacità coordinative: corsa, salti, lanci, esercizi di sviluppo generale (eseguiti in ambedue le direzioni). È stato dimostrato che il rapporto "asimmetria-simmetria" cambia a favore dell'asimmetria sinistra e dell'ambidestria soprattutto nell'età scolare inferiore e superiore. Contemporaneamente, questo esperimento ha dimostrato che l'esecuzione di azioni di giochi sportivi, controllate dal livello "asimmetrico" delle azioni con oggetti (D), dominato, nella maggiore parte dei casi, dall'emisfero sinistro dell'encefalo, non produceva un'influenza notevole sul rapporto tra soggetti destri, mancini e soggetti ambidestri dell'età scolare media e superiore (Ljah, 1990).

Dal punto di vista della teoria di Bernshtein, si può anche riuscire a spiegare l'esistenza di grandi differenze, per quanto riguarda i parametri quantitativi, nell'ereditarietà di caratteristiche simili ed anche diverse nelle capacità coordinative. È presumibile che, la causa principale di questa differenza nella probabilità di ereditare le caratteristiche delle capacità coordinative, consista nel fatto che i ricercatori hanno studiato parametri della coordinazione completamente diversi per quanto riguarda le loro componenti concettuali ed esecutive, che vengono controllate da livelli di guida (C1, C2, D) e da livelli di sfondo diversi di organizzazione dei movimenti. Evidentemente, una maggiore ereditarietà è tipica di quelle caratteristiche delle capa-

cià coordinative che sono controllate da livelli più antichi di organizzazione dei movimenti, ad esempio dal livello di guida del campo spaziale C. A questo livello appartengono diversi gruppi di capacità coordinative della classe *destrezza corporea*. Di conseguenza, una minore ereditarietà è tipica di quelle caratteristiche delle capacità motorie che vengono controllate dal livello guida delle azioni con oggetti D. A questo livello appartengono diversi gruppi di capacità motorie della classe *destrezza manuale*. Questa ipotesi, anche se concorda con i risultati delle ricerche e con le ipotesi di altri scienziati (S.N. Davydenkov, 1947; B.A. Nikitiuk, 1974, I.V. Ravic-Sherbo, 1978; V.M. Rusalov, 1979; L.P. Serghienko, 1980, ecc.), richiede, però, una conferma sperimentale diretta.

...ogni struttura motoria dotata di sfondi rappresenta una *abitudine motoria* che si è formata durante la vita.

...per *abitudine motoria* intendiamo quella struttura coordinativa che rappresenta l'assimilazione dell'abilità di risolvere un determinato tipo di problema motorio.

N.A. Bernshtein
"Sulla destrezza e sul suo sviluppo" 1949

Come abbiamo già notato, fino ad oggi la teoria dell'*abitudine motoria*, elaborata da Bernshtein alla luce della sua concezione dell'organizzazione a più livelli, è stata immeritabilmente trascurata. Particolarmente interessanti sono le sue riflessioni sullo sviluppo per tappe successive delle idee teoriche sulla formazione dell'*abitudine motoria* e, in particolare, l'analisi del problema: "perché non è corretta la concezione della localizzazione periferica degli atti motori", secondo la quale la capacità di allenamento motorio viene localizzata nell'apparato scheletrico motorio (periferico). Sono comprensibili le critiche da lui rivolte agli "estrapolatori della teoria dei riflessi condizionati" e al principio "dell'arco riflesso" sul quale si basa questa teoria, che fino ad oggi figura nella maggiore parte dei manuali come teoria principale che spiega i meccanismi fisiologici di formazione dell'*abitudine motoria*.

Bernshtein nota che ogni *abitudine motoria* rappresenta una struttura a più livelli composta dal livello guida e dal livello di sfondo del controllo e della regolazione dei movimenti da parte del SNC. Secondo Bernshtein: "il processo di formazione delle abitudini motorie include due periodi, ciascuno composto da una serie di fasi che si realizzano contemporaneamente od in successione".

Il primo periodo include:

1. la determinazione del livello guida;
2. la definizione della struttura motoria del movimento;
3. l'individuazione di correzioni adeguate per tutti i dettagli e per tutte le componenti del movimento, l'individuazione del carattere e del grado di precisione di queste correzioni e dell'elenco dei corrispondenti livelli di sfondo.
4. la quarta fase di questo periodo è rappresentata dal passaggio reale delle correzioni di sfondo ai corrispondenti livelli inferiori, cioè dal processo di automatizzazione..."

Il secondo periodo del processo di formazione dell'abitudine motoria viene definito da Bernshtein come *periodo di stabilizzazione*. In questo periodo:

1. i livelli di sfondo assimilano le componenti della struttura motoria, che sono state trasferite ad essi in seguito all'automatizzazione; in questo periodo, avviene anche la sintonizzazione tra i singoli livelli di sfondo e livelli di guida, e tra i livelli di sfondo stessi, che è probabilmente la cosa più difficile;
2. si conclude quell'aspetto del processo di automatizzazione che viene definito: "standardizzazione della struttura motoria e delle sue componenti", ed infine,
3. si realizza una vera e propria stabilizzazione dell'atto motorio, cioè l'aumento della stabilità dei suoi aspetti e dei suoi dettagli verso tutto ciò che può alterarli.

Ecco come descrive Bernshtein il processo di assimilazione di un movimento di lancio del disco. All'inizio della formazione dell'abitudine: "quella sinergia generale, che include la rotazione dell'intero corpo nella stazione eretta, la rotazione elicoidale del tronco e della testa ed il movimento ampio del cingolo scapolo-omerale e dell'arto superiore e dell'arto inferiore, viene corretta dai sistemi corticali... scarsamente legati alla propriocezione. Successivamente, grazie all'esercizio, questa sinergia passa sotto controllo del livello talamo-pallidale, che è caratterizzato da un rapporto stretto e ben sviluppato con gli organi della sensibilità tattile e propriocettiva e, quindi, tutta la coordinazione di questo aspetto del movimento diventa più precisa, più solida, più facile, più economica. Di conseguenza:

1. il livello di guida viene liberato da un lavoro superfluo;
2. le coordinazioni di questa sinergia escono dal campo della coscienza e,
3. contemporaneamente, le coordinazioni vengono migliorate non solo dal punto di vista quantitativo, ma subiscono anche profondi cambiamenti qualitativi, perché passano alle correzioni sensoriali, qualitativamente più adeguate".

Occorre anche notare che, fornendo una definizione abbastanza rigorosa, nei limiti delle possibilità, dell'abitudine motoria come struttura coordinativa che rappresenta "l'assimilazione dell'abilità di risolvere un determinato tipo di compito motorio", Bernshtein ha dato un fondamento all'idea, secondo la quale il primo stadio dell'assimilazione dell'azione è rappresentato dallo stadio dell'abilità, mentre lo stadio superiore e ultimo è rappresentato dallo stadio dell'*abitudine motoria*. In altri termini, *l'abilità motoria si trasforma in abitudine motoria e non viceversa* come si può leggere in alcuni manuali e testi didattici. Qui, sarebbe opportuno citare una considerazione di M.M. Bogen (1985), secondo la quale non è abbastanza corretto parlare di abilità di grado più elevato che seguono l'abitudine.

Un'attenzione particolare meritano anche le idee di Bernshtein sull'automatizzazione, e su come le componenti automatizzate dei movimenti escono dal campo della coscienza e perché in ogni funzione motoria: "viene percepita coscientemente soltanto la struttura del livello guida, indipendentemente dalla sua posizione (altezza) assoluta"; le sue idee su dove si trova il confine tra i movimenti volontari e i movimenti involontari, tra i movimenti coscienti e quelli inconsci. In particolare, Bernshtein sottolinea che i livelli di guida dell'organizzazione dei movimenti vengono sempre compresi coscientemente, ma contemporaneamente questi livelli possono determinare sia i movimenti volontari che quelli involontari. Secondo Bernshtein, normalmente, i movimenti legati ai sistemi corticali (livelli: C2 e superiori ad esso) sono sempre volontari, mentre il livello C1: "comprende già una determinata percentuale di movimenti involontari; nel livello B ne troviamo un grande numero, ed infine tutte le componenti del livello A sono involontarie".

L'automatizzazione degli atti motori viene interpretata da Bernshtein come passaggio di una serie di componenti del movimento che viene assimilato, ai livelli inferiori di organizzazione del movimento, cioè: "il passaggio di una serie di correzioni coordinative dell'atto motorio alle afferenze dei livelli inferiori che sono più adeguate proprio rispetto a queste correzioni".

Occorre, però, sottolineare che è *difficile trovare nei manuali attualmente diffusi un'esposizione logica della teoria dell'abitudine motoria di Bernshtein*. Per cui gli studenti degli Istituti superiori di educazione fisica non la conoscono. Del resto, anche molti professori non hanno un'idea chiara di questa teoria. Probabilmente, ciò è dovuto alle conseguenze negative di un passato, non tanto remoto, nel quale le

idee di Bernshtein furono sottoposte ad una critica incivile ed infondata. Un esempio di tali critiche che vogliamo citare è l'opinione di un personaggio autorevole come A.N. Krestovnikov che nel suo libro *Saggi sulla fisiologia degli esercizi fisici* (1951) scriveva che la teoria dell'abitudine motoria, elaborata da Bernshtein, riportava di decine di anni indietro le idee su questo problema. Però, il primo manuale sulla fisiologia (*Fisiologia dell'uomo*, Fiskul'tura i sport, 1946) per gli Istituti di educazione fisica fu scritto da A.N. Krestovnikov e M.E. Marshak proprio in collaborazione con Bernshtein, che fu l'autore dei capitoli dedicati al controllo dei movimenti e alla formazione delle abitudini motorie. Dal punto di vista scientifico, nei manuali di fisiologia scritti successivamente, questi capitoli rimangono insuperati. Qui, occorre notare che l'efficacia delle diverse teorie sull'apprendimento dei movimenti (cioè, della formazione delle abitudini motorie) deve essere determinata utilizzando metodi scientifici, ad esempio attraverso sperimentazioni. Ed a questo proposito va detto che mancano lavori sperimentali dedicati al confronto tra le idee di Bernshtein e le altre concezioni esistenti su questa problematica.

Uno dei momenti più importanti della teoria di Bernshtein, che ancora non è stato analizzato dagli specialisti, né a livello sperimentale, né a livello teorico, è rappresentato dal problema dei *profili motori individuali*, cioè dei rapporti individuali: "determinati dalla costituzione, tra livello di sviluppo e capacità di sviluppo dei singoli livelli di organizzazione dei movimenti". Questo problema fa parte della problematica più ampia del talento motorio, nella quale ha una grande importanza pratica una solida interpretazione qualitativa dei profili motori del bambino e dell'adolescente.

In un solo articolo, è assolutamente impossibile esporre, anche soltanto in modo schematico, tutte le idee e tutti i lavori di Bernshtein, il suo contributo alla formazione e allo sviluppo delle diverse scienze, tra le quali la teoria dell'educazione fisica e dell'allenamento sportivo rimane ancora in una luce poco favorevole. Però, è indubbio che i suoi lavori caratterizzati: "da un'elevata profondità di analisi, da una sorprendente lucidità di pensiero" (O.G. Gasienko, I.M. Fejghenberg) illumineranno la strada di molte generazioni di scienziati e conquisteranno gli animi di chi lavora nel campo pratico.

Traduzione ed adattamento dal russo a cura di Olga Iourtchenko da Teoria i praktika fiseskoj kul'tury, 1991, 3. Titolo originale: *Idee N.A. Bernshteina i ih rasvitye v nauke i praktike*.

Il problema della lateralizzazione

La differenziazione laterale dei movimenti alla luce della teoria di Bernshtein

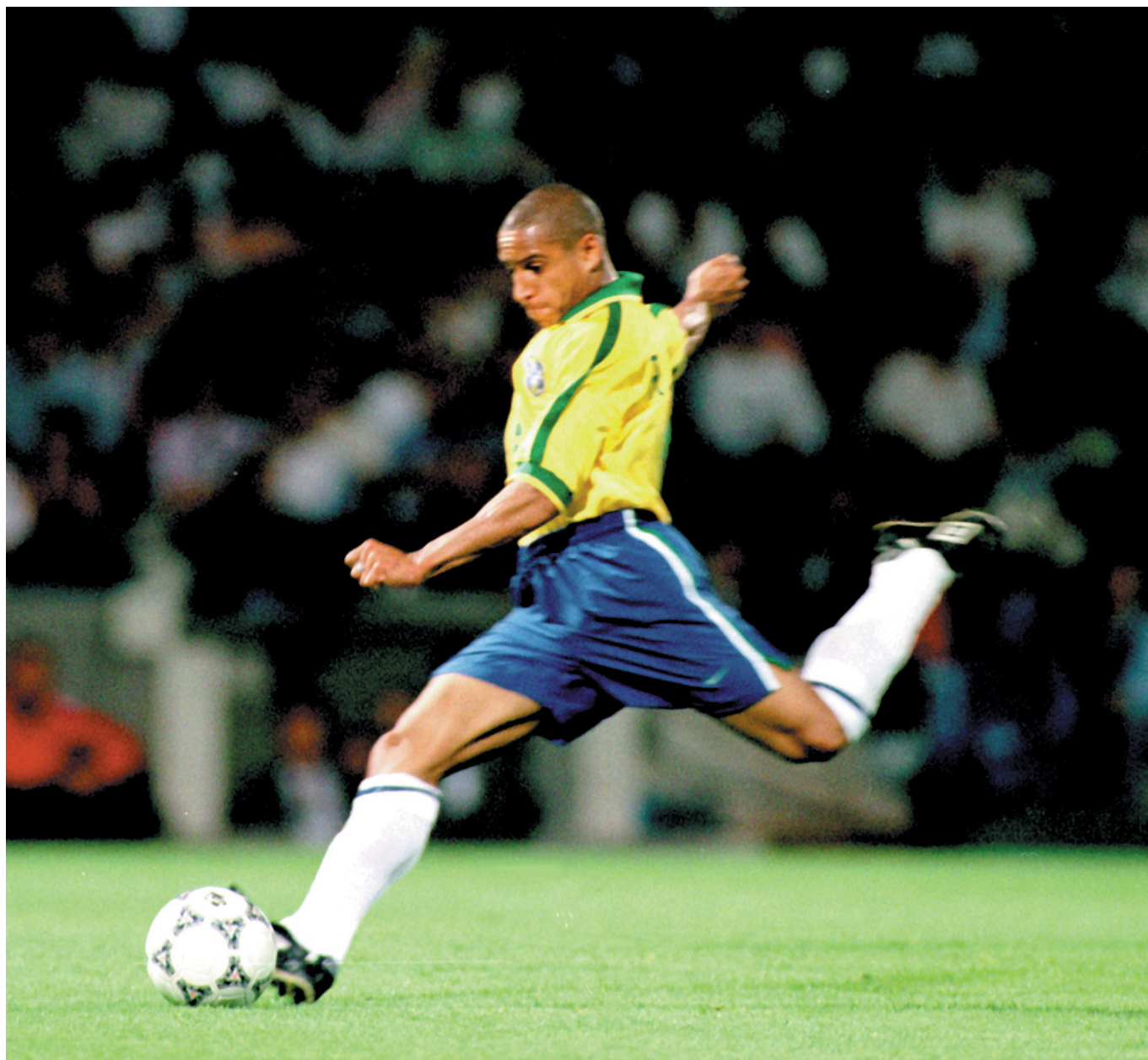


Foto: BRUNO

La struttura simmetrica dell'apparato locomotorio permette all'uomo di eseguire simmetricamente un grande numero di tipi diversi di movimento. Secondo Bernshtein, per ragioni che sono ancora oggi completamente ignote ed inspiegabili, le abilità della mano destra sono nettamente superiori a quelle della mano sinistra, sia per quanto riguarda il livello di precisione e di rapidità di quei movimenti che richiedono coordinazione, sia per

quanto concerne la loro forza. La domanda che si pone è se la dominanza della mano destra sia giustificata e cosa possa spiegare la simmetrizzazione dei movimenti. La teoria di Bernshtein può spiegare molti aspetti di questo grande problema della differenza di lateralità nei movimenti del corpo umano. E fornisce anche molti interessanti elementi al concetto di simmetrizzazione del movimento umano.

Introduzione

N. A. Bernshtein, che è stato uno dei pionieri e dei fondatori della scienza del movimento (cinesiologia), non si è occupato approfonditamente del problema della differenziazione laterale dei movimenti, che era solo uno dei molti problemi da lui affrontati nel suo vasto lavoro teorico e pratico. Per questa ragione lo ha trattato solo in termini generali. Le opere fondamentali di N. Bernshtein furono prodotte negli anni '40, e la sua teoria era molto avanzata rispetto al periodo nel quale visse e lavorò. Ma, a distanza di oltre mezzo secolo, molti elementi della sua teoria sono estremamente attuali ed hanno un grande valore per gli studi sulla scienza del movimento umano. Per questa ragione, vorrei esporre in questo lavoro alcune riflessioni che scaturiscono dallo studio dei lavori monografici di questo grande scienziato russo (Bernshtein 1947, 1991).

1. L'uso della mano destra è giustificato?

N.A. Bernshtein (1991) contrappone la posizione asimmetrica degli organi interni dell'essere umano alla simmetria che caratterizza tutto il suo apparato muscolare e scheletrico. Questa simmetria strutturale (morfologica) permette la simmetria funzionale di numerosi movimenti, tra i quali Bernshtein cita diversi tipi di locomozioni, di esercizi ginnici, di esercizi acrobatici, la mimica ed altri movimenti, che annovera tra quelli completamente simmetrici. Il metodo di analisi dei movimenti che utilizzava N. Bernshtein (che era soprattutto la ciclogrammometria) sembra confermarlo.

Però, in una osservazione laterale o dall'alto dei movimenti, come quella propria del metodo da lui utilizzato per le sue ricerche, è impossibile stabilire un'asimmetria di movimenti come, ad esempio, quelli di locomozione. Ricerche successive, realizzate da numerosi Autori (Demel, Sikora 1952; Ginzburg 1947; Iljin 1963; Iwanicki 1959; Schilling 1979, 1979a) nelle quali il movimento veniva osservato frontalmente o da dietro, hanno permesso di scoprire indizi molti significativi di asimmetria nei movimenti di deambulazione, di corsa o nel movimento di pattinata, che sono determinati da vari fattori, tra i quali la diversa lunghezza e la diversa forza degli arti inferiori. Per diminuire l'effetto di questa asimmetria funzionale, che ha un effetto notevole di disturbo soprattutto nello sport competitivo, gli atleti eseguono movimenti di compensazione (spostando il loro baricentro e modificando i movimenti

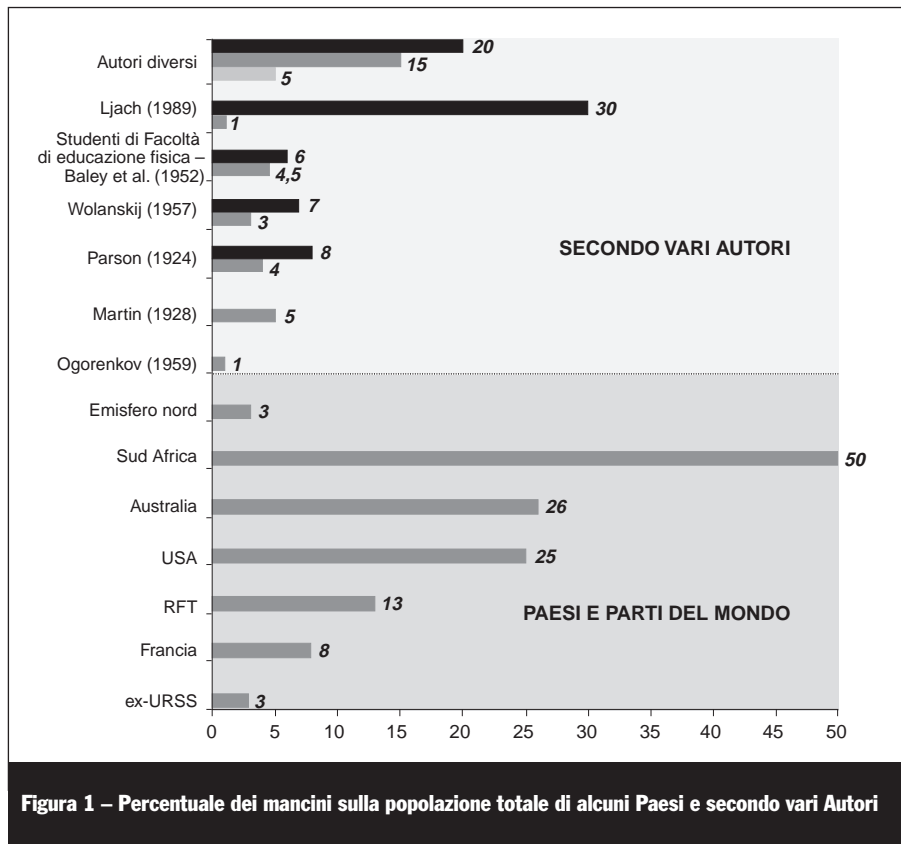


Figura 1 – Percentuale dei mancini sulla popolazione totale di alcuni Paesi e secondo vari Autori

di varie parti del corpo). Una asimmetria ancora maggiore interessa l'esecuzione degli esercizi della ginnastica (Mazniczenko 1959). Nel nuoto, l'asimmetria dei movimenti è stata osservata anche nella rana, che viene considerata la più simmetrica delle nuotate (Czabánski, Koszczyc 1982).

Se si segue l'andamento del ragionamento di N. A. Bernshtein (1991), si può avanzare l'ipotesi che, sottolineando la costruzione simmetrica dell'apparato motorio, probabilmente voleva dimostrare la possibilità dell'uomo di eseguire movimenti lateralmente indifferenziati. Sicuramente, sulla base del contrasto morfologico e funzionale esistente nell'apparato motorio arrivò a questa riflessione: "... per ragioni completamente ignote e finora inspiegabili, la mano destra domina significativamente la mano sinistra, è di gran lunga superiore ad essa per precisione, per facilità nel controllare nuove coordinazioni e capacità di forza" (1991, 179). Questa citazione conferma la significativa dominanza dell'estremità superiore destra (nei soggetti destrimani) e l'assenza di una causa che giustifichi questo fenomeno. Occorre sempre ricordare che questo studio risale a quarantacinque anni fa! Ma anche il livello di conoscenze della scienza attuale non permette di definire, con precisione, le ragioni dell'uso prevalente della mano destra. Ci sono però alcune ipotesi.

Un numero abbastanza elevato di Autori condivide l'ipotesi secondo la quale l'uso prevalente della mano destra avrebbe avuto la sua origine in fattori ambientali e, gradualmente, sanzionato da secoli di tradizione, assunse aspetti innati (Handelsman, Smirnov 1960; Krestovnikov 1951, 1954; Starosta 1975, 1990).

Secondo alcuni autori (Kobler 1932; Ludwig 1931), nel processo millenario di evoluzione dell'esecuzione dei movimenti umani, dapprima dominò la mano sinistra, poi le succedette l'ambidestria. L'uso prevalente della mano destra invece divenne una caratteristica degli ultimi due millenni.

La mancanza di una giustificazione genetica dell'uso prevalente della mano destra è indicata dai risultati di molte ricerche sull'evoluzione dell'uomo durante la sua ontogenesi (Passian et al. 1970; Pozelujew 1958; Storjohann 1969; Suchenwirth, Gallenkamp 1967; Szuman 1957) e dalla distribuzione irregolare dei mancini sulla terra (figura 1): ad esempio, in Sud Africa, dove rappresentano il 50% della popolazione (Starosta 1995).

Comunque, non si riesce a trovare un lavoro di Bernshtein nel quale esprima un suo punto di vista netto a favore o contro l'ipotesi delle origini genetiche od ambien-

tali dell'uso prevalente della mano destra. Stando così le cose, merita una riflessione la sua affermazione:

"È di estremo interesse che l'evidente superiorità della mano destra sulla sinistra, per quanto riguarda l'abilità manuale e la manipolazione degli oggetti, della quale abbiamo parlato, si sia riflessa anche nel linguaggio: in molte lingue europee la parola che indica l'abilità nei movimenti (anche manuale) ha la stessa radice della parola "destra", ed indica colui che usa la mano destra (destrezza)" (Bernshtein 1991, 179).

2. L'ambidestritismo è impossibile?

Come risulta dall'affermazione di N. A. Bernshtein: "I casi di completa simmetria o di ambidestritismo, cioè i casi in cui si osserva che la mano destra e quella sinistra operano con la stessa rapidità e precisione, sono estremamente rari" (Berns-

no. Un ambidestritismo quasi completo è rafforzato dal suonare uno strumento (ad esempio, pianoforte, organo o sintetizzatore). Lo stesso tipo di simmetria dei movimenti si può osservare negli artisti del circo, non solo per quanto riguarda i movimenti delle loro estremità superiori (ad esempio, eseguire esercizi di destrezza con oggetti diversi), ma anche delle loro estremità inferiori (ad esempio, con oggetti o con partner).

Se ci chiediamo quale sia la ragione di questo fenomeno, come già detto, la risposta è perché la maggior parte delle società, nelle varie regioni del mondo, sono sempre rimaste legate all'uso della mano destra, ed impongono alla loro minoranza di mancini un certo modello che è la dominanza della mano destra nella vita quotidiana e nel lavoro. Questo modello, accettato dalla società, divenne componente della tradizione e fu diffuso, di generazione in generazione, diventando componente del patrimonio culturale. Inoltre, fu profondamente radicato in varie lingue (tabella 1). Nella maggior parte dei

stati molti cambiamenti, per cui viene sempre più accettata l'eccezione alla norma dell'uso della mano destra. Il mancinismo viene valutato meno negativamente. Probabilmente, però la norma rimane ed è la ragione per la quale alcuni mancini (anche se in numero sempre minore) modificano la loro condotta motoria e rivelano che la dominanza di un'altra estremità non sempre è accettata dall'ambiente in cui vivono (Fetz, Werner 1992; Schilling 1979). Talvolta, la presenza di una persona mancina suscita addirittura sorpresa in alcuni ed imbarazzo nei mancini stessi.

Malgrado ciò il numero dei mancini aumenta ed i casi di ambidestritismo diminuiscono. Infatti molti di essi, originariamente, erano mancini e trasformando il loro uso della mano sinistra in uso anche della destra diventano ambidestri (ad esempio, Leonardo da Vinci, I. Pavlov). Questo ambidestritismo era frutto delle costrizioni dell'ambiente, e rappresentava un tentativo di adattarsi ad esso. Comunque nel mondo vi sono società

Tabella 1 – Tracce della dominanza della lingua destra su quella sinistra e loro legame con la destrezza in alcune lingue europee

Lingua	Parola usata per indicare la mano	Parola usata per indicare la destrezza	Parole usate per indicare la mano sinistra	Parola usata per indicare un individuo maldestro
Francese	droit	adresse, dexterité	gauche	gauche
Inglese	right	dexterity	left	undextrous
Italiano	destra	destrezza	sinistro	maldestro
Spagnolo	destra (destreza)	desteridad	izquierdo siniestro	desmañado
Latino	dexter	dexteritas	sinister	–
Russo	pravaja	lovkost'	levaja	nielovvkij
Polacco	prawa	zwinność	lewa niezrecznosc niezgrabnosco	niezwinnosco
Tedesco	rechte (rechts)	Wendigkeit	linke (links)	linkisch

tein 1991, 179). Si può essere d'accordo con questa tesi in quanto, nella nostra vita di tutti i giorni, è raro imbattersi in soggetti ambidestri, che cioè usano ambedue le loro estremità (superiori ed inferiori) con la stessa efficacia. La causa va trovata nel fatto che la maggior parte della popolazione era e resta destrimane. Questa maggioranza costringe la minoranza (cioè i mancini) a seguire un certo modello, cioè la dominanza della mano destra, nella vita di tutti i giorni e nel lavoro. L'ambidestritismo si osserva più frequentemente in un gruppo di persone mancine. Il loro ambidestritismo è dovuto al processo che le porta a diventare simmetriche, cioè a bilanciare l'efficacia dei movimenti dei due lati del corpo, rafforzato dall'ambiente in cui vivo-

nei paesi europei, secondo Bernshtein, la parola che indica l'abilità nei movimenti (anche manuale) deriva dalla stessa radice della parola "destra", ed indica colui che usa la mano destra ("destrezza"). Se si analizza la semantica di questo concetto, si arriva alla conclusione che l'utilizzazione della mano destra caratterizza la popolazione in generale, mentre il mancinismo rappresenta un'eccezione alla norma sociale, a tal punto che i mancini, in talune epoche erano perseguitati, ad esempio, dall'Inquisizione e talvolta condannati a morte perché in contatto con il diavolo. Il modello per i giovani resta la dominanza della mano destra. È anche vero che, negli ultimi venti-trenta anni, in molti Paesi, per quanto riguarda questo aspetto, vi sono

nelle quali l'ambidestritismo viene promosso dalla prima infanzia. Ad esempio, in Giappone, è oggetto di educazione familiare e secondo alcuni rappresenta un relitto di un modello culturale che sta scomparendo. Ciascuno di noi, in una certa gamma di attività, ha tentato di eseguire simmetricamente dei movimenti e per questo è diventato leggermente ambidestro. Le ragioni di questa modificazione sono diverse e non rappresentano qualcosa di eccezionale. Già agli inizi del secolo passato, il medico polacco A. Klesk (1915) pensava che lo sviluppo dell'ambidestritismo sarebbe stata un'esigenza indispensabile del futuro. Questa idea si fece strada nello sport. Ad esempio, in alcuni Paesi, nei Campionati nazionali, si richiedeva l'esecu-

zione di certi movimenti con ambedue le mani (ad esempio, in Polonia, nei lanci dell'atletica leggera). Questa idea si trasferì poi anche alle gare internazionali: ad esempio, durante i Giochi olimpici del 1912, le gare di lancio dell'atletica leggera prevedevano due differenti competizioni. In una venivano presi in considerazione i risultati ottenuti lanciando con l'arto dominante, mentre nella seconda veniva registrata la somma dei lanci eseguiti sia con la destra che con la sinistra, e furono attribuite medaglie in ambedue le competizioni (Starosta 1990, 1995). Attualmente, l'enorme evoluzione di una tecnologia sempre più complessa richiede l'uso di ambedue le mani, in quanto con la sola estremità dominante non siamo in grado di utilizzare correttamente attrezzi, apparecchiature e veicoli diversi (per fare un esempio semplice, un'automobile). Anche gli astronauti sono stati costretti a diventare ambidestri.

Se ritorniamo a quanto affermato da Bernshtein (1991), allora ci dobbiamo porre la domanda se sia possibile un ambidestrismo completo. Anzitutto è necessario che si definisca che cosa intendiamo con il concetto di *ambidestrismo completo*. Se lo consideriamo come uguale abilità di ambedue i lati del corpo in tutta l'enorme gamma dei movimenti possibili, diventa un obiettivo irraggiungibile. Se invece con esso intendiamo un'abilità simile, o quasi, in una certa gamma di movimenti, esso è sicuramente raggiungibile. In fondo, non soltanto i risultati di



molte ricerche (Starosta 1975; 1990; 1995), ma la nostra stessa vita ci forniscono molti argomenti che confermano questa affermazione. Ad esempio, un'ambidestrismo notevole è richiesto per lavorare con le macchine da scrivere o con le tastiere dei computer, per suonare strumenti musicali (Bernshtein cita suonare l'organo come un tipo speciali di simmetrizzazione sia delle estremità inferiori che di quelle superiori), per usare strumenti chirurgici (l'ambidestrismo del fisiologo I. Pavlov è ben noto), per scolpire e dipingere (l'ambidestrismo di Leonardo da Vinci è ancora oggetto di ammirazione).

Le immense possibilità di adattamento dell'essere umano sono confermate da molte ricerche sulla simmetria di movimenti di vari livelli di complessità: i movimenti di disegno e di scrittura dei bambini (Ruzejnikow, Zubrzycki 1964); il salto in alto (Doja 1979); i lanci dell'atletica leggera (Pocelujew 1955); Drenkow 1960); alcuni elementi delle tecniche del judo e della lotta libera (Starosta 1990); elementi del programma libero nel pattinaggio di figura (Starosta 1975, 1990).

Finora l'attenzione è stata concentrata sulla simmetria delle estremità superiori, cioè sulla simmetria localizzata nella parte superiore del corpo. Invece, nella vita quotidiana, specialmente nello sport, dominano movimenti di tutto il corpo. La pratica di alcune discipline sportive richiede simmetria di movimenti, che deve essere tanto maggiore quanto maggiore è il grado di qualificazione.

Una speciale simmetria nei movimenti delle braccia è richiesta nella canoa e nel canottaggio (*skiff*); nei movimenti delle estremità inferiori e superiori nelle nuotate a rana od a farfalla, mentre la simmetria dei movimenti di tutto il corpo era richiesta nell'esecuzione degli esercizi obbligatori nel pattinaggio di figura (Starosta 1990). In questo sport, quando nel programma di gara erano ancora previsti gli esercizi obbligatori, la simmetrizzazione raggiungeva quasi la perfezione ed uno dei principali criteri di valutazione era la simmetria dell'esecuzione di metà della figura sul pattino destro, e l'altra metà su quello sinistro (figura 2).



Figura 2 – Un test speciale delle possibili umane di adattamento nella gamma dei movimenti simmetrici era quello dell'esecuzione delle figure obbligatorie nel pattinaggio di figura su ghiaccio ed a rotelle. Metà della figura doveva essere eseguita con l'arto inferiore destro, l'altra metà con l'arto inferiore sinistro

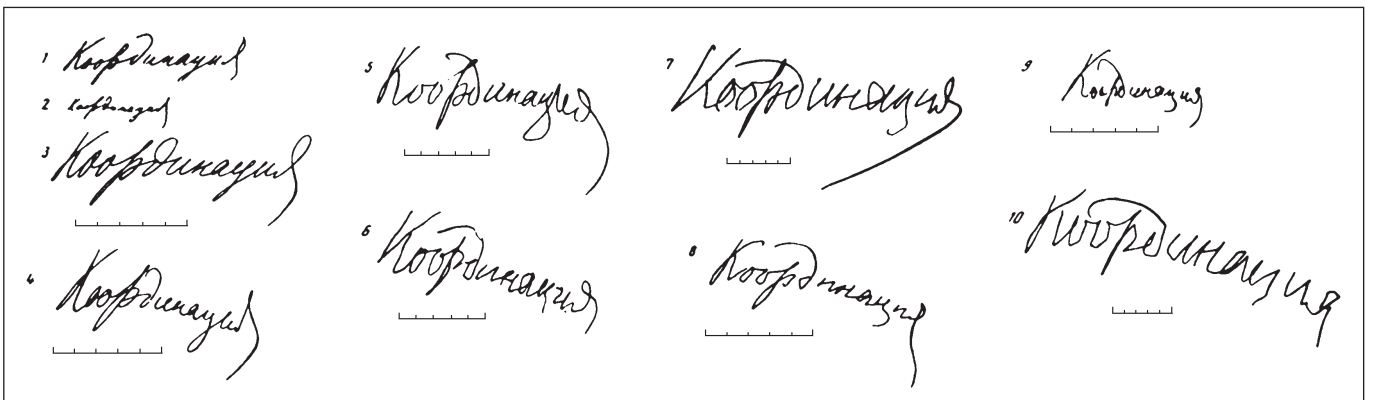


Figura 3 – Il trasferimento dell'abilità di scrivere dalla mano destra a varie parti del corpo è una prova della plasticità del sistema nervoso (Bernstein 1947, 93). 1 e 2 – scrittura normale con le dita della mano destra; 3 – la matita viene tenuta con le dita della mano destra, la scrittura viene realizzata attraverso il movimento dell'intera mano destra; 4 – la matita viene fissata vicino al processo (apofisi) stiloideo del radio destro; 5 – la matita viene fissata vicino all'epicondilo mediale dell'omero destro; 6 – la matita viene fissata sulla scapola destra; 7 – la matita viene fissata alla punta della scarpa del piede destro; 8 – la matita viene tenuta con i denti e viene fissata al capo; 9 – la matita viene tenuta con le dita della mano sinistra; 10 – la matita viene fissata alla punta della scarpa del piede sinistro. La scala di ogni linea sotto la firma è di 5 cm. Il soggetto dell'esperimento è un soggetto normale non allenato caratterizzato dalla dominanza dal livello oggettuale nella motricità (ricerca svolta da N.A. Bernstein, Istituto centrale di ricerca e sperimentazione sull'educazione fisica, 1940)

3. Cosa spiega la simmetria dei movimenti?

In accordo con Bernstein (1991), l'esistenza della simmetria dei movimenti è giustificata da una straordinaria simmetria della struttura dell'apparato motorio umano. Qui troviamo il motivo del suo

stupore di fronte all'inspiegabile e significativa dominanza della mano destra rispetto alla sinistra per quanto riguarda precisione, forza e velocità nell'apprendere nuovi movimenti. Possiamo considerarla come mancanza di integrazione tra struttura e funzione. Questa integrazione è possibile?

N. A. Bernstein (1991) ricorda alcune prove empiriche che indicano come alcune persone (maschi e femmine) siano capaci di trasferire la loro calligrafia a parti diverse del loro corpo (figura 3). Le caratteristiche tipiche della loro calligrafia restavano simili, indipendentemente dalla parte del corpo utilizzata per scrivere.

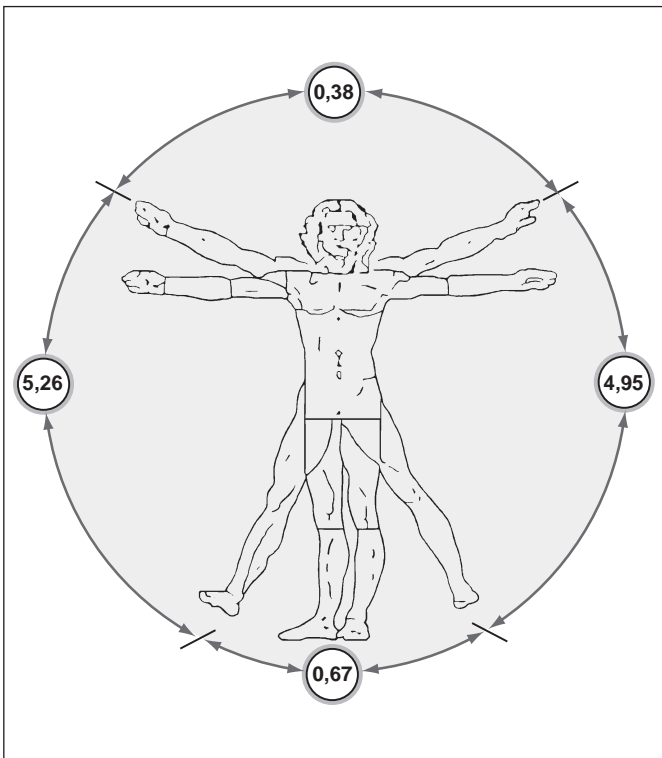


Figura 4 – Differenze significative nella capacità di reazione delle diverse parti del corpo in atleti juniores della Nazionale polacca di pesistica (n = 24) (Starosta 1996)

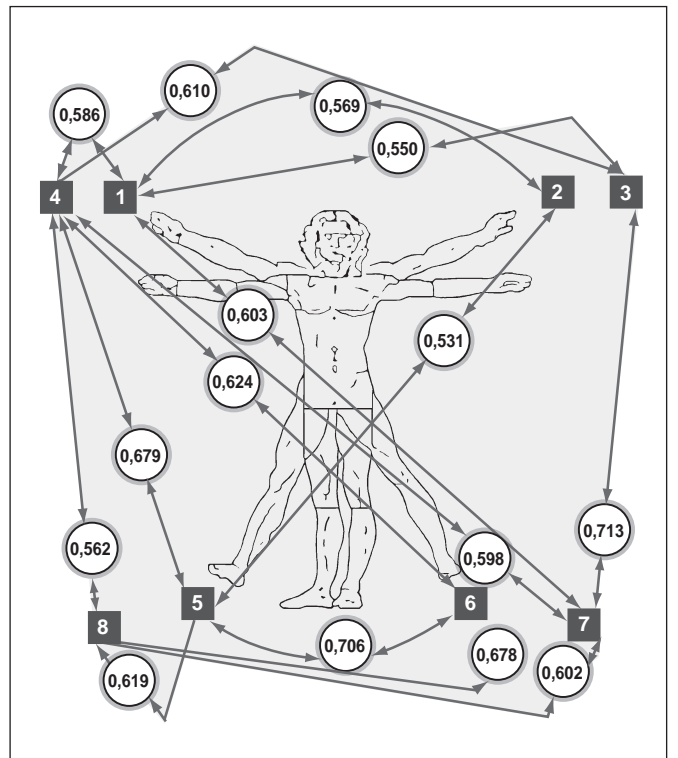


Figura 5 – Valori dei coefficienti di correlazione nella velocità di reazione di diverse parti del corpo in atleti juniores della Nazionale polacca di pesistica (n=24). I numeri indicano l'ordine di realizzazione delle misure sulle diverse parti del corpo

Il risultato di alcune ricerche prova che non esiste una differenza significativa nella velocità di reazione di alcune parti del corpo (Starosta, Furdal 1990) (figure 4 e 5). Risultati simili ottenuti da quattro diverse parti del corpo (estremità superiori ed inferiori, estremità destre e sinistre) in atleti appartenenti alla squadra nazionale polacca di pesistica, provano il carattere integrato del sistema nervoso. Se ci chiediamo se la "plasticità" (secondo l'espressione usata da N. Bernshtein), che si basa sul trasferimento di abilità o caratteristiche da una parte all'altra del corpo, non indichi le grandi possibilità di simmetrizzazione dei movimenti che posseggono gli esseri umani, non possiamo che rispondere di sì.

Questa possibilità di simmetrizzazione fu osservata da N. Bernshtein, non soltanto nel settore dei movimenti locali, anche se non conosceva quanto avrebbero realizzato nel futuro alcuni atleti simmetrici, che

rappresentano casi estremi. Citiamo, ad esempio, il caso di Takasc, che, nel tiro con la pistola, dopo avere perso la mano dominante, la destra, ottenne la medaglia d'oro olimpica sparando con l'altra estremità (Jokl 1981), oppure quello di un atleta di classe mondiale nel tennis tavolo, A. Grubba, che durante i Giochi olimpici utilizzò la mano destra, pur essendo mancino (Starosta 1995). Le ricerche non riferiscono solo di casi individuali. Le osservazioni condotte su atleti di vari sport o discipline sportive (Drabik, Adam 1983; Starosta 1990; Oberbeck 1989; Fischer 1988) provano che la loro tecnica e la loro prestazione durante gare di massimo livello era dovuta alla simmetria dei movimenti.

4. Osservazioni conclusive

Le riflessioni che abbiamo esposto non esauriscono tutte le problematiche che vengono aperte dallo studio della teoria di

Bernshtein. Bernshtein stesso non si è particolarmente occupato del problema della differenziazione laterale dei movimenti. Lo ha solo citato, e ciò lascia irrisolti molti dei suoi aspetti. Alcuni di essi sono già stati elaborati, il reso è ancora "terreno inesplorato".

Se si considera il livello della scienza dell'epoca di Bernshtein, questi ci ha lasciato un materiale estremamente prezioso e dalle sue idee scaturiscono molti stimoli per future ricerche. Se ve ne fosse stato bisogno, anche in questo campo ciò dimostra, quale fosse la genialità di questo grande scienziato.

Traduzione di M. Gulinelli, F. Perini da *Leistungssport*, 1, 32, 2002, 59-62. Titolo originale: *Die Symmetrie und Asymmetrie der Bewegung gemäß der Bernshtein-Theorie*.

Indirizzo dell'Autore: Instytut Sportu, VI. Trylogü 2/16 P-01-98 Varsavia.

Bibliografia

- Bernshtein N. A., O postrojenii dviženij celoveka, Mosca, Gosizdat. Med. Lit. Medgiz, 1947.
- Bernshtein N. A., O lovkosti i jejo razvitij, Fizkul'tura i sport, Mosca, 1991.
- Czabáński B., Koszczyc T., Il grado di asimmetria funzionale nella nuotata classica e la velocità di nuotata (in polacco), *Biuletyn Informacyjny Problem Resortowy*, 1982, 105, 2, 25.
- Demel M., Sikora W., Alcune ricerche sulla simmetria funzionale (in polacco), *Kultura Fizyczna*, 1952, 2.
- Dolja G., Assimetria razvitija sili myszc nog i sportivnyj rezultat, *Teorija i Praktika Fiziceskoj Kultury*, 1979, 12.
- Drabik J., Adam M., Simmetria ed asimmetria nelle gare di judo (in polacco), *Zeszyty Naukowe, AWF, Gdansk*, 1983.
- Drenkow E., Zum Problem beidseitigen Ausbildung im Sport, *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 1960, 12, 1084-1092; 1961, 1, 41-48, 1961, 2, 137-145.
- Fetz F., Werner I., Händigkeitsdominanz, *Motorik*, 1992, 3, 169-184.
- Fischer K., Rechts-Links Probleme in Sport und Training, Schorndorf, Hoffmann.
- Ginzburg V., Ob asimetrii konečnostj celoveka, *Zurnal Priroda*, 1947, 8.
- Handelsman A., Smirnov K., Fiziceskoje vospitanje detej školnogo vozrasta (medico-biologiceskije osnovy, Mosca, Fizkultura i sport, 1963.
- Iljin N., About functional asymmetry of extremities (in russo), *Teorija i Praktika Fiziceskoj Kultury*, 1963, 2, 22-25.
- Ivanickij M., Anatomiceskaja ocenka znamenija simmetrii i assimetrii podgotovitelnych upraznienij dlja praktiki sporta, *Sbornik naucnych rabotkafedry anatomii*, Mosca, GCOLIFK, 1959.
- Jokl E., Zu den neurologischen Grundlagen des Handels. Neurologische Aspekte des motorischen Lernprozesses, in Len H. (a cura di) *Handlungstheorien interdisziplinär*, III, 1. Halbband, Monaco, 1981, 79-92.
- Klesk A., L'ambedestrismo dell'uomo, un compito del futuro (in polacco), Cracovia, 1951.
- Kobler R., *Der Weg des Menschen von Links- zum Rechtshändler*, Vienna-Lipsia, Perles Verlag, 1932.
- Krestovnikov N., *Ocerki po fiziologii fiziceskich upraznienij*, Mosca, 1951, *Fizkul'tura i Sport*.
- Krestovnikov N., *Fizjologia celoveka*, 1954, *Fizkul'tura i Sport*.
- Ludwig, W., *Das Rechts-Links-Problem*, Berlino, Springer, 1931.
- Maznicenko D., *Dvigatielnye navyki v gimnastike*, Mosca, *Fizkul'tura i Sport*, 1959.
- Oberbeck H., *Seitigkeitsphänomen und Setigkeitstypologie*, im *Sport*, Schorndorf, Karl Hofmann Verlag, 1989.
- Passian J., Suchenwirth R., Ferner U., *Die Lateralisation der manuellen Leitung in Abhängigkeit vom Lebensalter*, *Fortschritte der Neurologie und Psychotherapie*, 1969, 7, 319-331.
- Pocelujev A., O mietodikie "simmetriczonoj" trenirovki, *Teorja i Praktika Kul'tury*, 1955, 11.
- Ruzejnikov V., Zubrzycki M., Niezbieznaja li pravorukst?, *Zurnal Priroda*, 1964, 11, 6.
- Schilling F., Die Bestimmung der Händigkeit, *Motorik*, 1979, 2, 43-49.
- Schilling F., *Entwicklung und Erscheinungsformen der Händigkeit*, *Motorik*, 1979, 2, 34-42.
- Starosta W., *Simmetria ed asimmetria nell'allenamento sportivo* (in polacco), Varsavia, *Sport y Turystyka*, 1975.
- Starosta W., *Simmetria ed asimmetria nell'allenamento sportivo* (in polacco), *Poradnik dla trenera*, Instytut Sportu, Varsavia, 1990, 15.
- Starosta W., Furdal S., *Der Reaktionsgeschwindigkeit (Reaktionfähigkeit) der rechten und linken Körperseite bei Fortgeschrittenen Gewichthebern*, in: Starosta W. (a cura di), *Bewegungscoordination im Sport*, Varsavia-Gorzów, *Intern. Ges. für Sportmotorik*, 196-203.
- Starosta W., *A left handed child in a contemporary sport education system*, *Proceeding of the International Conference*, Bratislava, *Università Comenio*, 1995.
- Stojohann K., *Der Zeit der Lateralisation*, *Diss. Med.*, Erlangen, 1969.
- Suchenwirth R., Gallenkamp U., *Die Lateralisation der manuellen Leistung (Rechts- und Linkhändigkeit) in Abhängigkeit vom Lebensalter*, *Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie*, 33, 1967, 337-381.
- Szuman S., *Lo sviluppo motorio del neonato* (in polacco), *Kultura Fizyczna*, 1957, 11, 31-40.

Coaching skills *Christophe Debove*

After a brief introduction of the tasks of the National Sport and Physical Education Institute (Insep) and a definition of the concept of coaching skills, the paper lists the desirable skills that should be possessed by the coaches of national and international athletes and outlines the new mechanism set in place for the training of French coaches, which is broken down into four training levels. Special attention is paid to the set-up of II level coaches' training (IV level on European scale), with an illustration of relative functions and tasks, their importance in relation to the training of coaches and the so-called Capitalizable Skills Units ("UCC") into which such training is divided, describing relative contents and evaluation methods. The paper concludes by reporting possible impediments that might hinder the evolution of training activity.

Diet integrators and top-level sport *Alexandra Scheck*

Diet integrators are basically taken to include high energy products, products having a high concentration of carbohydrates and proteins, so-called sports beverages, micronutrient-based preparations and food-based ergogenic integrators. These products are sold via mail, the Internet, in fitness gyms, sports equipment and clothing stores and even in supermarkets, and claim to have effects of benefit not only to amateur sportsmen but also top-level athletes. The problem is knowing whether they are really effective, as claimed, and if their use is actually desirable, and not only of benefit to the seller. This topic is dealt with critically in relation to top-level athletes, whose energy consumption during training ranges from 500 to 2.000 kcal/die, and during competition rises to over 2.000 kcal.

Body constitution and sport taking into consideration body weight *Gudrun Fröhner, Klaus Wagner*

A qualified long-term performance build-up requires the consideration of constitutional characteristics. Against this background, this article has the following goals: first the objective proof of the existence of different typologies of body constitution in different sports is provided. The change of typological phenomena concerning body constitution in the course of aging and

development is measured. Finally it is examined whether different types of body constitution show a trend towards different relative body masses.

Lactate and exercise: myths and realities *G. Cazorla, C. Petibois, L. Bosquet, L. Léger*

This review is made of two parts; each one is presented under the form of questions to which, by using only published scientific data, we try to give up-to-date answers and to high light the limits of theories sometimes easily admitted concerning lactic acid effects. The first part of the review is mainly focused on the study of lactate synthesis and metabolism during and after exercise. This study would allow us to built our criticisms concerning: several a priori about lactate effects, about the concepts of anaerobic lactic thresholds and on the theories underlining these ones. The second part of the review is focused on possible consequences, but not proved, of lactate accumulation on the skeletal muscle function. How should we accept anymore to hear that lactic glycolysis has a poor energetic yield, or that lactate accumulation leads to cramps, fatigue, and other differed muscular pains?

The contribution made by science to sports training *Véronique Billat*

For almost 80 years, physiological studies have attempted to explain the basis for endurance performance and to develop ways of improving performance by training. Performance, for a runner can be represented by his/her personal power (velocity) versus time to exhaustion (time limit) relationship. There are some particular velocities that delineate intensity domains which are determined by oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) and blood lactate response vs. time. Which can distinguish : 1°: the maximal lactate steady-state where the rate of appearance of blood lactate equals the rate of disappearance and at which $\dot{V}O_2$ stabilizes after 3 minutes at about 85 % $\dot{V}O_{2c}$. This corresponds to the highest velocity that an athlete can sustain for an hour (85 % $v\dot{V}O_{2max}$ for a well-endurance trained subject), carbohydrate (and lactate even) are the main substrates for this exercise; 2°, the critical power which is the slope of the relationship between distance and time run at $\dot{V}O_{2max}$; 3°, the minimal velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$ determined in an incremental test ($v\dot{V}O_{2max}$ or maximal aerobic velocity). In the light of this physio-

logical approach it should be possible in the next five years to diversify training and to explore endurance training effects and fitness.

The importance of upper limb strength in artistic gymnastics

R. De Pero, C. Minganti, A. C. Cartoni, S. Amici, M. Baggio, G. Brunetti

The strength of the upper limbs is an organic-muscular quality of vital importance in artistic gymnastics, since in no other sport are there such a high number of movements for which the upper limbs have to bear the weight of the whole body. The gymnast, moreover, not only supports himself with the aid of his upper limbs but must also generate flight movement by means of particular thrust actions (all somersault exercises, for instance, both on the floor and on apparatus). Organic-muscular aspects have however been the subject of a limited number of studies despite their importance for basic coaching. This

paper aims to examine the extent to which the strength of the upper limbs influences the execution of "vertical thrust", a basic technical element for learning somersault exercises, among a group of gymnasts.

Some problems relating to motor coordination

Vladimir Ljah

After illustrating the influence of the ideas of N.A. Bernshtein on neurophysiological mechanisms responsible for movement control and how these ideas have been developed in different countries and in different branches of sports science, this paper shows how these ideas, and in particular the theory on movement control at several levels, can be successfully used for the study of coordinative ability. The results of researches conducted by the Author in this field are given, focusing on the concept of coordinative ability, the relationship between distinct coordinative abilities, the choice of tests for their study, the

concepts of motor ability and practice and problems relating to motor asymmetry.

The problem of laterality

Włodzimirz Starosta

The symmetrical structure of the locomotor apparatus enables human beings to perform, symmetrically, a high number of different movements. According to Bernshtein, for reasons that are still completely unknown and unexplainable, the right hand is evidently more dexterous than the left hand, with regard to the degree of precision and rapidity of movements requiring coordination, and also to strength. The question is whether the supremacy of the right hand is justified, and what can cause the symmetrization of movements. Bernshtein's theory may explain many aspects relating to laterality differences in the movements of the human body, and it also adds many interesting elements to the concept of the symmetrization of human movements.

Errata corrige

Nel n. 52 le foto di pagine 25, 47, sono di Gigante e non di Bruno, come erroneamente indicato. Ce ne scusiamo con l'interessato.