CAPITOLO 24

# Supporti per migliorare performance e condizionamento atletico

È disponibile una grande bibliografia per quanto riguarda i supporti, di vario genere, di cui l'atleta si può servire per migliorare la performance. Tali supporti sono di natura farmacologica, nutrizionale, psichica, oppure si tratta di artifici di carattere fisico e meccanico. La letteratura, molto ricca, tratta degli effetti benefici di alcol, farmaci come le amfetamine, ormoni, carboidrati, proteine, emotrasfusione, caffeina, fosfati, germe di grano, dell'inspirazione di miscele arricchite di ossigeno, di vitamine, minerali, di massaggi, aria ionizzata, musica, ipnosi, marijuana e cocaina. Solo una minima parte di questi supporti vengono in realtà usati dagli atleti, e solo su pochi di questi vi sono pareri contrastanti circa il rapporto costi/benefici. Sicuramente molto interesse gravita intorno all'uso degli steroidi anabolizzanti, le amfetamine e l'emotrasfusione. Possiamo includere tra detti supporti anche il riscaldamento e l'inalazione di miscele ricche di ossigeno. Per quanto riguarda le necessità nutrizionali e gli oligoelementi il problema è già stato esposto nei relativi capitoli.

## SUPPORTI DI TIPO FARMACOLOGICO

Molti atleti di entrambi i sessi usano una varietà di supporti farmacologici supponendo che questi svolgano un ruolo positivo nel migliorare la prestazione dal punto di vista dell'esecuzione tecnica, della forza, della potenza meccanica espressa o della resistenza allo sforzo. Nella nostra società molto competitiva e **incline ad abusare** dei farmaci, persino i ragazzi di scuola e gli atleti juniores sono propensi ad assumere farmaci finalizzati al miglioramento della prestazione. Infatti la vittoria assume un'importanza preponderante, allora diventa praticamente impossibile contenere e prevenire l'abuso dei supporti farmacologici, anche se non esiste una solida prova scientifica che servano a qualcosa. Appare in effetti singolare che gli atleti che sono così attenti alla loro salute nel corso degli allenamenti, nell'alimentazione e nel ricorrere alle cure mediche per ogni minimo problema, sono poi inclini a ingurgitare farmaci alcuni dei quali comportano fastidiosi disturbi collaterali tra cui nausea, perdita dei capelli, prurito, irritabilità fino a complicazioni gravi come la sterilità, epatopatie, dipendenza da farmaci, persino la morte per cancro del fegato o leucemia.

## STEROIDI ANABOLIZZANTI

Gli steroidi anabolizzanti furono introdotti nella pratica clinica nei primi anni Cinquanta per trattare le insufficienze ormonali maschili in quadri di aumentato catabolismo della matrice muscolare[30]. Sono anche usati per il trattamento dell'osteoporosi femminile, per impedire la riduzione della massa magra e l'accumulo di grasso nei soggetti anziani. Purtroppo gli steroidi anabolizzanti sono attualmente diventati protagonisti sulla scena del doping nell'ambito dello sport agonistico, e vengono assunti da circa il 90% dei maschi e l'80% delle femmine che praticano body building. L'assunzione ovviamente è che gli steroidi anabolizzanti migliorano la performance[22], [35].

### *Struttura chimica e meccanismo di azione*

*Gli steroidi anabolizzanti esplicano un'azione simile a quella dell'ormone maschile testosterone.* L'ormone funziona come primo messaggero e legandosi a recettori della membrana cellulare induce modificazioni tipiche legate alla differenziazione sessuale, e cioè sviluppo dei caratteri secondari maschili, aumento della massa muscolare e della forza. Gli effetti mascolinizzanti possono essere ridotti manipolando la struttura chimica dello steroide ma cercando di mantenere l'effetto stimolante sul metabolismo proteico, che favorisce ovviamente l'aumento della massa muscolare. Tuttavia l'effetto mascolinizzante non è eliminabile e si riscontra evidentemente nelle femmine. Gli atleti che ricorrono a questa forma di doping lo fanno in età giovanile, assumendo dosi progressivamente crescenti di ormoni sia per bocca sia mediante iniezione (tecnica dello «stacking»), dosi che sono largamente superiori rispetto a quelle consigliate per uso terapeutico[16], [17], [91]. Il dosaggio viene poi ridotto progressivamente nei mesi precedenti la competizione per evitare il rischio di un anti-doping positivo.

Spesso l'assunzione di steroidi anabolizzanti viene effettuata nel corso di esercizi di potenziamento muscolare e associata a un aumento dell'apporto proteico. Il fine ultimo è quello di migliorare la performance in discipline che richiedono forza, scatto e potenza. Risulta che almeno il 60% dei sollevatori di peso assume steroidi anabolizzanti[121a]. Negli Stati Uniti, a cavallo tra il 1992 e il 1993, almeno 300 000 persone, tra maschi e femmine, hanno fatto uso di

steroidi anabolizzanti[142]. Le autorità federali, in base a una stima prudente, considerano che il traffico illegale di queste sostanze sia dell'ordine di 100 milioni di dollari all'anno e sia attualmente in crescita. Il fatto che anche molti atleti si procurino gli steroidi al mercato nero solleva il ragionevole dubbio che molta gente assuma queste sostanze a dosi massicce e per periodi prolungati, al di fuori di ogni controllo medico e con evidenti rischi per la salute. Inoltre, è da considerare in modo particolare e con molta apprensione la diffusione dell'uso degli steroidi tra i giovani, di entrambi i sessi, con evidenti effetti di mascolinizzazione e arresto dello sviluppo osseo[134]. Risulta infatti che almeno un ragazzo su 15, nella fascia di età del liceo, ha assunto steroidi, il che significa mezzo milione di giovani[16]. Si tratta degli stessi soggetti che manifestano tendenza all'uso di sostanze stupefacenti e tranquillamente si scambiano le siringhe[38], [74]. La ragione prevalentemente addotta per motivare l'assunzione degli steroidi era che migliorava la performance atletica, ma almeno il 25% dei soggetti ammette che la principale ragione è di ordine estetico[19].

## Sono efficaci gli steroidi anabolizzanti?

Molti atleti e allenatori sostengono che in seguito ad assunzione di steroidi migliorano le prestazioni. L'ampiezza del fenomeno dell'assunzione di steroidi è dimostrata dal crescente numero di atleti, a livello professionale e amatoriale, squalificati per uso di queste sostanze. A parte l'aspetto morale del problema, l'uso degli steroidi rimane problematico a causa della conflittualità dei dati disponibili circa il rapporto tra miglioramento della performance e influenza su alcune funzioni fisiologiche tipicamente espressione della salute fisica.

La confusione è legata al fatto che esiste un'estrema variabilità dei protocolli di ricerca, della selezione dei soggetti, dei dosaggi usati, del controllo del regime alimentare, della durata del trattamento, delle tecniche di misura e, infine, della variabilità di risposta dei soggetti. Si ritiene anche che gli steroidi agiscano sul sistema nervoso centrale aumentando l'aggressività e la resistenza alla fatica, doti che evidentemente aumentano la competitività. Infatti, questo consentirebbe agli atleti di sostenere allenamenti più pesanti, ma d'altro canto l'effetto degli steroidi potrebbe essere considerato, in modo errato ovviamente, come il risultato dei miglioramenti indotti dall'allenamento[31], [75], [114].

Le ricerche sperimentali su animali hanno suggerito che la somministrazione di steroidi anabolizzanti, in associazione a una somministrazione di proteine causa, nel corso dell'allenamento, un aumento della sintesi proteica e in particolare della matrice muscolare contrattile[98]. Altre ricerche hanno invece rivelato che la somministrazione di steroidi in ratti non causa un aumento di massa nei muscoli sottoposti a sovraccarico se vengono rimossi chirurgicamente i muscoli sinergici[80]. La conclusione dei ricercatori fu che l'azione degli steroidi non è sufficiente come tale a indurre un aumento della massa muscolare. Nella specie umana la situazione è ancor più confusa. Alcuni studi hanno rivelato un aumento di massa magra e una riduzione della massa grassa. Viceversa, altri studi non sono stati in grado di dimostrare un aumento della forza e potenza muscolare e della composizione corporea, anche se l'apporto calorico e proteico era sufficiente a coprire un eventuale effetto anabolico[47], [58], [69], [132]. Quando si ha un aumento della massa muscolare in seguito ad assunzione di steroidi, non è chiaro in quale misura questo dipenda da un aumento della matrice contrattile e in quale misura dall'acqua.

## Vi sono rischi nell'uso degli steroidi?

La nostra opinione è che l'incidenza reale, anche se non elevata, di complicazioni mediche legate all'assunzione di steroidi anabolizzanti rappresenta un fattore sufficiente a scoraggiarne l'uso, anche a fronte di possibili miglioramenti prestativi. Inoltre, un uso prolungato interferisce con la normale produzione endogena di testosterone. In uno studio condotto su 5 maschi sollevatori di pesi si è visto che, dopo la cessazione dell'assunzione di steroidi anabolizzanti durata 26 settimane, la concentrazione plasmatica di testosterone si era ridotta a meno della metà rispetto al valore iniziale, questa condizione si mantenne uguale per 12-16 settimane[47]. Altre complicazioni legate all'assunzione di steroidi comportano, ad esempio, nei maschi un aumento di ben sette volte della concentrazione plasmatica dell'ormone femminile estradiolo[2]. Tale livello era compatibile con i livelli riscontrati nel sesso femminile e potrebbe spiegare il fenomeno della **ginecomastia** spesso presente in atleti maschi che fanno uso degli steroidi[48]. Altri dati, sia nella specie umana sia in altri animali, rivelano che gli steroidi inducono una variazione consistente delle proprietà elastiche e meccaniche del connettivo, che risulta meno resistente alla trazione[22], [71], [115], [118]. Inoltre, oltre agli effetti negativi sulle lipoproteine plasmatiche (di cui si parla poco oltre), gli steroidi inducono lesioni e alterazioni cellulari delle cellule di coltura miocardiche, un aumento della facilità di formazione di trombi, un aumento del rischio di infarto e complicazioni cardiovascolari[1a], [45], [60], [84], [100].

**Uso degli steroidi e incidenza di complicazioni gravi a rischio di vita** La Tabella 24.1 elenca le complicazioni e i rischi legati all'assunzione degli steroidi anabolizzanti. È degna di particolare attenzione la possibile correlazione tra uso degli steroidi e malattie del fegato[19], [25]. Non è nostra intenzione presentare questi dati con lo scopo di intimorire chi fa uso degli steroidi, ma semplicemente per manifestare quali sono i rischi medici connessi alla somministrazione di steroidi anabolizzanti in dosi terapeutiche. I dosaggi per uso terapeutico vengono mantenuti per tempi molto lunghi, mentre gli atleti assumono gli steroidi a cicli nel corso dell'anno. D'altra parte, questi ultimi assumono dosi che sono dieci volte superiori (50-200 mg al giorno, rispetto alle dosi terapeutiche che sono di 5-20 mg al giorno). Altri dati indicano che l'uso degli steroidi deprime la risposta immunitaria[20]. Malgrado sia vero che sono necessarie maggiori informazioni sull'uso degli steroidi, è comunque nostra opi-

nione che i rischi per la salute pesino molto di più di ogni eventuale vantaggio sulla performance.

**Steroidi e lipoproteine plasmatiche** L'uso degli steroidi induce un calo delle lipoproteine a elevata densità (HDL) e un aumento di quelle a bassa densità (LDL)[28], [61], [122]. Ad esempio, in sollevatori di pesi che facevano uso di steroidi, la concentrazione plasmatica di HDL era di 25 mg · $dL^{-1}$, contro i 50 mg · $dL^{-1}$ dei sollevatori di pesi che non ne facevano uso[66]. Come è già stato ampiamente trattato altrove nel testo, una riduzione del rapporto HDL/LDL causa un aumento del rischio cardiovascolare.

### *Posizione dell'American College of Sports Medicine sull'uso degli steroidi anabolizzanti*

Nell'ambito del programma di educazione che rientra nei suoi compiti, l'**American College of Sports Medicine** (**ACSM**), ha preso una posizione sull'uso e sull'abuso degli steroidi anabolizzanti che riportiamo di seguito[3]:

- Risulta che l'assunzione di steroidi anabolizzanti, in presenza di dieta adeguata e in corso di allenamento, induca un aumento della massa muscolare.
- In alcuni soggetti l'uso degli steroidi è correlabile all'aumento di forza che si genera in conseguenza di potenziamento muscolare basato su allenamenti pesanti e in presenza di adeguata alimentazione, in particolare per quanto riguarda l'apporto proteico.
- Gli steroidi non aumentano la capacità aerobica.
- Dai pochi dati ottenuti su atleti risulta che l'assunzione di steroidi è stata correlata a disturbi della funzionalità epatica, del sistema cardiovascolare, dell'appartato riproduttivo e anche dell'umore. Per ora, i rischi potenziali da considerare sono quelli relativi alla somministrazione degli steroidi in dosi terapeutiche.
- L'uso degli steroidi finalizzato al miglioramento della prestazione è ovviamente contrario all'etica sportiva. L'ACSM ne deplora l'uso.

### *Assunzione di steroidi nel sesso femminile*

Oltre ai rischi e complicazioni già esposti, nel caso del sesso femminile esistono ulteriori problemi legati all'assunzione degli steroidi anabolizzanti. Va citata la mascolinizzazione, l'arresto dell'accrescimento corporeo per precoce saldatura della cartilagine di accrescimento, il cambiamento della voce, la crescita di peli, in particolare sul viso, la completa disorganizzazione del ciclo mestruale, l'aumento della secrezione delle ghiandole sebacee, acne, irsutismo, diminuzione delle dimensioni delle mammelle, aumento di volume del clitoride. Per ora non sono noti gli effetti della somministrazione prolungata degli steroidi anabolizzanti sulla funzione riproduttiva.

## ORMONE DELL'ACCRESCIMENTO: LA NUOVA PILLOLA MAGICA?

L'ormone dell'accrescimento (GH) compete attualmente con gli steroidi anabolizzanti nel mercato nero del doping, ciò in virtù della sua azione di stimolo sulla sintesi proteica, da cui può evidentemente derivare un miglioramento della prestazione. Il GH è prodotto dalla parte anteriore dell'ipofisi e, come dice il nome, controlla primariamente l'accrescimento corporeo nella fase dello sviluppo. Più in particolare, il GH stimola la deposizione della cartilagine di accresci-

**TABELLA 24.1**
**EFFETTI COLLATERALI E RISCHI CONNESSI ALL'USO DEGLI STEROIDI ANABOLIZZANTI**

| *Maschi* | | *Femmine* | |
|---|---|---|---|
| *Aumento* | *Calo* | *Aumento* | *Calo* |
| Atrofia testicolare<br>Ginecomastia | Conta degli spermatozoi<br>Livello di testosterone | Cambiamento della voce<br>Peli sul viso<br>Irregolarità mestruali<br>Aumento di volume del clitoride | Volume delle mammelle |

| *Maschi e femmine* | | |
|---|---|---|
| *Aumento* | *Calo* | *Effetto possibile* |
| LDL<br>LDL/HDL<br>Rischio di carcinoma epatico<br>Aggressività, iperreattività, irritabilità<br>Sindrome da astinenza e depressione alla sospensione dell'assunzione di steroidi<br>Acne | HDL | Ipertensione<br>Alterazione del connettivo<br>Alterazioni del tessuto miocardico<br>Infarto del miocardio<br>Alterazione funzionale della tiroide<br>Alterazione della struttura del tessuto miocardico |

**TABELLA 24.2**
**MASSIMA FORZA SVILUPPATA DAI MUSCOLI ESTENSORI E FLESSORI DEL GINOCCHIO PRIMA E SUCCESSIVAMENTE AD ALLENAMENTO CON O SENZA SOMMINISTRAZIONE DI GH[a]**

| | *Allenamento con placebo* | | | *Allenamento + somministr. GH* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Valore iniziale* | *Valore finale* | *Variazione in %* | *Valore iniziale* | *Valore finale* | *Variazione in %* |
| Esercizio concentrico | | | | | | |
| Estensori del ginocchio | 212 ± 13 | 248 ± 10 | 17 | 191 ± 11 | 214 ± 9 | 12 |
| Flessori del ginocchio | 137 ± 11 | 158 ± 7 | 15 | 122 ± 12 | 143 ± 6 | 17 |
| Esercizio isometrico | | | | | | |
| Estensori del ginocchio | 220 ± 13 | 252 ± 13 | 14 | 198 ± 15 | 207 ± 7 | 4 |
| Flessori del ginocchio | 131 ± 8 | 158 ± 8 | 20 | 127 ± 13 | 140 ± 16 | 10 |

Da Yarasheski, K.F. et al.: *Effect of groth hormone and resistance exercise on muscle groth inyoung men*. «Am. J. Physiol.», 262 E261, 1992.
[a]I valori rappresentano medie ± Deviazione standard. Il lavoro massimo (N · m) è stato misurato con l'ergometro Cybex.

mento delle ossa lunghe, aumenta l'ossidazione dei grassi e inibisce l'ossidazione dei carboidrati (effetto antiinsulinico), facilita la sintesi proteica[138]. Parte della riduzione della massa magra e dell'aumento della massa grassa che si verifica con l'avanzare nell'età è attribuibile alla ridotta secrezione di GH[99]. In caso di eccessiva produzione di GH nel corso dell'accrescimento si verifica il gigantismo. Dopo la fine della fase di accrescimento corporeo, una persistente elevata produzione di GH causa l'acromegalia, caratterizzata da ingrossamento delle ossa del massiccio facciale e delle mani. L'insufficienza nella produzione di GH nell'età dell'accrescimento corporeo provoca il nanismo. Il GH può essere somministrato ai bambini che non ne producono a sufficienza, per aiutarli a raggiungere una taglia normale.

Le varie azioni del GH suscitano l'interesse del mondo agonistico, in particolare nell'ambito degli sport di forza e potenza. Infatti, il GH favorisce la sintesi proteica, la lipolisi e il risparmio di glicogeno[76]. Purtroppo mancano però studi validi e controllati circa gli effetti del GH su atleti in allenamento. In uno studio condotto su sei soggetti ben allenati di sesso maschile, con dieta ricca di proteine, fu somministrato GH di origine animale e un placebo[32]. Nel corso di sei settimane di allenamento di forza e potenza, il GH causò una riduzione della massa grassa e un aumento della massa magra. Nessuna variazione della composizione corporea fu osservata nei soggetti cui era stato somministrato il placebo. Tuttavia questi risultati non sono stati confermati da studi successivi[36], [130], [140]. Ad esempio, in un altro studio, 16 soggetti sedentari furono inseriti in un programma di allenamento di 12 settimane; ad alcuni di essi fu somministrato il GH (40 $\mu g \cdot kg^{-1} \cdot giorno^{-1}$) ad altri un placebo. In coloro cui era stato somministrato l'ormone vi era un maggior aumento della massa magra, dell'acqua totale e della sintesi di proteine; tuttavia non vi era diversità se le variazioni venivano espresse in termini relativi; questo valeva anche per la forza sviluppata in condizioni isometriche e dinamiche e per la circonferenza del torace e degli arti (Tab. 24.2). Gli autori hanno attribuito il maggior aumento di proteine nei soggetti trattati con GH a una ritenzione di azoto in tessuti non muscolari classificabili come magri, quindi connettivo e proteine plasmatiche. Poiché il GH è normalmente prodotto è difficile poter identificare un'eventuale somministrazione di GH esogeno. Allo stato attuale il GH proviene esclusivamente dal mercato nero, spesso in forma chimica adulterata. Attualmente è possibile sintetizzare chimicamente il GH. Il suo uso terapeutico è riservato a bambini con insufficienza ipofisaria (costo approssimativo 20 000-40 000 dollari all'anno). Il doping con GH potrebbe ragionevolmente causare un aumento dei casi di diabete, acromegalie e gigantismi, ispessimento delle ossa del connettivo e del tessuto sottocutaneo, ritenzione idrica, sindrome del tunnel carpale[97].

## SUPPORTI NUTRIZIONALI CHE INDUCONO MODIFICAZIONI METABOLICHE (INTEGRATORI METABOLICI)

Malgrado gli steroidi anabolizzanti continuino a rappresentare la forma di doping più diffusa, in particolare tra gli atleti che competono in discipline di forza e potenza, sta emergendo una nuova tendenza che è quella di fare uso di sostanze alimentari per stimolare le capacità anaboliche dell'organismo. In particolare, molti sollevatori di pesi e body builder assumono aminoacidi in grande quantità, sulla base dell'ipotesi che una maggior disponibilità di queste sostanze potenzia la capacità anabolizzante del testosterone, del GH e dell'insulina, favorendo inoltre la perdita di massa grassa[55]. Il razionale per questa pratica è legato all'uso clinico di somministrare aminoacidi per via venosa in pazienti che hanno quadri complessi di deficienza ormonale.

*In generale, i dati disponibili non rivelano alcun effetto evidente legato all'assunzione di aminoacidi per quanto riguarda un eventuale stimolo alla produzione di ormoni o, in termini pratici, miglioramenti prestativi.* Questo risulta ad esempio da studi ben condotti sul piano statistico, ove si poteva dimostrare che la somministrazione di integratori contenenti arginina, lisina, ornitina, tirosina, e altri aminoacidi singolarmente o in combinazione non variava i livelli di GH[46], [70], [110], l'entità della secrezione di insulina[15], [46], vari

parametri relativi alla potenza aerobica[45a] e la performance in test di corsa al massimo consumo di ossigeno[109]. Ancora, non si è osservato alcun miglioramento di performance fisica e del livello plasmatico a riposo e durante lavoro di GH, testosterone e cortisolo in giovani sollevatori di pesi cui veniva somministrata un'integrazione di 20 aminoacidi[49]. Questi risultati fanno ritenere che l'integrazione a base di aminoacidi, nelle dosi raccomandate, non è di alcun beneficio nel migliorare la performance o nell'indurre modificazioni dell'assetto ormonale che in qualche modo influisca sulla performance.

## AMFETAMINE

*Le amfetamine sono sostanze ad azione simpaticomimetica che agiscono come potenti attivatori centrali.* I composti più facilmente usati sono l'amfetamina vera e propria (benzedrina) e la destroamfetamina solfato (dexedrina). Il termine di simpaticomimetico indica che l'azione farmacologica di queste sostanze simula quella delle catecolamine adrenalina e noradrenalina, che sono appunto mediatori del sistema ortosimpatico. Tra le principali azioni di questi ormoni vi è l'aumento di frequenza e gittata cardiaca, della pressione arteriosa, della frequenza respiratoria, del consumo di ossigeno, della temperatura. L'assunzione di 5-20 mg di amfetamina induce effetti che permangono evidenti per 30-90 min, ma l'azione del farmaco può continuare più a lungo. Tra gli effetti di queste sostanze vi è uno stato eccitatorio centrale da cui deriva una maggior attenzione e concentrazione e una evidente soppressione della sensazione di fatica sia fisica che mentale[23]. Le amfetamine non migliorano i parametri di potenza aerobica o anaerobica ma certo migliorano la resistenza e la tolleranza allo sforzo, non sorprende quindi che molti atleti ne facciano uso.

### Pericoli legati all'assunzione di amfetamine

L'uso delle amfetamine nello sport è pericoloso per le seguenti ragioni:

- Il farmaco dà dipendenza, il che significa che dosi sempre maggiori sono necessarie per indurre lo stesso effetto. A sua volta, il problema della dipendenza si complica in quanto gli atleti sono costretti a prendere barbiturici per eliminare l'effetto eccitatorio delle amfetamine. I barbiturici, a loro volta, danno dipendenza.
- Fra gli effetti collaterali vi sono emicrania, tremori, agitazione psicomotoria, febbre, senso di stordimento, stato confusionale, condizioni che finiscono per influire negativamente sul livello decisionale negli sport ove è richiesta molta lucidità e calma.
- Dosi elevate, che si rendono necessarie a causa della dipendenza, provocano aritmie cardiache molto gravi, che possono essere fatali.
- La soppressione della sensazione di fatica risulta molto pericolosa poiché viene eliminata quella serie di sensazioni che fisiologicamente limitano l'impegno. Inoltre, uno degli effetti più pericolosi è l'ipertermia; questa è stata la causa della morte del ciclista Simpson sul Mont Ventoux nel corso del Tour de France. È sorprendente che al tempo tutti (medici compresi) sapessero che i ciclisti assumevano amfetamine ma nessuno sapesse come ci si comporta in un caso di ipertermia; considerando poi che ci si trovava sul Mont Ventoux, luogo tipicamente riarso e torrido, e non in gita di piacere ma durante una tappa del Tour.

### Amfetamine e performance fisica

La Tabella 24.3 riassume i risultati di sette studi che hanno valutato gli effetti della somministrazione di amfetamine sulla performance. In quasi tutte le prove non si è riscontrato alcun miglioramento in seguito alla somministrazione del farmaco. Fa eccezione la resistenza allo sforzo prolungato per l'evidente azione antifatica delle amfetamine.

La principale ragione per la quale gli atleti assumono amfetamine è quella di sentirsi psicologicamente pronti e forti per la gara. La vigilia della gara gli atleti sono spesso molto nervosi e irritabili e hanno anche difficoltà a riposare. Sul piano farmacologico questo stato viene contrastato dalla somministrazione di barbiturici. Successivamente, l'atleta assume le amfetamine il che rialza di colpo il suo livello di attenzione ed eccitazione centrale. Il passaggio da condizione di depressione a eccitazione, indotto farmacologicamente non è saggio, non solo per il fatto che entrambi i farmaci danno dipendenza, ma anche perché fanno perdere all'atleta il preciso senso critico necessario a fronteggiare la situazione di gara. Pertanto, il consiglio più saggio e prudente è quello di astenersi dall'assumere amfetamine. Questa è anche la posizione dell'American Medical Association e del Comitato Olimpico Internazionale, oltre che di molte federazioni sportive nazionali. Infatti le amfetamine sono considerate doping a tutti gli effetti. Non va dimenticato che la maggior parte degli studi ha rivelato che le amfetamine **non** inducono miglioramenti dei parametri prestativi, ma certo la loro azione è molto potente sul piano psicologico e si estrinseca appunto come azione antifatica e di relativa sicurezza e sprezzo del pericolo (amfetamine venivano somministrate ai soldati nell'ultima guerra mondiale). Naturalmente, come in tutti i casi in cui assume rilevanza un fattore psicologico, analoghi effetti possono essere indotti dall'assunzione di un placebo.

## CAFFEINA

Il caso della caffeina rappresenta un'eccezione nel campo degli stimolanti[6], [10], [24], [53a], [75a], [82]. La caffeina appartiene chimicamente al gruppo delle metilxantine, sostanze liposolubili che si trovano naturalmente nelle foglie di tè, nei grani di caffè, nel cioccolato, nei semi di cacao e di cola, inoltre la caffeina viene spesso aggiunta alle bevande. A seconda della preparazione, una tazza di caffè contiene da 150 a 250 mg di caffeina, 120 mg in un caffè erogato dalle macchine automatiche, da 70 a 130 mg in una tazza di tè, 50 mg in una bibita. La caffeina è assorbita abbastanza rapida-

**TABELLA 24.3**
**RIASSUNTO DEGLI EFFETTI DELL'ASSUNZIONE DI AMFETAMINE SULLA PERFORMANCE FISICA**

| *Referenza* | *Dose (mg)* | *Tipologia dell'esperimento* | *Effetto dell'amfetamina* |
|---|---|---|---|
| (1[a]) | 10–20 mg | 2 corse massimali su ergometro con 10 min di intervallo tra le prove | Nessuno |
| | | Ripetute sui 100 m a nuoto con intervalli di 10 min | Nessuno |
| | | 200-400 m a nuoto massimali | Nessuno |
| | | 100-3000 m di corsa massimali | Nessuno |
| (2[b]) | 10 | «Bench-stepping» a esaurimento con peso uguale ad 1/3 della massa corporea, 3 volte con 3 min di intervallo | Nessuno |
| (3[c]) | 5 | 100 m a nuoto massimali | Nessuno |
| (4[d]) | 15 | Corse a esaurimento su ergometro | Nessuno |
| (5[e]) | 10 | Pedalare a carichi tra 275 e 2215 kgm · $min^{-1}$ per 25-35 min seguito da corsa ad esaurimento su ergometro | Nessuno per carico massimale e submassimale su consumo di $O_2$, freq. cardiaca, ventilaz. polm. tempo di esaurim. significativamente aumentato |
| (6[f]) | 20 | Tempo di reazione in risposta a stimolo visivo | Nessuno; sensazione soggettiva di estrema attenzione o al contrario di sonnolenza indipendentemente dalla risposta riflessa |
| (7[g]) | 5 | Performance psicomotoria durante un volo simulato in aereo | Miglioramento della performance, minor senso di fatica, diminuzione della performance se prima sono stati assunti barbiturici |

[a]Karpovich, P.V. *Effect of amphetamine sulfate on athelit performance*. «JAMA», 170:558, 1959.
[b]Foltz, E.E. t al.: *The influence of Amphetamine (Benzedrine) sulfate and caffeine on the performance of rapidly exhausting work by untrained subjects*. «J. Lab. Clin. Med.», 28: 601, 1943.
[c]Haldi, J. e Wynn, W.: *Action of drugs on efficiency of swimmers*. «Res. Q.», 17:96, 1959.
[d]Golding, L.A. e Barnard, R.J.: *The effect of d-amphetamine sulfate on physical performance*. «J. Sports Med. Phys. Fitness», 3:221; 1963.
[e]Wyndham, C.H. et al.: *Physiological effect of amphetamine during exercise*. «S. Afr. Med. J.», 45: 247, 1971.
[f]Pierson, W.R et al.: *Some psycological effectsof the administration of amphetamine sulfate and meprobamate on speed of movement and reaction time*. «Med. Sci. Sports», 12:61, 1961.
[g]McKenzie, R.E. e Elliot, L.L.: *Effects of secobarbital and D-amphetamine on performance during a simulated air mission*. «Aerospace Med », 36:774, 1965.

mente a livello intestinale, raggiunge un picco nel plasma un'ora dopo l'ingestione e ha azioni molto generali sul sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare.

Malgrado tutte le ricerche siano concordi nel non riconoscere alla caffeina alcun ruolo nel migliorare la potenza espressa, è però dimostrato che l'assunzione di 350 mg di caffeina 60 min prima di una competizione aumenta la resistenza allo sforzo prolungato di intensità media[25]. Ad esempio, dopo assunzione di caffeina, il tempo di resistenza allo sforzo prolungato passava da 75.5 a 90.2 min. A parità di consumo di ossigeno e di gittata cardiaca, l'assunzione di caffeina svolgeva un ruolo antifatica in quanto i soggetti segnalavano di tollerare meglio lo sforzo. La caffeina favorisce l'ossidazione dei grassi e risparmia quindi i carboidrati, come si deduce dal comportamento degli acidi grassi e del glicerolo plasmatico e dal quoziente respiratorio.

## Meccanismo di azione della caffeina

*Presumibilmente l'azione della caffeina si realizza stimolando la liberazione delle catecolamine da parte della midollare del surrene, le catecolamine a loro volta facilitano l'ossidazione dei grassi e il risparmio dei carboidrati*[5], [53], [72], [116a]. La caffeina agisce sia direttamente sia attraverso l'azione dell'adrenalina che è antagonista rispetto ai recettori di membrana degli adipociti, recettori che svolgono azione inibitoria sul processo di lipolisi. La caffeina induce un aumento dei livelli di AMP ciclico che a sua volta causa un aumento di lipasi le quali mobilizzano i lipidi dagli adipociti con conseguente aumento della concentrazione plasmatica di acidi grassi liberi e di glicerolo[37].

La conservazione delle scorte di glicogeno risulta favorevole nelle prove di resistenza, tenuto conto della relativa scarsità di glicogeno nell'organismo e del fatto che comunque una certa quota di carboidrati va ossidata anche quando il principale substrato ossidato è rappresentato dai grassi. L'effetto antifatica della caffeina riflette una sua azione centrale che presumibilmente si estrinseca modificando l'eccitabilità neuronale. In particolare, vi sarebbe anche una diminuzione della soglia di eccitazione delle unità neuromotorie[25]. Uno studio suggerirebbe che l'ingestione di 350 mg di caffeina 1 ora prima della gara aumenterebbe leggermente il massimo consumo di ossigeno[116].

### *Gli effetti sulle prove di resistenza possono essere attenuati*

In soggetti che hanno seguito una dieta ricca di carboidrati, l'effetto dell'assunzione di caffeina nel mobilizzare i grassi e nell'orientare sui grassi appunto i processi ossidativi nel corso delle prove di resistenza è molto attenuato[124]. Risulta in effetti che la grande varietà di risposta alla caffeina dipenda dalla dieta seguita dal soggetto. Altri fattori che influenzano la risposta alla caffeina includono la risposta ormonale seguente la sua assunzione, in particolare in funzione della modalità di somministrazione (dose singola o ripetuta)[21], [117], [133]. Infine, gli effetti farmacologici sono attenuati in coloro che l'assumono regolarmente in quantità consistente (caffè)[113], [117].

### *Effetti sul muscolo*

La caffeina esercita una sua azione diretta sul muscolo[73], [111]. In uno studio in doppio cieco è stata studiata la risposta muscolare durante massime contrazioni volontarie o in seguito a stimolazione nervosa, dopo assunzione di 500 mg di caffeina[73]. La stimolazione elettrica del nervo motore consentiva di eliminare la componente nervosa centrale. I risultati indicavano che la somministrazione di caffeina non modificava la massima forza muscolare sia durante contrazioni volontarie sia in seguito a stimolazione nervosa. Tuttavia, per stimolazioni a bassa frequenza, la forza muscolare era aumentata in seguito a somministrazione di caffeina, sia in condizioni di riposo sia in seguito a lavoro submassimale che induceva un certo grado di fatica. Questo effetto viene attribuito a un'azione diretta della caffeina sulla fibra muscolare, in particolare si ritiene che la caffeina favorisca la liberazione del calcio dal reticolo sarcoplasmatico; inoltre è possibile che la caffeina favorisca anche il legame del calcio alla miosina.

*Avvertenza*: anche la somministrazione di caffeina non è scevra da pericoli, in particolare nei soggetti che non ne assumono normalmente (attraverso il caffè). La caffeina è infatti un farmaco a potente azione eccitatoria, pertanto può causare stato di agitazione psicomotoria, emicrania, irritabilità e, fatto di maggior gravità, aritmie cardiache. La caffeina svolge anche una forte azione diuretica. Questo fatto va considerato in quanto una perdita di liquidi corporei compromette le capacità di termoregolazione, in particolare in clima caldo e umido, infatti viene ridotta la capacità di sudorazione. Il Comitato Olimpico Internazionale consente un modico uso di caffeina. Se l'assunzione di caffeina è di 600-800 mg nell'arco di mezz'ora il suo livello plasmatico sale molto, sale anche il suo livello nelle urine e questo comporta squalifica[129].

## ACIDO PANGAMICO

L'acido pangamico è anche noto come vitamina $B_{15}$ e riscuote un certo successo nel mondo dello sport in quanto gli vengono attribuiti benefici effetti sulla performance di tipo aerobico. I fautori di detti effetti benefici si basano su osservazioni fatte in Russia circa il fatto che l'acido pangamico aumenterebbe la capacità delle cellule di usare l'ossigeno, riducendo quindi l'accumulo di acido lattico e migliorando pertanto la resistenza nelle prove di gran fondo. Naturalmente, come nel caso di tante altre sostanze, il parere degli atleti è che questa sostanza "fa molto bene". Tuttavia, una valutazione critica degli studi che hanno proposto questo meccanismo solleva molti dubbi sulla validità del risultato. Ricerche più attuali non sono state in grado di rivelare alcun effetto legato all'acido pangamico, né in termini di resistenza aerobica, né riguardo ai livelli di glucosio o lattato plasmatico[50], [54]. Da un punto di vista più generale, l'acido pangamico non svolge alcun ruolo evidente nell'organismo, non funziona né da vitamina né da provitamina. Inoltre sono stati sollevati dubbi sull'innocuità dei composti che vengono venduti come acido pangamico [56]. Per la Food and Drug Administration la vendita di questo composto è da considerare a tutti gli effetti illegale.

## SOLUZIONI TAMPONE

Esercizi massimali della durata di 30-120 s implicano una grande modificazione dell'equilibrio acido-base in quanto si ha una forte produzione di acido lattico. L'accumulo di acido lattico sposta infatti marcatamente il pH verso l'acidità[26], [112]. L'aumento di acidità inibisce l'azione degli enzimi e quindi blocca le vie metaboliche da cui dipendono i processi esoergonici[57], [90]. Nel plasma si verifica accumulo di lattati e riduzione di pH.

La prima linea di difesa contro l'acidosi è rappresentata dalla presenza del tampone bicarbonato/acido carbonico (*vedi* Capitolo 14). La disponibilità di questo tampone è critica nel tamponare gli idrogenioni che si formano in caso di acidosi[77]. Questa considerazione ha suggerito che la maggior disponibilità del tampone possa servire a contrastare l'acidosi che domina evidentemente il quadro del lavoro anaerobico. L'ipotesi è che un miglior tamponamento dell'acidosi consentirebbe una maggior produzione di acido lattico, quindi una maggior erogazione di potenza, ritardando il calo del pH intracellulare e plasmatico. I dati disponibili sono piuttosto variabili, principalmente a causa di una grande variabilità dei protocolli sperimentali riguardo a dosi di bicarbonato somministrato e tipo di esercizio effettuato[27], [59], [67], [78], [123]. Un successivo studio[128] ha cercato di ovviare a queste limitazioni dei vari disegni sperimentali e ha valutato l'effetto di un'acuta alcalosi metabolica sulla massima potenza anaerobica, in condizioni in cui sicuramente si verificava un aumento della concentrazione del lattato nel plasma[128]. La performance di sei mezzofondisti allenati fu valutata in condizioni di controllo e successivamente all'assunzione di bicarbonato di sodio (300 mg per kilogrammo di massa corporea) o un placebo (carbonato di calcio). Come indicato dalla Tabella 24.4, l'assunzione del bicarbonato aumentava il pH rispetto al livello basale prima della prova. Inoltre, in seguito all'assunzione di bicarbonato, la performance migliorava di 2.9 s, il livello di lattato ematico alla

**TABELLA 23.4**
**PERFORMANCE E SITUAZIONE ACIDO-BASE IN TRE GRUPPI DI SOGGETTI: DI CONTROLLO (CON PLACEBO) O IN CUI ERA STATA INDOTTA UN'ALCALOSI PRIMA DELLA PROVA**

| *Variabile* | *Condizione* | *Situazione di base* | *Prima della prova* | *Dopo la prova* |
|---|---|---|---|---|
| | Controllo | 7.40 | 7.39 | 7.07 |
| pH | Placebo | 7.39 | 7.40 | 7.09 |
| | Alcalosi | 7.40 | 7.49[a] | 7.18[b] |
| Lattato | Controllo | 1.21 | 1.15 | 12.62 |
| (mmol · $L^{-1}$) | Placebo | 1.38 | 1.23 | 13.62 |
| | Alcalosi | 1.29 | 1.31 | 14.29[b] |
| Standard | Controllo | 25.8 | 24.5 | 9.90 |
| $HCO_3^-$ | Placebo | 25.6 | 26.2 | 11.00 |
| (mEq · $L^{-1}$) | Alcalosi | 25.2 | 33.5[a] | 14.30[b] |

| | Controllo | Placebo | Alcalosi |
|---|---|---|---|
| Tempo (min:s) | 2:05.8 | 2:05.1 | 2:02.9[c] |

Da Wilkes, D. et al.: *Effects of induced metabolic alkalosis on 800 m racing time*. «Med. Sci. Sports Exerc.», 15:277, 1983.
[a]I valori prima dell'assunzione di bicarbonato sono significativamente maggiori.
[b]L'alcalosi era significativamente maggiore rispetto ai controlli e all'assunzione di placebo.
[c]I tempi in alcalosi erano significativamente inferiori rispetto a controllo e assunzione di placebo.

fine della prova era superiore ma era anche superiore il pH, rispetto alla condizione di controllo o dopo assunzione di placebo.

I risultati suggeriscono che la potenza anaerobica liberata era maggiore in presenza di una maggior disponibilità di tampone. Quest'ultima può favorire la diffusione degli ioni idrogeno dal compartimento intra a quello extracellulare. Il miglioramento prestativo, 2.9 s sulla gara degli 800 m in atleti ben allenati, è sicuramente molto elevato, corrisponde a un distacco di 19 m all'arrivo (rispetto alla performance di controllo), una distanza abbastanza grande che potrebbe separare il primo dall'ultimo in questo tipo di gara. Naturalmente, se tutti assumono bicarbonato il vantaggio scompare!

**Effetti legati al dosaggio assunto e al grado di anaerobiosi** L'interazione tra dosaggio di bicarbonato assunto e gradi di aneaerobiosi che si sviluppa nel corso dell'esercizio è importante nell'influenzare l'entità del vantaggio che deriva dall'assunzione dei bicarbonati stessi[27], [59]. Dosaggi intorno a 0.3 g per kilogrammo di massa corporea sembrano essere i più indicati nel caso di sforzi massimali della durata di 1-2 min[12], [52], [79], ma anche di sforzi effettuati sia con le braccia sia con le gambe che portano a esaurimento in 6-8 min[96]. Non esiste alcun vantaggio nel caso di attività del tipo del sollevamento pesi[123]. Per esercizi di durata inferiore al minuto, i vantaggi sono dimostrabili solo se l'esercizio viene ripetuto diverse volte[27]. In quest'ultimo caso l'elevata produzione intracellulare di ioni idrogeno comporta la necessità di una maggior disponibilità di bicarbonato per operare un efficace tamponamento.

Al di là dei vantaggi obiettivamente rilevabili in termini di tamponamento acuto dell'acidosi, sicuramente si rendono necessarie ulteriori ricerche per valutare eventuali pericoli legati a questa pratica, che in effetti causa prima dello sforzo una condizione di acuta alcalosi. Molti soggetti non tollerano questo stato poiché provoca disturbi gastrointestinali, crampi e diarrea circa 1 ora dopo l'assunzione. Questa fastidiosa sintomatologia gastrointestinale può essere prevenuta, almeno in parte, sostituendo il bicarbonato di sodio con il citrato di sodio, nella dose di 0.5 g per kilogrammo di massa corporea[83].

## RIPOSIZIONAMENTO DELL'ARTICOLAZIONE TEMPOROMANDIBOLARE

Negli ultimi venti anni sono emerse numerose indicazioni, a livello di informazione generale ma anche suffragate da pubblicazioni nell'ambito odontoiatrico, circa i possibili benefici che deriverebbero dal miglioramento dell'occlusione dentaria ottenuto correggendo la posizione delle mandibole mediante apparecchi specifici sviluppati in questo senso[49a], [62], [130]. Questi benefici sono stati al tempo decantati da atleti di vertice di varie discipline sportive come football americano, boxe, tennis, baseball, atletica in generale ma in particolare prove di corsa sia di velocità sia di resistenza[86]. I sostenitori di questa teoria nel campo dell'«odontoiatria sportiva» ritengono che una cattiva occlusione possa influire negativamente sulla performance e sull'atteggiamento posturale. Viceversa, una corretta occlusione favorirebbe una maggior stabilità della colonna cervicale e ridurrebbe even-

tuali input sensitivi inibitori a provenienza dal blocco facciale, il tutto finirebbe per favorire la performance.

Mancano a tutt'oggi dati scientificamente credibili riguardo all'argomento. Infatti, la maggior parte dei casi riportati si riferisce a esperienze personali, non esiste alcuna chiara e logica pianificazione degli esperimenti. Possiamo riferire circa esperimenti effettuati nel nostro laboratorio per valutare gli indici funzionali massimali su soggetti affetti da malocclusione successivamente corretta[81]. I soggetti furono suddivisi in modo casuale in quattro gruppi: *a*) soggetti di controllo, *b*) soggetti con un dispositivo di correzione della posizione mandibolare inefficace, *c*) soggetti con dispositivo di correzione dell'occlusione perfettamente efficace, *d*) soggetti con dispositivo di correzione che peggiorava l'occlusione. Nessuno dei soggetti né degli sperimentatori era al corrente delle caratteristiche del dispositivo applicato ai vari soggetti, l'unico che le conosceva era il dentista. I risultati dell'esperimento hanno rivelato che non esiste alcuna correlazione tra malocclusione, o correzione della stessa, e una moltitudine di indici funzionali tra cui: capacità di percezione visiva, tempo di reazione, forza muscolare al dinamometro («hand grip»), forza dei muscoli flessori e degli estensori della gamba, massimo consumo di ossigeno, consumo di ossigeno a un determinato carico di lavoro submassimale, sensazione soggettiva di fatica, economia di corsa, potenza anaerobica massima della muscolatura delle braccia e delle gambe. Inoltre, il peggioramento dell'occlusione non modificava gli indici prestativi. Chiaramente i risultati di questo studio contraddicevano le indicazioni circa i benefici ipotizzabili sulla base di un miglioramento dell'occlusione. Altri studi hanno confermato i nostri risultati, in particolare per quanto riguarda la massima forza isometrica e la massima potenza registrata con ergometro isocinetico[87], [105], [141]. In definitiva, bisogna ritenere che le evidenze riportate in passato circa i benefici derivanti dal miglioramento dell'occlusione per la performance non sono credibili sul piano scientifico.

## EMOTRASFUSIONE (BLOOD DOPING)

L'emostrasfusione è emersa come problema nel corso delle Olimpiadi di Monaco del 1972, quando un atleta, vincitore di due medaglie d'oro in prove di fondo, fu accusato di averne fatto uso.

### *Principio dell'emotrasfusione*

Con questa procedura viene prelevato a un soggetto una certa quantità di sangue (da 450 a 2 L) anche ricorrendo a sedute successive. Il plasma viene reinfuso nel soggetto mentre il globuli rossi vengono conservati con opportuni metodi di congelamento. Per evitare di generare un grave quadro anemico i prelievi di sangue vengono distribuiti in un arco di tempo di 3-8 settimane, cioè un tempo sufficientemente lungo da consentire al soggetto di riformare una quantità di sangue corrispondente a quella prelevata. I globuli rossi («pappa» di globuli rossi) vengono reinfusi da 1 a 7 giorni prima di una gara di fondo. Si parla di **trasfusione autologa** quando il sangue reinfuso proviene dallo stesso soggetto da cui era stato prelevato. Invece si definisce come **eterologa** la trasfusione ove il sangue usato proviene da persona diversa, ovviamente rispettando il gruppo sanguigno del ricevente. In seguito alla trasfusione si ha un aumento della concentrazione dell'emoglobina tra l'8 e il 20%. Ad esempio, in soggetti maschi, la concentrazione dell'emoglobina può aumentare dal valore normale di 15 g · $dL^{-1}$ fino a 19 g · $dL^{-1}$. Naturalmente aumenta anche l'ematocrito, che passa dal 45 al 60%. La situazione in seguito all'emostrasfusione si mantiene relativamente costante per almeno 2 settimane[51]. L'aumento della massa ematica e della concentrazione di emoglobina consentirebbe un aumento della gittata cardiaca e un aumento della capacità di trasporto dell'ossigeno, entrambi i fattori sono di grande utilità per gli atleti che competono in discipline di fondo[13], [121].

In genere vengono trasfusi da 900 a 1800 mL di sangue per indurre significativi miglioramenti. Per ogni 500 mL infusi, cui corrisponde un volume di globuli rossi di 275 mL, la capacità di trasporto dell'ossigeno da parte di tutto il sangue aumenta di circa 100 mL. Normalmente la capacità di trasporto dell'ossigeno è di 20 mL per 100 mL di sangue. Calcolando che durante una gara di fondo, la gittata cardiaca può raggiungere i 30 L · $min^{-1}$, ovviamente in un atleta di vertice, la quantità di ossigeno che si rende disponibile ai tessuti con il sangue arterioso aumenta di circa 0.5 L in un minuto. D'altra parte l'emotrasfusione può anche indurre effetti negativi e cioè controproducenti rispetto al miglioramento prestativo. Infatti l'aumento dell'ematocrito causa anche un aumento della viscosità del sangue, il che provoca un aumento della resistenza al flusso del sangue e nei vasi; da ciò consegue una **riduzione** della gittata cardiaca massima e quindi una **riduzione** dell'apporto di ossigeno ai tessuti. Pertanto, in queste condizioni non è impensabile attendersi una **riduzione** della massima potenza aerobica. Sicuramente un aumento della viscosità del sangue ostacola la microcircolazione ed è un fattore non auspicabile in chi presenta alterazioni arteriosclerotiche delle pareti dei vasi.

### *Quanto è efficace l'emotrasfusione?*

Sicuramente esiste una base teorica per motivare l'emotrasfusione e inoltre i risultati sperimentali confermano la sua efficacia[102]. Le controversie relative alla sua efficacia derivavano principalmente dal fatto di non poter paragonare in modo scientificamente valido i risultati delle varie ricerche, poiché le principali differenze sono legate ai protocolli adottati, alle modalità di conservazione del sangue e ai test di valutazione funzionale. Le prime ricerche indicavano un significativo e immediato aumento del massimo consumo di ossigeno in seguito a infusione di sangue intero[41]. In uno studio si indicava addirittura un aumento del 23% della performance nel corso di una gara effettuata in tempo molto ravvicinato alla trasfusione e un aumento del 9% della massima potenza aerobica[43]. Malgrado i risultati dei primi studi fossero ampia-

mente criticabili, è però fuori di dubbio che successive ricerche più rigorose hanno confermato, anche da parte di chi era particolarmente scettico, i vantaggi offerti dall'emotrasfusione in termini di potenza aerobica[14], [94], [95], [108].

*La maggior parte delle differenze nei risultati dell'emotrasfusione sono legate ai metodi di conservazione del sangue.* I globuli rossi possono essere conservati per più di 6 settimane senza significative distruzioni cellulari rispetto al convenzionale metodo di conservazione del sangue a 4 °C. In effetti molti studi precedenti avevano usato per la trasfusione sangue conservato a 4 °C e ciò, come noto, comporta una notevole quota di emolisi nell'arco di 3 settimane. Questo aspetto del problema non è trascurabile tenuto conto che sono necessarie 5-6 settimane per reintegrare il sangue prelevato (ad esempio nel caso di un prelievo di 900 mL), si veda la Figura 24.1.

Viceversa, se il sangue era conservato in modo appropriato, la trasfusione aumenta significativamente gli indici ematologici in entrambi i sessi. Da ciò derivano un aumento della capacità aerobica del 5-13%, una minor frequenza cardiaca e una minor produzione di acido lattico a parità di carico submassimale, un miglioramento della resistenza allo sforzo prolungato sia a livello del mare sia in quota. Inoltre, l'emotrasfusione migliora la capacità di termoregolazione facilitando il processo di sudorazione, in particolare in clima caldo[103], [104].

La Tabella 24.5 illustra le variazioni ematologiche, fisiologiche e i miglioramenti prestativi in cinque soggetti maschi, in condizioni di lavoro massimale e submassimale, prima e 24 ore dopo una trasfusione di 750 mL di pappa di globuli rossi. I dati presentati possono essere considerati rappresentativi anche di altri studi effettuati su questo argomento.

## UNA NUOVA TENDENZA: BLOOD DOPING DI NATURA ORMONALE

Per evitare la complessità delle procedure relative all'emotrasfusione, nel campo delle prove di fondo e resistenza gli atleti ricorrono attualmente all'**eritropoietina**, un ormone che stimola la produzione di sangue da parte del midollo osseo. Sul piano medico l'eritropoietina si è rivelata molto utile per il trattamento dell'anemia, in particolare nei pazienti nefropatici[44]. La stimolazione alla liberazione di questo ormone è legata a una bassa concentrazione di globuli rossi nel sangue, oppure a una bassa pressione parziale dell'ossigeno nel sangue (ipossia), come ad esempio nel corso di malattie polmonari gravi o esposizione all'alta quota. L'ormone causa un aumento della sintesi di globuli rossi. Se assunta liberamente, e in assenza di controllo medico, l'eritropoietina può causare un aumento dell'ematocrito al di sopra del 60%; l'emoconcentrazione che ne consegue, con concomitante aumento della viscosità del sangue, aumenta grandemente il rischio di accidenti cardiovascolari come infarto, edema polmonare, emorragie e trombosi.

## RISCALDAMENTO PRIMA DELL'ATTIVITÀ FISICA

Qualche forma di attività fisica praticata prima di un impegno agonistico rappresenta una procedura ampiamente praticata dagli atleti e suggerita dagli allenatori. La logica di una simile pratica sta nel ritenere che un'attività fisica preliminare aiuti a generare nell'atleta una condizione psicologica e fisica che consenta poi all'atleta stesso di estrinsecare meglio il suo potenziale; in particolare il riscaldamento riduce il rischio di traumi e lesioni osteoarticolari, tendinee e muscolari. In effetti, in uno studio condotto su animali si è riscontrato che sono necessarie forze maggiori per generare una lesione in un muscolo che ha effettuato un riscaldamento rispetto a un muscolo «freddo»[101]. Il riscaldamento ha la funzione di aumentare la distensibilità del complesso muscolo-tendine, il che migliora la resistenza agli sforzi di trazione.

Dal punto di vista generale si può classificare il riscaldamento in due categorie, anche se esiste una certa sovrapposizione tra le due:

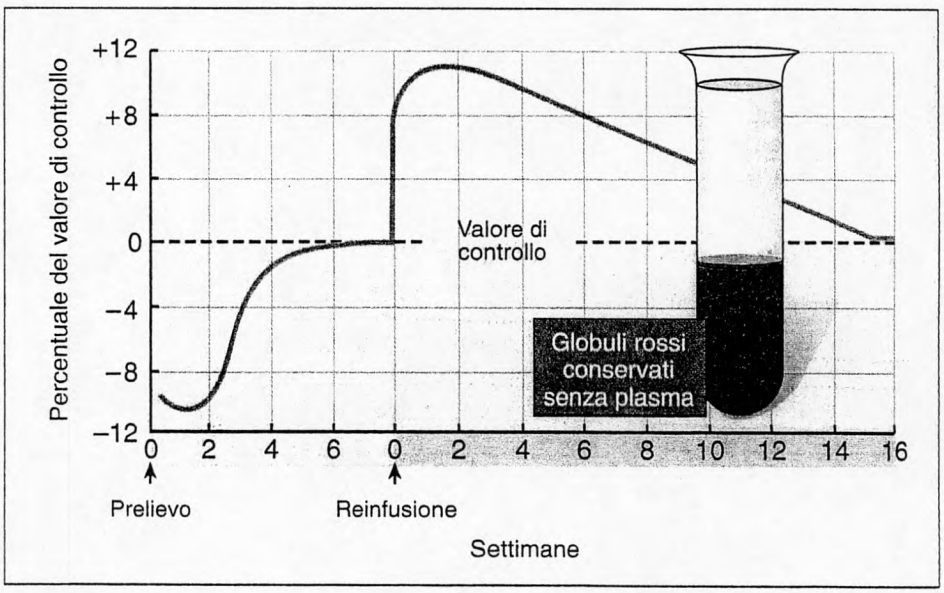



**FIGURA 24.1**
Tempo di intervento di variazioni ematologiche dopo prelievo e reinfusione di 900 mL di sangue conservato con il freddo. (Da Gledhill, N.: *Blood doping and related issues: a brief review*. «Med. Sci. Sports Exerc.», 14:183, 1982).

**TABELLA 24.5**
**CARATTERISTICHE FISIOLOGICHE, EMATOLOGICHE E CAPACITÀ DI PERFORMANCE PRIMA E DOPO 24 ORE DALLA REINFUSIONE DI PAPPA DI GLOBULI ROSSI[a]**

| *Variabile* | *Preinfusione* | *Postinfusione* | *Differenza* | *Differenza %* |
|---|---|---|---|---|
| Emoglobina, g · 100 mg di sangue$^{-1}$ | 13.8 | 17.6 | 3.8[b] | +27.5[b] |
| Ematocrito[a], % | 43.3 | 54.8 | 11.5[b] | +26.5[b] |
| Consumo di ossigeno submassimale, L · min$^{-1}$ | 1.60 | 1.59 | −0.01 | −0.6 |
| Freq. cardiaca submassimale, batt · min$^{-1}$ | 127.4 | 109.2 | 18.2 | −14.3[b] |
| Massimo consumo di ossigeno, L · min$^{-1}$ | 3.28 | 3.70 | 0.42[b] | +12.8[b] |
| Freq. cardiaca massima, batt · min$^{-1}$ | 181.6 | 180.0 | −1.6 | −0.9 |
| Tempo di corsa all'ergometro, s | 793 | 918 | 125[b] | +15.8 |

Da Robertson, R.J t al.: *Effect of induced erytrocythemia on hypoxia tolerance during exercise*. «J. Appl. Physiol.», 53: 490, 1982.
[a]L'ematocrito esprime la percentuale in volume occupata dai globuli rossi su 100 parti di sangue.
[b]Le differenze sono statisticamente significative.

- **Riscaldamento generale:** esempi sono rappresentati da esercizi di mobilizzazione generale, stretching, movimenti di rilassamento, tutti comunque non specificamente correlabili alla tipologia dell'esercizio oggetto della gara.
- **Riscaldamento specifico:** in questo caso gli esercizi praticati nel corso del riscaldamento rispecchiano esattamente il gesto di gara. Questo è il caso di chi prova il colpo di golf o il lancio della pallina nel baseball, o il servizio nel tennis, o il salto in alto, in lungo e con l'asta.

## CONSIDERAZIONI PSICOLOGICHE

Tutti gli atleti di livello elevato considerano utili gli esercizi di riscaldamento in quanto consentono di raggiungere un equilibrio psicofisico che facilita l'ottimizzazione della performance. Inoltre, un riscaldamento di tipo specifico migliora l'esecuzione e quindi la coordinazione neuromuscolare. Questo è particolarmente utile negli esercizi a elevata componente tecnica, come i salti e i lanci. Un altro vantaggio del riscaldamento è quello di consentire una liberazione di potenza muscolare senza incorrere nel rischio di lesioni di vario genere. Un buon esempio è rappresentato dal riscaldamento del lanciatore nel baseball. D'altra parte, come può essere pensabile che un lanciatore entri in gara a lanciare la palla alla massima velocità senza aver prima effettuato un riscaldamento? E dov'è quell'atleta che inizia una gara a pieno regime senza essersi prima scaldato? Malgrado l'ovvia risposta sia che in effetti nessun atleta si mette in gara senza aver prima effettuato un adeguato riscaldamento, rimane però difficile stabilire quale «forma» di riscaldamento risulti più efficace per ottimizzare la performance e ridurre il rischio di lesioni.

In alcune condizioni non vi è molto tempo per il riscaldamento, ad esempio nel caso in cui un giocatore deve rimpiazzarne un altro infortunato, e quindi è costretto a entrare in gioco senza avere effettuato esercizi di riscaldamento generale e di stretching. Qual è l'incidenza degli incidenti in queste condizioni? Questa sembra una domanda logica ma per ora non vi è risposta e pertanto sono auspicabili ricerche in questo senso.

Sul piano psicologico, il fatto che gli atleti considerino molto importante il riscaldamento rende più difficile l'oggettiva valutazione dei benefici che ne possono derivare. Infatti, è praticamente impossibile che un soggetto estrinsechi il suo massimo potenziale se è convinto di non poterlo fare senza riscaldamento. Qualche ricercatore ha adottato la tecnica dell'ipnosi per cercare di annullare la predisposizione psicologica in questo senso.

## CONSIDERAZIONI FISIOLOGICHE

Uno studio ha cercato di valutare l'effetto del riscaldamento sulla potenza espressa in un esercizio al cicloergometro della durata di 2 min di potenza corrispondente al 120% della massima potenza aerobica[93]. Nel corso del primo minuto si è riscontrato, in seguito al riscaldamento, una maggior temperatura corporea, una minor produzione e concentrazione di lattato muscolare e plasmatico, un maggior consumo di ossigeno. I risultati suggeriscono che il riscaldamento aumenta il flusso di sangue nei muscoli, pertanto favorisce sin dall'inizio del lavoro un maggior contributo del meccanismo esoergonico aerobico.

In termini fisiologici, vi sono cinque meccanismi possibili attraverso cui il riscaldamento può migliorare la performance sulla base di un aumentato flusso di sangue e di temperatura corporea[9]:

- Una maggior velocità di contrazione e rilasciamento del muscolo.
- Una maggior economia di movimento in seguito a una riduzione delle resistenze interne al movimento dei tessuti.
- Una maggior desaturazione dell'emoglobina, che quindi cede una maggior quantità di ossigeno ai tessuti.
- Una facilitazione della trasmissione neuromuscolare e un aumento dei processi metabolici cellulari favorito direttamente dall'aumento della temperatura corporea; inoltre,

il riscaldamento può favorire il reclutamento delle unità neuromotorie.
- Una maggior perfusione locale dei muscoli interessati.

## EFFETTI SULLA PERFORMANCE

Malgrado la scarsità dei dati scientifici disponibili è del tutto probabile che il riscaldamento induca effetti positivi. La nostra opinione è che il riscaldamento, di tipo generale o specifico, è una procedura raccomandabile per gli effetti indotti a livello psicologico e fisiologico. Inoltre sono di utile supporto i massaggi e il riscaldamento ottenuto con mezzi fisici e la diatermia. Quindi, in assenza di prove contrarie il riscaldamento è raccomandato per tutte le attività sportive. *L'importante è che venga effettuato con graduale aumento dell'intensità; in questo modo si evita un depauperamento delle scorte energetiche.* Naturalmente, l'intensità dell'allenamento deve accuratamente riflettere la condizione individuale. Ad esempio, il riscaldamento di un nuotatore di livello olimpico porterebbe a sfinimento un soggetto normale. Per avvantaggiarsi dell'aumento della temperatura occorre che la gara inizi entro una decina di minuti dalla fine del riscaldamento. Inoltre è importante che nel corso dell'allenamento le articolazioni vengano sollecitate mobilizzandole al massimo, questo facilita la coordinazione neuromuscolare successiva durante la gara.

## LAVORO FISICO INTENSO AFFRONTATO IN MODO BRUSCO

Nei soggetti sedentari il brusco passaggio dal risposo a un'attività fisica intensa è la principale causa dell'infarto[85]. Questa considerazione ripropone l'utilità del riscaldamento. Molti studi hanno infatti valutato la risposta a un carico di lavoro intenso e improvviso successivamente al riscaldamento. I risultati giustificano l'adozione del riscaldamento in particolare nei soggetti che seguono programmi di riabilitazione cardiaca e di condizionamento fisico generale, oltre che nei soggetti coinvolti in attività sportive che richiedono una brusca esplosione di potenza.

In uno studio condotto su 44 individui di sesso maschile, asintomatici dal punto di vista cardiovascolare, i soggetti venivano fatti correre a velocità elevata per 10-15 s senza riscaldamento[7]. Il tracciato elettrocardiografico rivelava che esistevano anomalie nel 70% dei casi, tutte attribuibili a ischemia cardiaca. Le modificazioni elettrocardiografiche erano indipendenti dall'età e dal livello fisico del soggetto. Per valutare gli effetti del riscaldamento, 22 dei soggetti che avevano presentato anomalie del tracciato elettrocardiografico, furono invitati a correre a bassa velocità, con frequenza cardiaca mantenuta intorno ai 145 batt · $min^{-1}$ per due minuti prima della prova a elevata velocità al cicloergometro. In 10 soggetti le anomalie elettrocardiografiche scomparvero, in altri 10 apparvero di entità minore e, infine, in solo due soggetti rimasero inalterate. In un successivo studio si osservò che il riscaldamento influisce positivamente sulla risposta pressoria[8]. Infatti in sette soggetti maschi, in assenza di riscaldamento la pressione sistolica era di 168 mmHg subito dopo la corsa di 15 s a elevata velocità sull'ergometro trasportatore, mentre si riduceva a 140 mmHg dopo la corsa di riscaldamento di 2 min.

Questi risultati indicano che in soggetti apparentemente sani, e in buona salute, il flusso coronarico non si adatta istantaneamente in coincidenza con l'inizio di un lavoro pesante, e pertanto ne risulta una condizione di parziale ischemia per il miocardio. *L'effetto del riscaldamento, anche di soli 2 min, che sostanzialmente abolisce i segni elettrocardiografici di ischemia miocardica e impedisce un brusco aumento della pressione arteriosa, dimostra che il riscaldamento stesso favorisce l'apporto di ossigeno al miocardio.* Quindi, anche se la pratica del riscaldamento è utile per tutti, lo è in particolar modo per i soggetti coronaropatici, ove esiste già di base una compromissione dell'afflusso di sangue al cuore. Un breve riscaldamento presumibilmente consente anche l'attivazione del sistema simpatico, da cui dipende lo stabilirsi di un assetto ormonale adatto a sostenere l'attività fisica. I due adattamenti importanti per la funzionalità del miocardio che si verificano in seguito al riscaldamento sono in definitiva: *a*) una riduzione del lavoro cardiaco in seguito al fatto che la pressione arteriosa aumenta meno, *b*) un aumento del flusso di sangue coronarico.

## INALAZIONE DI OSSIGENO (IPEROSSIA)

È diventato abbastanza comune vedere atleti che respirano miscele ricche di ossigeno prima di una competizione o subito dopo un impegno estenuante. L'ipotesi è che una simile pratica aumenti il trasporto dell'ossigeno nel sangue e quindi anche l'ossigeno che si rende disponibile ai muscoli. Tuttavia bisogna ricordare che in soggetti sani a livello del mare l'emoglobina nel sangue arterioso è già satura al 95-98%. In pratica, in termini fisiologici:

- La respirazione di miscele iperossiche aumenta la quota di ossigeno trasportata dall'emoglobina di una percentuale trascurabile, approssimativamente 1 mL ogni 100 mL di sangue (cioè 10 mL in 1 L di sangue).
- La quota di ossigeno disciolta fisicamente nel plasma aumenta in funzione della pressione parziale dell'ossigeno e della solubilità dell'ossigeno nel plasma, che è molto bassa. In pratica, la quota disciolta può passare da 0.3 mL per 100 mL di plasma a 0.7 mL per 100 mL di plasma, con un aumento di 0.4 mL per 100 mL (corrispondenti a 7 mL per litro di plasma).

Al massimo si può stimare che la capacità di trasporto di ossigeno da parte del sangue può aumentare di 14 mL per litro di sangue (10 mL legati all'emoglobina e 4 mL disciolti fisicamente).

## RESPIRAZIONE DI MISCELE IPEROSSICHE PRIMA DELLA GARA

Un individuo di 70 kg ha circa 5 L di sangue. La respirazione di una miscela iperossica può potenzialmente aggiun-

gere 70 mL di ossigeno a tutto il sangue (ovviamente è un caso impossibile perché solo parte del sangue è arterioso). Si tratta di una quantità irrisoria e che non conferisce alcun vantaggio utile in termini fisiologici, con questo non si nega che possa avere un importante ruolo psicologico. Inoltre, il piccolo vantaggio legato al maggior trasporto di ossigeno potrebbe essere sfruttato solo se la gara scattasse subito dopo aver smesso di respirare la miscela iperossica, senza che il soggetto respiri aria ambiente. A nostro parere il nuotatore che prende alcune boccate di ossigeno prima di portarsi ai blocchi di partenza o il giocatore di football americano che fa la stessa cosa prima di lanciarsi in campo sicuramente non trae alcun beneficio fisiologico dalla manovra. Il caso del giocatore di football è particolarmente significativo dell'inutilità della manovra se si considera che in questo gioco la maggior parte dell'energia proviene da reazioni di tipo anaerobico. Rimane quindi solo l'effetto psicologico, che ha il suo valore particolarmente se l'atleta la pensa così.

## RESPIRAZIONE DI MISCELE IPEROSSICHE DURANTE L'ATTIVITÀ FISICA

In questo caso vi è l'evidenza sperimentale che la respirazione di miscele iperossiche migliora la performance in attività sia massimali sia submassimali[125], [131]. L'erogazione di ossigeno durante il lavoro muscolare causa un minor accumulo di lattato e comporta una minor frequenza cardiaca e ventilazione polmonare a parità di carico e inoltre porta a un aumento del massimo consumo di ossigeno[1], [18], [42]. Riportiamo i dati di uno studio ove i soggetti effettuavano un lavoro della durata di 6.5 min al cicloergometro e a una potenza corrispondente al 115% della massima potenza aerobica, respirando aria o 100% ossigeno[127]. I soggetti non sapevano quale miscela stavano respirando. La Figura 24.2*A* rivela che, con respirazione in ossigeno puro, la resistenza allo sforzo era aumentata (minor calo della frequenza delle pedalate). La Figura 24.2*B* presenta l'andamento del consumo di ossigeno nelle due condizioni, respirando aria o ossigeno puro. Come si vede, il consumo di ossigeno si mantiene sempre più elevato, così come anche il valore massimo raggiunto, in ossigeno puro.

Poiché la respirazione di ossigeno puro non causa un aumento della gittata cardiaca, l'aumento del consumo di ossigeno è attribuibile a una maggior differenza artero-venosa[125]. Se si mantiene la respirazione in iperossia durante il lavoro, allora diventa significativo anche il piccolo aumento di trasporto di ossigeno nel sangue legato all'emoglobina e fisicamente disciolto. In pratica, i 14 mL in più di ossigeno per litro di sangue, che risultano dalla respirazione di una miscela iperossica, rappresenterebbero un'aggiunta consistente di ossigeno durante lavoro a gittate cardiache di 20-30 L al minuto. Questo spiega un aumento del massimo consumo di ossigeno dell'ordine del 5-10%. Le elevate pressioni parziali di ossigeno facilitano anche il processo di diffusione: questo fatto può risultare importante soprattutto all'inizio del lavoro, cioè nella fase di aumento del consumo di ossigeno. Inoltre, la riduzione della ventilazione polmonare abbassa il costo energetico della respirazione, da questo deriva che una maggior quota di ossigeno si rende disponibile ai muscoli che lavorano (questo punto è già stato trattato parlando del sistema respiratorio). L'iperossia migliora anche la prestazione muscolare in esercizi statici e dinamici ove non pesa un fattore circolatorio. Evidentemente un'elevata pressione parziale di ossigeno a livello tissutale migliora la liberazione di energia[39], [40].

Malgrado la respirazione di ossigeno puro migliori la prestazione, la sua applicazione pratica **durante** una gara rimane molto problematica. Inoltre, anche se il problema tecnico dell'approvvigionamento di ossigeno fosse risolto, il suo uso sarebbe comunque considerato illegale.

## RESPIRAZIONE DI MISCELA IPEROSSICA NEL RECUPERO

La Figura 24.3 illustra l'effetto di respirare una miscela iperossica nel recupero sulla prestazione nel corso di un esercizio successivo[126]. Il protocollo dello studio era il seguente: dopo un lavoro a esaurimento della durata di 1 min

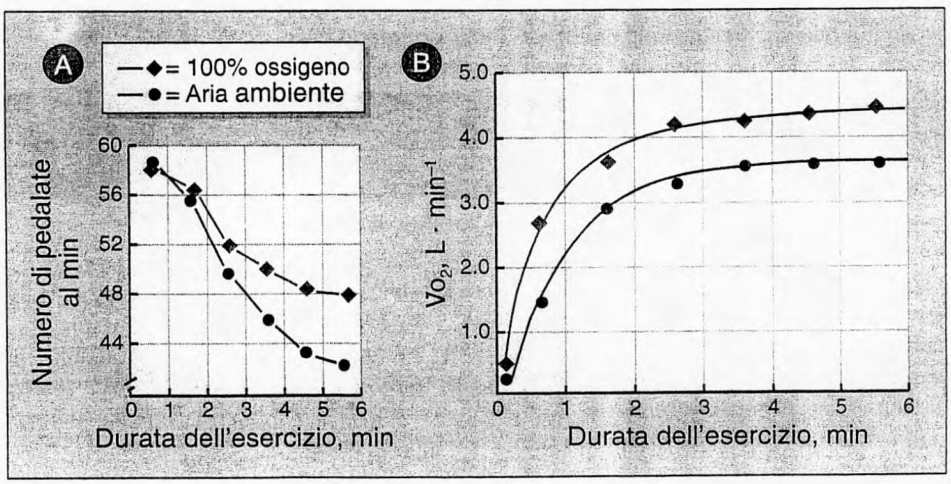



**FIGURA 24.2**
**A**, Durante esercizio sopramassimale della durata di 5.5 min la frequenza di pedalata cala, ma il calo è significativamente inferiore durante respirazione di miscela ipossica rispetto ad aria ambiente. **B**, Andamento del consumo di ossigeno durante lo stesso test: il consumo di ossigeno sale più velocemente e a valori superiori respirando ossigeno puro. (Dati da Weltman, A. et al.: *Effects of increasing oxygen availability on bycicle ergometer endurance performance*. «Ergonomics», 21:427, 1978).

al cicloergometro, i soggetti recuperavano sia passivamente (stando seduti tranquilli) oppure attivamente (pedalando con carico minimo) respirando per 10-20 min aria ambiente o ossigeno puro. Non vi erano differenze per quanto riguarda il lattato ematico durante la fase di recupero tra soggetti che respiravano aria o ossigeno puro. Pertanto, la respirazione in ossigeno puro non migliorava la rimozione del lattato ematico. Vi sono ricerche più recenti che confermano questi dati; inoltre indicano che la respirazione di ossigeno puro intercalata a sforzi brevi massimali o sottomassimali non ha alcun effetto sull'andamento della ventilazione polmonare, della frequenza cardiaca e del lattato nel corso del recupero. Inoltre sulla performance dell'esercizio seguente non ha alcuna influenza la respirazione in ossigeno[92], [135]. In conclusione non vi sono dati che indichino un effetto benefico della respirazione di ossigeno puro tra una prova e la successiva, né in termini di prestazione né nel favorire il ritorno ai valori normali di vari parametri fisiologici.

## MODIFICAZIONE DELL'APPORTO DI CARBOIDRATI

Il sovraccarico di carboidrati rappresenta uno dei metodi più diffusi tra gli atleti di prove di resistenza finalizzato al miglioramento della performance. Malgrado questa strategia nutrizionale sia utile a migliorare la performance, occorre porre l'attenzione su alcuni aspetti negativi legati al sovraccarico di carboidrati.

### CORRELAZIONE TRA FATICA E SUBSTRATO ENERGETICO DISPONIBILE NELL'ATTIVITÀ FISICA DI RESISTENZA

Il glicogeno rappresenta il substrato energetico principale nel corso di un'attività fisica aerobica di intensità elevata e di breve durata[88]. Se l'intensità si mantiene elevata e la durata aumenta si verifica un impoverimento delle scorte di glicogeno e l'organismo ricorre preferenzialmente al catabolismo dei lipidi, pertanto si riduce percentualmente l'energia liberata dal catabolismo dei carboidrati mentre aumenta appunto quella liberata dall'ossidazione dei lipidi. I lipidi vengono mobilizzati dai siti di accumulo nel tessuto adiposo e nel fegato. Se l'attività fisica viene protratta al punto che le riserve di glicogeno si abbassano al di sotto di un punto critico, si verifica il fenomeno della fatica, che può essere così grave da impedire la continuazione dell'attività fisica, questo anche se vi è normale apporto di ossigeno ai tessuti e la disponibilità di lipidi è notevole. Se a questo punto si provvede a somministrare al soggetto una soluzione contenente glucosio, egli può riprendere il lavoro, ma a bassa velocità in quanto il glicogeno muscolare è praticamente a zero, per questo la potenza che il muscolo può estrinsecare è molto bassa. La sensazione soggettiva legata al depauperamento di glicogeno muscolare è molto chiara in quanto costringe, se non a fermarsi, a rallentare tremendamente il passo; è tipica ovviamente delle competizioni di gran fondo (come la maratona) ed è anche definita in termini coloriti nel gergo sportivo: qui da noi si parla di un atleta che "è a secco", o "è alla frutta", oppure "è cotto", nella terminologia anglosassone con un gergo altrettanto colorito si usa dire "hitting the wall", cioè picchiare contro un muro, espressione che rende bene il concetto di difficoltà all'avanzamento.

Verso la fine degli anni Trenta i ricercatori osservarono che la performance in una gara di gran fondo può essere migliorata se si assume una dieta ricca di carboidrati. Viceversa, la capacità di resistenza veniva grandemente ridotta se la dieta era ricca di lipidi. Queste importanti osservazioni hanno stimolato la ricerca della dieta ottimale finalizzata ad aumentare le scorte di glicogeno prima di una gara di gran fondo. Come discusso nel Capitolo 1, la semplice modifica dell'apporto dei vari componenti della dieta può influenzare

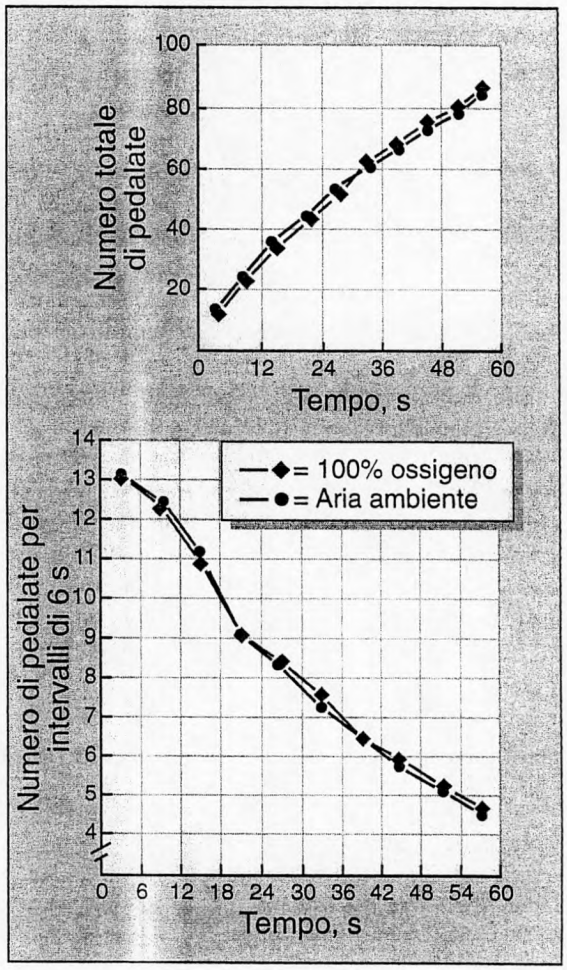



**FIGURA 24.3**
Test ergometrico massimale al cicloergometro della durata di 1 min successivamente a respirazione di miscela iperossica o aria ambiente durante il periodo di recupero che segue a un lavoro precedente. Il numero di pedalate misurate per intervalli di 6 s (*in basso*) e il numero totale di pedalate (*in alto*) in funzione del tempo è uguale respirando ossigeno puro o aria ambiente nella precedente fase di recupero. (Da Weltman, A. et al.: *Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise performance*. «Res. Q.», 48:786, 1977).

grandemente la performance nelle prove di resistenza[91a]. In una serie di esperimenti si poté definire che la capacità di resistenza di soggetti che avevano assunto una dieta ricca di carboidrati era circa tre volte maggiore rispetto a soggetti che, a parità di introito calorico, avevano assunto una dieta ricca di lipidi[11].

## SUPERCOMPENSAZIONE DI GLICOGENO

I dati sperimentali a nostra disposizione rivelano che una particolare strategia alimentare associata ad attività fisica consente un miglior accumulo di glicogeno nei muscoli. La procedura prende il nome di **carico glucidico** o **supercompensazione di glicogeno** (in inglese *carbohydrate loading* o *glycogen supercompensation*) e viene adottata spesso dagli atleti che competono in prove di gran fondo. Con questo metodo si riesce ad aumentare il glicogeno muscolare ancora di più rispetto alla semplice dieta ricca di carboidrati di cui si è discusso precedentemente nel testo. In effetti la concentrazione del glicogeno muscolare può raggiungere i 4-5 g per 100 g di massa muscolare, mentre il valore normale è di 1.7 g per 100 g. Dati più recenti indicano l'esistenza di una differenza tra i sessi in risposta al carico glucidico, le donne non presentano il fenomeno dell'accumulo di glicogeno muscolare con una dieta ove la copertura calorica è provvista per il 65-75% dai carboidrati[113a].

### *Procedura classica per il carico glucidico*

La Tabella 24.6 illustra la procedura classica adottata per realizzare il carico glucidico. Come si vede, la fase iniziale prevede che i muscoli vengano depauperati di glicogeno mediante un lavoro di resistenza effettuato 6 giorni prima della gara. Si noti che il depauperamento di glicogeno si verifica **esclusivamente** nei muscoli che hanno compiuto il lavoro, pertanto il lavoro prolungato deve interessare gli stessi muscoli coinvolti nella specialità di gara. Ad esempio, in preparazione a una maratona, si possono correre 25-30 km, mentre nel caso di nuoto e ciclismo si può effettuare un lavoro submassimale di circa 90 min. Successivamente, il soggetto tiene una dieta a basso contenuto in carboidrati (da 60 a 100 g al giorno) per parecchi giorni, il che evidentemente causa un ulteriore impoverimento delle scorte di glicogeno. Si noti che la deplezione di glicogeno induce la formazione, attraverso un meccanismo ancora poco descritto, di forme intermedie dell'enzima **glicogeno sintetasi** la cui funzione è quella di favorire la sintesi di glicogeno. Durante questo periodo di dieta a basso contenuto in carboidrati il soggetto deve mantenere un allenamento leggero. 3 giorni prima della gara, il soggetto passa a una dieta ricca di carboidrati (400-600 g al giorno), e la mantiene sino al pasto pregara. Naturalmente deve essere garantito l'apporto giornaliero di proteine, oligoelementi (minerali e vitamine) e acqua (in abbondanza).

Questa procedura di sovraccarico glucidico è utile **esclusivamente** per le gare di gran fondo, quindi a elevata componente aerobica e con spiccate doti di resistenza. Nella maggior parte delle altre attività sportive, anche di tipo agonistico che richiedono allenamenti pesanti, una dieta ove il fabbisogno proteico è coperto per il 60-70% da carboidrati risulta adeguata a mantenere le scorte di glicogeno muscolare. Gli atleti che osservano questo piano dietetico mantengono un livello di glicogeno muscolare che può anche essere doppio rispetto a quello di soggetti non allenati. In questi stessi atleti, il processo di supercompensazione del glicogeno muscolare avrebbe scarso effetto. Sempre per questi atleti (non coinvolti ovviamente nelle discipline di fondo), un mancato adeguamento dell'introito calorico e quindi dell'apporto di carboidrati in relazione all'aumento del fabbisogno energetico a sua volta dipendente dal carico degli allenamenti, può indurre una condizione di cronica deplezione del glicogeno muscolare e quindi di fatica cronica[29].

**Il carico glucidico non è necessario in tutte le discipline sportive** Non è necessario ricorrere alla procedura del carico glucidico in tutte le discipline sportive. In genere, il contenuto di glicogeno muscolare è ampiamente sufficiente per prove che impegnano fino a un 1 ora. Ad esempio, il carico glucidico non si è rivelato di nessun beneficio in atleti ben allenati che correvano sulla distanza dei 30 km, rispetto ad atleti che invece avevano tenuto una dieta normale[107]. Per la maggior parte delle gare basta aumentare l'apporto calorico in carboidrati al 60-70% nei due giorni precedenti la gara, questo è sufficiente a mantenere le scor-

**TABELLA 24.6**
**PROGRAMMA DIETETICO IN DUE FASI FINALIZZATO ALL'AUMENTO DEL GLICOGENO MUSCOLARE**

**Fase 1- Deplezione**
Giorno 1: Esercizio abbastanza impegnativo che causa deplezione di glicogeno muscolare nei muscoli specificamente esercitati
Giorni 2, 3, 4: alimentazione povera in carboidrati ( elevata percentuale di proteine e lipidi)

**Fase 2- Carico glucidico**
Giorni 5, 6, 7: Elevato apporto glucidico (con normale apporto proteico)

**Giorno della gara**
Seguire le direttive relative alla composizione del pasto pregara ricco di carboidrati

**TABELLA 24.7**
**ESEMPIO DI PIANO DIETETICO PER REALIZZARE LA DEPLEZIONE E IL SUCCESSIVO CARICO GLUCIDICO PRIMA DI UNA PROVA ATLETICA DI RESISTENZA[a]**

| *Pasto* | *Fase di deplezione di glicogeno* | *Fase di carico glucidico* |
|---|---|---|
| Colazione | 1/2 bicchiere sugo di frutta<br>2 uova<br>1 fetta di toast<br>1 bicchiere di latte intero | 1 bicchiere succo di frutta<br>una porzione di cereali<br>1 o 2 dolcetti con burro<br>caffè (con zucchero e latte) |
| Pranzo | 170 g hamburger<br>2 fette di pane<br>insalata condita<br>1 bicchiere di latte intero | 70 g hamburger con salsa<br>1 succo di frutta<br>1 arancia<br>una fetta di torta |
| Spuntino | 1 yogurt | 1 yogurt con frutta o biscotti |
| Cena | 2-3 pezzi di pollo fritto<br>1 patata al forno con burro<br>poca verdura condita<br>tè freddo non zuccherato | 1 pezzo di pollo arrosto<br>1 patata al forno con burro<br>buona porzione di verdure condite<br>succo di frutta zuccherato<br>tè freddo zuccherato |
| Spuntino | 1 bicchiere di latte | 1 bicchiere di latte al cacao con 4 biscotti |

[a]Nella fase di deplezione l'apporto in glucidi deve essere di 100 g, corrispondenti a 400 kcal; nella fase di carico glucidico l'apporto di carboidrati deve essere di 400-625 g, corrispondenti a 1600-2500 kcal.

te di glicogeno a un livello adeguato a garantire la massima performance.

È importante che gli atleti siano ben informati circa i vari problemi connessi alla procedura del carico glucidico. Per questo non devono ricorrere a questa procedura per la prima volta in occasione di una gara importante, ma devono invece sperimentarla nel corso degli allenamenti. Quindi conviene provare inizialmente a effettuare una prova di lunga durata, sufficiente a indurre una deplezione di glicogeno muscolare, e poi assumere un pasto ricco in carboidrati; inoltre, l'atleta deve annotare accuratamente le sensazioni soggettive che sono molto caratteristiche sia durante la fase di deplezione sia in quella successiva di carico glucidico. Effettuata questa fase, se l'atleta ne è soddisfatto, sulla base ovviamente delle sue sensazioni soggettive, allora può aggiungere un elemento, e cioè inserire dopo il lavoro pesante un giorno di dieta a basso contenuto glucidico. Se anche in questo caso l'atleta non prova sensazioni spiacevoli può gradualmente passare a 3-4 giorni di dieta ipoglucidica, prima della fase di carico glucidico.

## ALCUNI ESEMPI DI DIETE PER IL CARICO GLUCIDICO

La Tabella 24.7 fornisce alcuni esempi di diete da adottare per la fase di depauperamento glucidico successiva al lavoro (Fase 1) e di carico glucidico (Fase 2) precedente la competizione.

## ASPETTI NEGATIVI

Ogni g di glicogeno lega 2.7 g di acqua, pertanto, rispetto a lipidi, il glicogeno è un combustibile relativamente pesante. L'atleta accusa questo aumento di peso come sensazione fa stidiosa; d'altra parte un maggior peso comporta un maggio dispendio energetico in tutte le specialità antigravitari (corsa, sci di fondo, ciclismo in salita). Da questo punto vista, l'aumento di peso contrasta con i vantaggi offerti d fatto di possedere una riserva di glicogeno muscolare pi elevata. D'altra parte l'acqua che si libera in seguito al cata bolismo del glicogeno si rende disponibile per il processo sudorazione e questo rappresenta un fattore di grande van taggio in particolare in clima caldo.

Bisogna anche ricordare che il processo di carico gluc dico può comportare dei rischi per soggetti che hanno pro blemi di salute. Manovre ripetute di sovraccarico glucidic e di diete a basso contenuto in carboidrati e elevato cont nuto di lipidi e proteine comportano un aumento del livel del colesterolo plasmatico e dell'azotemia. Pertanto, ques situazione può risultare sfavorevole in soggetti affetti da di bete insulino resistente, o portatori di qualche cardiopati nefropatici o affetti da qualche deficienza enzimatica a vello muscolare[4], [64]. Nella fase di depauperamento del g cogeno con dieta ricca di lipidi e di proteine, si può veri care chetosi, che a sua volta induce uno stato di acido Inoltre vi è il rischio che la dieta in questa fase non sia bila ciata e quindi sia carente in termini di fabbisogno giorn liero di oligoelementi (minerali e vitamine), in particola

vitamine idrosolubili. La condizione di deplezione del glicogeno muscolare certamente riduce le capacità prestative dell'atleta e quindi la capacità di sostenere allenamenti pesanti, al punto che si può pensare a un processo di deallenamento. Infine, sono state anche riferite modificazioni dell'umore nella fase di dieta a basso contenuto glucidico[68]. Non sono da escludere, sempre nella stessa fase, i rischi di una riduzione della massa magra in quanto, in condizione di deplezione di glicogeno, l'organismo attiva la via metabolica della gluconeogenesi che implica il catabolismo proteico.

## PROCEDURA DI CARICO GLUCIDICO MODIFICATA

Molti dei difetti legati al protocollo di carico glucidico appena presentato possono essere corretti o eliminati seguendo un protocollo modificato e meno rigoroso delineato nella Figura 24.4[91a], [107]. Questo protocollo si articola su un periodo di 6 giorni e non prevede il lavoro che causa forte deplezione del glicogeno muscolare. L'atleta si allena a circa il 75% della massima potenza aerobica (corrispondente all'85% della massima frequenza cardiaca) per 1 ora e mezzo e successivamente riduce la durata dell'allenamento nei giorni seguenti. Nel corso dei primi 3 giorni i carboidrati coprono il 50% del fabbisogno calorico globale. Nei giorni seguenti la percentuale coperta dai carboidrati sale progressivamente al 70% fino al giorno precedente la gara. Con questo sistema la concentrazione del glicogeno muscolare raggiunge un livello simile a quello ottenuto con il protocollo classico di carico glucidico[106]. Uno dei motivi per preferire il protocollo modificato è che non è necessario arrivare a gradi estremi di deplezione del glicogeno muscolare, indotti dal lavoro muscolare, per aumentare l'attività dell'enzima glicogeno sintetasi[137].

## L-CARNITINA

La L-carnitina agisce sostanzialmente come una vitamina che facilita il passaggio dei lipidi a catena lunga all'interno dei mitocondri e quindi la loro successiva ossidazione. Nel lavoro fisico prolungato la concentrazione plasmatica degli acidi grassi è spesso innalzata anche al di sopra delle reali capacità ossidative del tessuto muscolare. Si attribuisce questo fatto alla relativa incapacità dei grassi di attraversare la membrana mitocondriale a causa di una scarsa disponibilità di L-carnitina. Se questo fosse vero, un aumento della disponibilità di L-carnitina, ottenuto mediante somministrazione farmacologica, faciliterebbe una miglior ossidazione dei grassi il che consentirebbe un risparmio del glicogeno muscolare. I benefici della somministrazione di L-carnitina sarebbero particolarmente evidenti in condizione di deplezione del glicogeno muscolare, condizione ove diventa prioritaria l'ossidazione dei grassi.

Tuttavia, i dati sperimentali di cui possiamo disporre attualmente non rivelano alcun evidente beneficio derivante dalla somministrazione di L-carnitina[119], [120]. Inoltre, non risulta che in seguito ad allenamenti pesanti si verifichi un impoverimento di L-carnitina[33], [63], [89]. Un altro studio rivela che una somministrazione di L-carnitina sino a 2000 mg al giorno non modificava la miscela di substrato ossidato nel corso del lavoro aerobico, la soglia dei lattati, la resistenza e la capacità aerobica[136]. Infine, anche in presenza di deple-

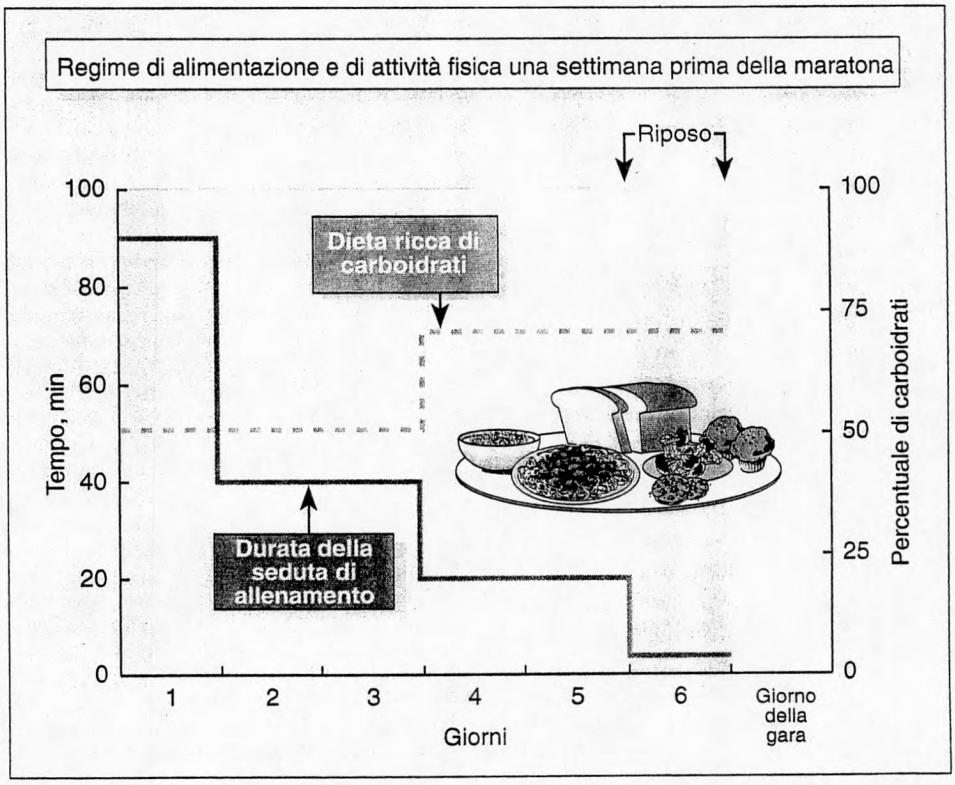



**FIGURA 24.4**
L'approccio alimentare modificato presenta la strategia combinata di attività fisica e alimentazione finalizzata a indurre un sovraccarico di glicogeno muscolare. L'attività fisica viene gradualmente ridotta nel corso della settimana, mentre il contenuto in carboidrati della dieta viene progressivamente aumentato negli ultimi tre giorni. (Da Sherman, W.M., et al.: *Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance*. «Int. J. Sports Med.», 2:114, 1981).

zione di glicogeno muscolare, la somministrazione di L-carnitina non induceva alcuna modifica del substrato energetico ossidato[34].

## SOMMARIO

1. Si parla in generale di supporti «ergogenici» per indicare procedure finalizzate al miglioramento di alcune funzioni fisiologiche da cui può derivare un miglioramento prestativo.
2. Gli steroidi anabolizzanti vengono comunemente usati come supporti «ergogenici». L'azione di queste sostanze è simile a quella dell'ormone maschile testosterone. Le ricerche relative agli effetti degli steroidi anabolizzanti sono tuttora scarse ma sembrano indicare un aumento della massa muscolare, della forza e della potenza anaerobica.
3. Si dibatte sul fatto che la somministrazione di GH esogeno a soggetti sani aumenti la sintesi proteica (massa muscolare) in soggetti che seguono un programma di allenamento basato sul potenziamento muscolare. Come nel caso degli steroidi anabolizzanti, esistono rischi potenziali per la salute che non sono da sottovalutare.
4. Non vi è solida evidenza sperimentale che l'uso delle amfetamine migliori il coordinamento neuromuscolare nell'esecuzione di gesti atletici complessi, per lo meno in modo significativamente diverso dall'effetto indotto da un placebo. Fra gli effetti collaterali delle amfetamine vi sono dipendenza dal farmaco, emicrania, stato confusionale, disturbi gastrici, ipertermia.
5. In alcuni soggetti la somministrazione di caffeina aumenta la resistenza allo sforzo prolungato. Questo si realizza mediante una preferenziale utilizzazione dei lipidi come substrato energetico e conseguente risparmio del glicogeno muscolare. Quest'effetto risulta meno evidente nei soggetti che hanno una dieta ricca di carboidrati o che fanno regolare uso di caffeina (tramite l'assunzione di caffè).
6. L'assunzione di soluzioni relativamente concentrate di bicarbonato di sodio migliora la performance in attività di tipo anaerobico. Il riposizionamento dell'occlusione mandibolare e l'acido pangamico non hanno alcuna relazione con la performance.
7. L'emotrasfusione (*blood doping*) comporta un prelievo di sangue, la concentrazione e conservazione di globuli rossi e la reinfusione della pappa di globuli rossi prima della gara. La procedura consente di aumentare la capacità di trasporto dell'ossigeno da parte del sangue e anche il massimo consumo di ossigeno. I dati sperimentali di cui si dispone confermano l'utilità di questa procedura per migliorare la prestazione di tipo aerobico e il processo di termoregolazione.
8. Esiste una base fisiologica per spiegare i benefici indotti dal riscaldamento sulla performance. I benefici sono relativi alle proprietà contrattili e di rilasciamento dei muscoli, alla miglior vascolarizzazione e quindi maggior disponibilità di ossigeno e a una migliore trasmissione neuromuscolare. Inoltre esiste una forte componente di carattere psicologico e questa presumibilmente è molto maggiore della componente organica. Dati questi benefici non vi sono giustificazioni valide all'eliminazione della pratica del riscaldamento.
9. Un modesto riscaldamento è consigliabile prima di intraprendere un lavoro che implica una brusca erogazione di elevata potenza. La procedura consente di evitare i rischi di una relativa ischemia cardiaca.
10. La possibilità di respirare una miscela iperossica durante l'esecuzione del lavoro muscolare aumenta considerevolmente la capacità aerobica e quindi anche la resistenza, inoltre comporta una minor ventilazione polmonare a parità di intensità di lavoro e una minor produzione di acido lattico. Viceversa, la respirazione di una miscela iperossica per brevi periodi prima o successivamente a una prova atletica non ha alcun effetto benefico.
11. La procedura del carico glucidico risulta utile nel migliorare la resistenza al lavoro aerobico prolungato. La procedura comporta alcuni problemi sia di carattere organico che psicologico di cui il soggetto deve essere al corrente. È possibile ricorrere a una procedura modificata di carico glucidico che consente di ottenere gli stessi effetti senza comportare le stesse complicazioni.
12. Non risulta che programmi di allenamento pesanti diminuiscano la disponibilità di L-carnitina. Questo dato spiega perché tutti gli studi miranti a valutare gli effetti della somministrazione della L-carnitina non abbiano in effetti dimostrato alcun beneficio, anche con dosaggi particolarmente elevati.

## BIBLIOGRAFIA


1. Adams, R.P., and Welch, H.G.: Oxygen uptake, acid-base status, and performance with varied inspired oxygen fractions. *J. Appl. Physiol.*, 49:863, 1980.

1a. Ajayi, A.A.L., et al.: Testosterone increases human platelet thromboxane $A_2$ receptor density and aggregation responses. *Circulation*, 91:2742, 1995.

2. Alén, M., et al.: Response of serum hormones to androgen administration in power athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17:354, 1985.
3. American College of Sports Medicine: The use of anabolic-androgenic steroids in sports. *Sports Med. Bull.*, 19:13, 1984.
4. American Medical Association Council on Food and Nutrition: *JAMA*, 224:1418, 1973.
5. Anderson, D.E., and Hickey, M.S.: Effects of caffeine on the metabolic and catecholamine response to exercise in 5 and 28°C. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26:453, 1994.
6. Anselme, F., et al.: Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 65:188, 1992.
7. Barnard, R.J., et al.: Cardiovascular responses to sudden strenuous exercise: heart rate, blood pressure, and ECG. *J. Appl. Physiol.*, 34:883, 1973.
8. Barnard, R.J., et al.: Ischemic response to sudden strenuous exercise in healthy men. *Circulation*, 48:936, 1973.
9. Bergh, U., and Ekblom, B.: Physical performance and peak aerobic power at different body temperatures. *J. Appl. Physiol.*, 46:885, 1979.
10. Berglund, B., and Hemmingsson, P.: Effects of caffeine ingestion on exercise performance at low and high altitudes in cross-country skiers. *Int. J. Sports Med.*, 3:234, 1982.

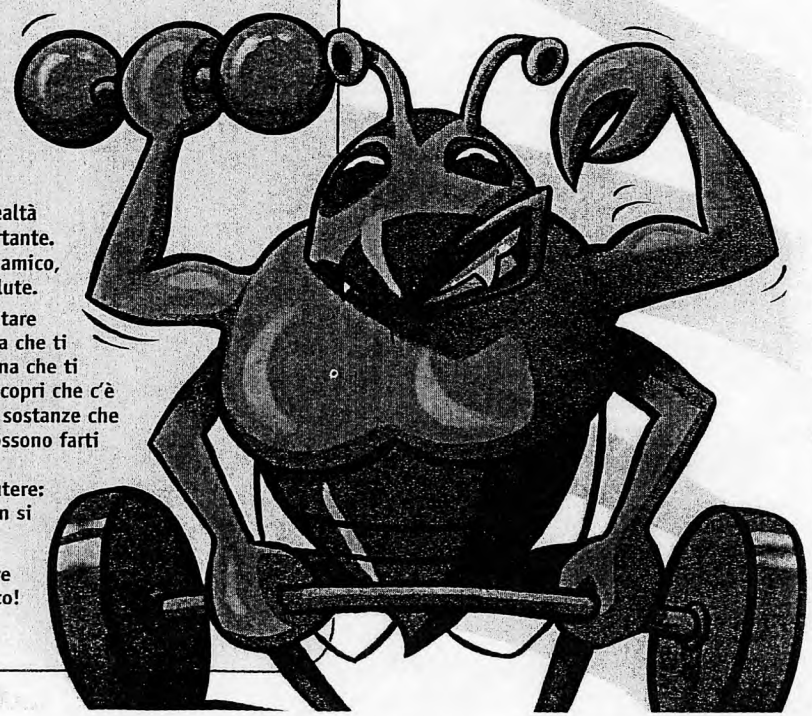
Le sostanze usate per migliorare in modo artificiale le prestazioni sportive possono fare malissimo. Dài! Leggi la tabella nella prossima pagina.

## Fatti furbo!

**Fai attività fisica? Ti hanno consigliato una "medicina"?**

- Ci sono molti modi per convincerti:
- "Se prendi questa medicina diventerai un campione."
- "Tranquillo. L'ho presa anche io! Che ti credi, mica fa male!"
- "Non penserai mica che ti sto dando qualcosa di illegale! Ma per chi mi hai preso??"
- "Guarda che lo faccio per te! Io non ci guadagno nulla!"
- Se resisti ci sono mille modi per farti sentire uno stupido, per insistere, fino a quando cedi:
- "Non la vuoi prendere? Peggio per te!"
- "Tutti lo fanno! Se solo tu non lo fai, sarai sempre ultimo."
- "Hai paura che ti faccia male?? Io pensavo che tu fossi un campione, ma se hai paura sei solo un bamboccio!"
- Se ti senti in difficoltà, se non sai come resistere, se ti restano dei dubbi (anche se ti hanno rassicurato), non fare tutto da solo: parlane con un adulto di tua fiducia, estraneo all'ambiente in cui ti è stata fatta la proposta.
- Hai difficoltà a parlarne? Pensi che se ne parli con qualcuno tradisci la fiducia di una persona che ti vuole bene (un tuo amico, un compagno di squadra, un preparatore)? Okay, hai ragione, la lealtà è un sentimento importante. Però ricorda: non è un amico, chi gioca con la tua salute.
- Se hai sbagliato a dubitare avrai la prova definitiva che ti puoi fidare della persona che ti ha consigliato, ma se scopri che c'è sotto un trucco, che le sostanze che ti hanno consigliato possono farti male o sono illegali, allora c'è poco da discutere: chi ha fatto questo, non si merita la tua lealtà!

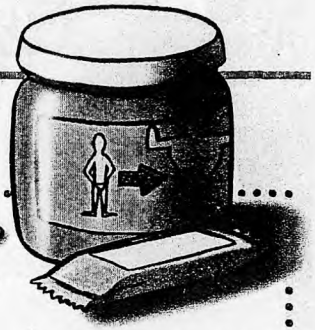
Chi ha fatto questo deve essere messo fuori gioco!



E torniamo alle mucche.
Sarà un caso, ma uno degli effetti collaterali della ***somatotropina*** (l'ormone della crescita) è la **Sindrome di Kreutzfeldt-Jakob**, cioè la malattia che chiamiamo "mucca pazza". Tanto perché tu lo sappia, comincia con alterazioni psicologiche, prosegue con disturbi del linguaggio, esplode con contrazioni muscolari incontrollate e termina con la morte. L'unico "vantaggio" è che siccome non ragioni più, non ti rendi conto di morire.

**Povere mucche!**

**E poveri noi, se per avere un paio di bicipiti ragioniamo con i glutei.**



# Forti da morire

## Gasati, gonfiati, praticamente fusi

| sostanze | effetto desiderato | effetti collaterali | effetti a lungo termine |
|---|---|---|---|
| **antidepressivi** | Combattere il dolore, l'ansia, la tensione. | Aggressività, confusione mentale, debolezza, tachicardia, tremori, aumento di peso. | Disturbi psichici, dipendenza, tolleranza. N.B. dosaggi particolarmente elevati possono essere mortali. |
| **ormoni androgeni (testosterone) e steroidi anabolizzanti** | Aumento della massa muscolare. | Ipertrofia prostatica, acne, scomparsa delle mestruazioni, caduta dei capelli, crescita di peli. Nausea, vomito, prurito, stitichezza. Ritenzione di acqua nei tessuti. Comportamento violento; depressione in caso di interruzione del trattamento. | Per gli uomini: aumento del rischio di tumore della prostata, impotenza. Per le donne: progressiva mascolinizzazione, modifiche dell'impulso sessuale. Per uomini e donne: sterilità, aumento del rischio di tumore al fegato. |
| **corticotropina (ACTH)** | Aumento della massa muscolare, aumento del rendimento fisico. | Aumento dello zucchero nel sangue, predisposizione al diabete; diminuita capacità muscolare, ossa e capillari fragili; aumento dei depositi di grasso (spalle, volto, addome). | Sindrome di Cushing (acne, atrofia muscolare, striature rosse, osteoporosi, irsutismo, ipertensione, obesità); diabete; minore resistenza alle infezioni; ulcera; alterazioni psicologiche (iperattività, insonnia, depressione). |
| **ormone della crescita (somatotropina o hGT o STH)** | Stimolare l'accrescimento del corpo in altezza e in massa muscolare. | Irsutismo (aumento dei peli su tutta la superficie corporea); ginecomastia (crescita della mammella maschile con aspetti simili a quelli della mammella femminile). | Gigantismo (crescita abnorme, con problemi alle articolazioni e forte dolore alle gambe); acromegalia (mani, piedi e mascella deformi); sindrome di Kreutzfeldt Jakob. |
| **eritropoietina** | Maggiore ossigenazione dei muscoli. | Trombosi (formazioni di grumi o coaguli di sangue in cuore, vene, arterie). | Invecchiamento precoce, degenerazione delle attività cerebrali. |
| **antiasmatici** | Miglioramento della capacità respiratoria. | Ansia, alterazione del ritmo cardiaco, alterazione della muscolatura liscia (utero, arterie). | Disturbi psichici. |
| **cortisonici** | Miglioramento delle prestazioni | Alterazioni del metabolismo, alterazioni della pelle, disturbi gastrici. | Diabete, minore resistenza alle infezioni, sindrome di Cushing, obesità, osteoporosi (ossa fragili, predisposizione alle fratture). |
| **antinfiammatori (FANS)** | Riduzione del tempo di recupero tra una gara e l'altra. | Nausea, vomito, ulcera; orticaria, insufficienza renale. | Emorragia da ulcera; stati confusionali, debolezza, tremori; disturbi cardiaci. |
| **ferro** | Maggiore ossigenazione dei muscoli. | Disturbi gastrici e digestivi, intossicazione. | Accumulo tossico in cuore e fegato, alterazioni del pancreas, dell'ipofisi e degli organi sensoriali. |

Gli **antidepressivi** sono farmaci per la cura di problemi psichici, impropriamente usati nella pratica sportiva; **androgeni** e **anabolizzanti** sono sostanze proibite; **corticotropina**, **ormone della crescita** e **eritropoietina** sono proibite e sono prodotti biotecnologici; l'uso dei **cortisonici** è consentito in casi particolari; **antiasmatici**, **antinfiammatori** e **ferro** non sono illegali ma il loro abuso, soprattutto in giovane età, può provocare danni anche gravi. Se trovi parole che non comprendi, controlla sul dizionario.