

William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch

FISIOLOGIA APPLICATA ALLO SPORT

Aspetti energetici, nutrizionali e performance

TERZA EDIZIONE



CASA EDITRICE AMBROSIANA

FISIOLOGIA

APPLICATA ALLO SPORT

Aspetti energetici, nutrizionali e performance

Terza edizione

Se vuoi accedere ai contenuti online riservati:

1. Vai su my.zanichelli.it
2. Clicca su *Università*.
3. Se non sei già registrato, clicca su *Registrati come studente*.
4. Segui i passaggi richiesti per la registrazione.
5. Riceverai un'email: clicca sul link per completare la registrazione.
6. Cerca la tua chiave di attivazione stampata in verticale sul bollino argentato in questa pagina.
7. Inseriscila nella tua area personale su my.zanichelli.it

La registrazione su my.zanichelli.it è unica per tutte le opere del catalogo.

Se ti sei già registrato, per accedere ai contenuti riservati di altri volumi è necessaria solo la relativa chiave di attivazione.

Le risorse online di questo libro sono pubblicate alla pagina online.universita.zanichelli.it/mcardle-3ed

William D. McArdle • Frank I. Katch • Victor L. Katch

FISIOLOGIA

APPLICATA ALLO SPORT

Aspetti energetici, nutrizionali e performance

Terza edizione italiana condotta sull'ottava edizione inglese

edizione italiana a cura di

Giorgio Fanò-Illic

Università degli Studi Gabriele D'Annunzio
di Chieti-Pescara

Giuseppe Miserocchi

Università degli Studi di Milano-Bicocca



CASA EDITRICE AMBROSIANA

Prefazione all'edizione inglese

Dalla prima edizione del manuale, più di trent'anni fa, le conoscenze sugli effetti fisiologici dell'attività fisica in generale e sulle risposte specifiche dell'organismo all'addestramento in particolare si sono moltiplicate. La ricerca condotta da Charles Tipton nel 1946 sull'uso dei termini *esercizio* e *sforzo* diede come risultato 12 ricorrenze in 5 riviste. Lo stesso ricercatore citava poi un'analisi del 1984, condotta da Frank Booth, che evidenziava come nell'anno 1962 il termine *sforzo* avesse raggiunto 128 ricorrenze in 51 riviste; nel 1981 erano passate a 655 in 224 riviste. Il grafico sotto riportato illustra l'enorme numero di ricorrenze dei termini *esercizio* e *sforzo* individuato in rete, tramite il database NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez), da una recente ricerca di *Index Medicus* (Medline) per il periodo compreso tra i primi anni 2000 e il 3 dicembre 2013. In soli 4 anni dalla pubblicazione della settima edizione di questo volume, il numero di ricorrenze è passato da 66 700 a

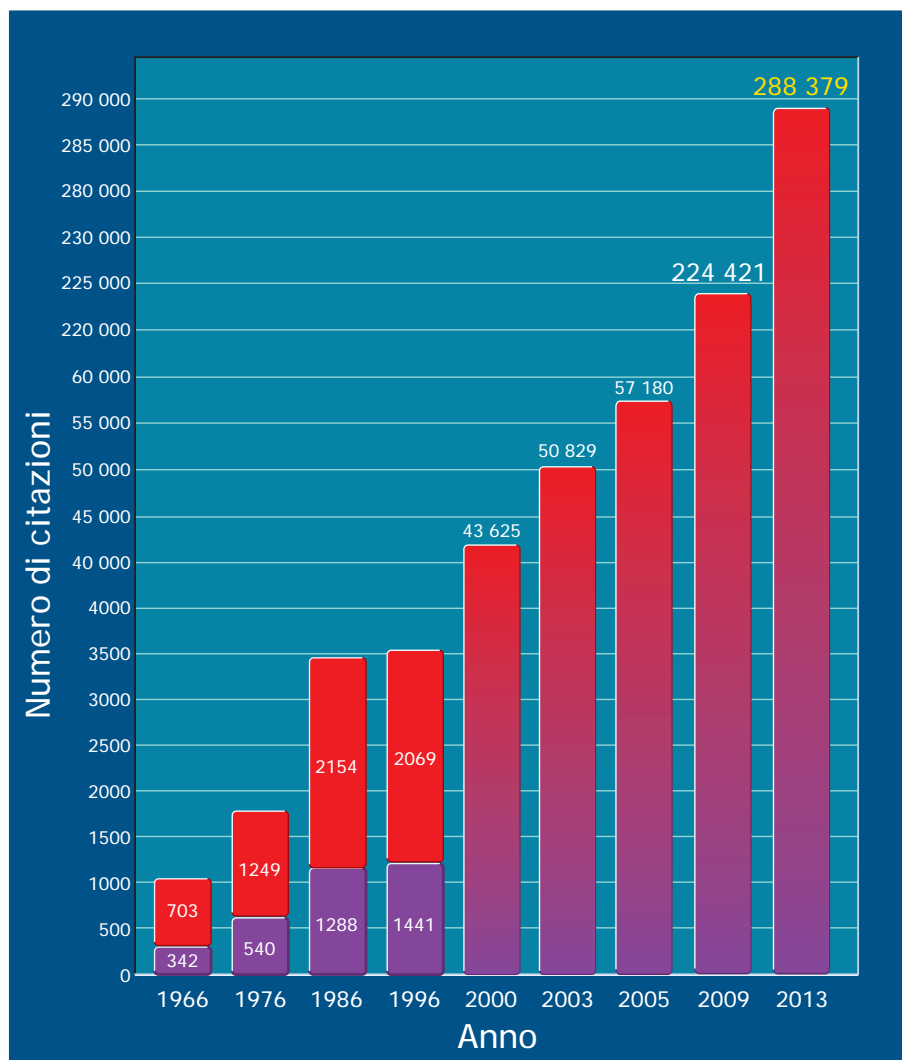
291 194, con un incremento del 29,8%! Nonostante un periodo di stasi tra il 1986 e il 1996, le ricorrenze sono costantemente aumentate oltre le nostre più rosee aspettative. Evidentemente, non avevamo compreso appieno quanto le tematiche connesse all'attività fisica avrebbero potuto influenzare la produttività accademica nell'ambito delle scienze biologiche. Con il crescente interesse dimostrato dalle professioni sanitarie all'argomento, il numero di ricorrenze indubbiamente continuerà ad aumentare.

Alla fine degli anni '60, appena laureati, mai avremmo immaginato che l'interesse per la fisiologia applicata allo sport sarebbe aumentato con tali proporzioni. Nuove generazioni di studenti si sono dedicate con impegno allo studio delle basi scientifiche dell'attività fisica. Alcuni hanno approfondito i meccanismi fisiologici di adattamento a una regolare attività

fisica, altri le differenze individuali nella pratica e nella performance sportiva. Entrambi gli approcci hanno contribuito a far crescere il settore della fisiologia dell'esercizio muscolare. Alla nostra prima conferenza internazionale (American College of Sports Medicine [ACSM], Las Vegas, 1967) sedemmo fianco a fianco con i "giganti" di quest'ambito scientifico, molti dei quali a loro volta erano stati allievi di grandi maestri. Diverse centinaia di membri dell'ACSM ascoltarono con grande attenzione i maggiori esponenti della fisiologia dello sport e della buona forma fisica (Erling Asmussen, Per-Olof Åstrand, Bruno Balke, Elsworth Buskirk, Thomas Cureton, Lars Hermansen, Steven Horvath, Henry Montoye, Bengt Saltin e Charles Tipton) mentre presentavano le loro ricerche e rispondevano alle acute domande di giovani laureati, impazienti di conoscere le ultime novità scientifiche dalla bocca di quei luminari.

Seduti sotto una grande tenda nel deserto del Nevada a fianco di uno dei maggiori fisiologi del mondo, il dr. David

Numero di citazioni relative al termine *esercizio* o *sforzo* (parte alta degli istogrammi) o della presenza di detti termini in articoli pubblicati su riviste scientifiche (parte bassa degli istogrammi) dal 1966 al 1996 (dall'*Index Medicus*). Le ultime tre colonne hanno utilizzato PubMed mediante Internet, attraverso una ricerca per citazioni dei termini *esercizio* o *sforzo*.





Albert R. Behnke

Bruce Dill (allora settantaquattrenne), ascoltammo la lezione del suo giovane assistente sulla termoregolazione nell'asino (*burro*) del deserto. Più tardi, uno di noi (Frank Katch) si sedette a fianco di un signore dai capelli bianchi per parlargli del suo progetto di tesi per il master. Soltanto in seguito, con sorpresa, scopri di essersi intrattenuto con il Capitano Albert R. Behnke, MD (1898-1993; Honor

Haward dell'ACSM nel 1976), il "padre" della valutazione della composizione corporea, i cui cruciali esperimenti di fisiologia subacquea hanno stabilito regole standard per la decompressione e l'uso di miscele di gas nelle immersioni profonde. I suoi studi pionieristici del 1942 sulla pesata idrostatica (che Frank Katch applicò poi nella sua tesi di master all'Università della California a Santa Barbara nel 1966), lo sviluppo di standard di riferimento per l'uomo e per la donna, nonché l'ideazione di un somatogramma basato su misure antropometriche, sono alla base di molti lavori contemporanei sulla valutazione della composizione corporea.

Da quell'incontro casuale ebbe inizio una lunga e fruttuosa amicizia con il dr. Behnke, fino alla sua morte nel 1993.

Nel corso degli anni abbiamo avuto la fortuna di lavorare con i migliori studiosi del nostro campo. William McArdle ha frequentato il dottorato all'Università del Michigan con il dr. Henry Montoye (membro fondatore dell'ACSM e suo presidente dal 1962 al 1963; Citation Award, 1973) e con il dr. John Faulkner (presidente dell'ACSM dal 1971 al 1972; Citation Award, 1973, ACSM Honor Award, 1992). Victor Katch ha fatto la sua tesi di Master presso l'Università della California a Berkeley, sotto la supervisione del dr. Jack Wilmore (presidente dell'ACSM dal 1978 al 1979; Citation Award, 1984 e primo editor di *Exercise and Sport Science Reviews*, 1973-1974) e ha svolto il dottorato con il dr. Franklin Henry (ACSM Honor Award, 1975; padre della ricerca sulle abilità motorie; autore del fondamentale articolo "Physical Education - An Academic Discipline", *JOHPER*, 1964; 35:32). Frank Katch ha conseguito il master sotto la guida del dr. Ernest Michael Jr. (allievo del dr. Thomas Kirk Cureton, pioniere della fisiologia dell'esercizio muscolare e della buona forma fisica; ACSM Honor Award, 1969) e della dr.ssa Barbara Drinkwater (presidente dell'ACSM dal 1988 al 1989; ACSM Honor Award, 1996) e successivamente ha frequentato il dottorato con il Prof. Franklin Henry all'Università della California a Berkeley.

Ripensando a quegli anni ci rendiamo conto che il successo che abbiamo avuto in ambito accademico lo dobbiamo ai nostri professori, costantemente impegnati a studiare lo sport, l'attività fisica e il movimento con un forte approccio scientifico e fisiologico. Essi hanno dimostrato per quale ragione è fondamentale che coloro che insegnano scienze motorie possiedano i fondamenti della fisiologia applicata allo sport.

Guardando oltre

Come già nella prima edizione di *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance* del 1981, questa ottava edizione riflette il nostro costante impegno nel tenere presente il contributo scientifico di differenti discipline che, insieme, contribuiscono a una comprensione più ampia della fisiologia dell'attività fisica. Come nelle edizioni precedenti, continuiamo a credere che la fisiologia applicata allo sport richieda l'integrazione di aree di studio pertinenti a nutrizione, biochimica, bioenergetica, fisiologia, medicina, allenamento e prestazioni sportive, e alle conseguenze sulla salute di un'attività fisica regolare. Tutti questi ambiti sono senz'ombra di dubbio connessi alla fisiologia dello sport così come oggi viene intesa. Per esempio, una corretta alimentazione ha a che vedere con uno stato di buona salute, un controllo efficace del peso e livelli ottimali di attività fisica e prestazione sportiva, mentre l'attività fisica regolare e l'allenamento rappresentano un importante strumento di controllo del peso corporeo migliorando il profilo generale di salute. Troviamo incoraggiante che medici e agenzie governative continuino a riconoscere (e oggi anche a promuovere) l'attività fisica regolare come fattore fondamentale delle strategie per la prevenzione e la cura di diverse condizioni patologiche, come il diabete, l'obesità, il cancro e le cardiopatie.

Siamo lieti di aver contribuito per piccola parte alla formazione di più di 400 000 studenti e laureati che hanno usato questo testo sin dalla prima edizione del 1981. Motivo di grande orgoglio è il fatto che alcuni dei nostri primi studenti abbiano fatto carriera universitaria e abbiano a loro volta scelto di adottare il nostro manuale per formare la prossima generazione di aspiranti insegnanti, ricercatori e professionisti dello sport. Continuiamo a essere profondamente grati ai nostri professori e mentori per aver acceso una scintilla che non si è più spenta. Speriamo che anche il nostro lettore, come noi, si appassioni alla fisiologia dello sport e alle scienze della prestazione fisica.

Terminiamo questa nostra breve riflessione citando una massima attribuita a Nicolas Camille Flammarion (1842-1925), astronomo e divulgatore scientifico francese: "*Ad veritatem per scientiam*", impressa in oro sull'ingresso dell'osservatorio e museo nel suo castello a Juvisy-Sur-Orge, fuori Parigi.

Organizzazione

Nel volume è stata mantenuta la struttura in otto sezioni, precedute da un'introduzione sulle origini della fisiologia dello sport. La sezione conclusiva "All'orizzonte", che nelle edizioni precedenti costituiva un'appendice, è diventata un capitolo numerato; ciò sta a indicare quanto la biologia molecolare rappresenti ormai un sapere consolidato delle scienze motorie. La grafica delle illustrazioni è stata profondamente rinnovata. Il testo continua la tradizione dei brevi inserti (evidenziati da un punto esclamativo iniziale) contenenti approfondimenti in relazione all'argomento trattato e risultati della ricerca contemporanea (per es. "Un solo minuto di esercizio massimale è in grado di migliorare il livello di attività fisica e il benessere" e "Consumare calorie in eccesso produce accumulo di grasso indipendentemente dalla fonte di nutrienti").

Caratteristiche

I seguenti elementi del volume hanno lo scopo di facilitare l'apprendimento dello studente.

- **Introduzione: uno sguardo al passato:** il testo introduttivo “Le radici storiche della fisiologia dell'esercizio” testimonia il nostro interesse e rispetto per le prime scoperte del settore, nonché per il contributo diretto o indiretto di vari ricercatori di entrambi i sessi.
- **Obiettivi del capitolo:** a inizio capitolo una sintesi completa degli obiettivi di apprendimento permette allo studente di prendere confidenza con gli argomenti trattati.
- **Materiali a supporto:** i rimandi a siti internet lungo il testo offrono allo studente l'opportunità di ampliare il proprio sapere.
- **In pratica:** ogni capitolo presenta in box dedicati gli aspetti applicativi degli argomenti trattati.
- **Domande di approfondimento:** le domande a risposta aperta incoraggiano gli studenti ad affrontare concetti complessi che non prevedono un'unica risposta “corretta”.
- **Progetto grafico:** le immagini e le tavole a colori continuano a essere elementi caratterizzanti del volume. Quasi tutte le figure sono state ripensate in modo da rendere i contenuti di maggior impatto visivo e di più immediata lettura, oppure sono state modificate evidenziandone i contenuti didattici a supporto del testo. Sono state inoltre aggiunte figure costruite sui dati più recenti della ricerca, nonché diverse illustrazioni di carattere anatomico. La nuova impostazione delle tabelle facilita la lettura dei dati essenziali.
- **Interviste:** il testo presenta al lettore nove scienziati contemporanei che, con il loro innovativo contributo di ricerca e la loro forte leadership, danno continuità alla tradizione delle precedenti generazioni di ricercatori. Gli scienziati in questione sono: Steven Blair, Frank Booth, Claude Bouchard, David Costill, Barbara Drinkwater, John Holloszy, Loring Rowell, Bengt Saltin e Charles Tipton. Essi meritano una menzione particolare per avere contribuito a svelare i meccanismi che stanno alla base delle risposte adattative

all'esercizio e della loro ricaduta sulla salute dell'uomo. Ogni personalità intervistata è stata collocata all'interno di una specifica sezione direttamente connessa al suo campo di ricerca, anche se per la molteplicità dei suoi interessi scientifici potrebbe trovare una collocazione in aree differenti. La passione di questi protagonisti della ricerca dovrebbe incoraggiare gli studenti di fisiologia dello sport a esprimere tutte le loro potenzialità sia in campo accademico, dell'insegnamento e della ricerca sia in altri ambiti professionali di eccellenza.

Materiali online

Bibliografia, Focus e Appendici: per l'edizione italiana sono disponibili online all'indirizzo online.universita.zanichelli.it/mcardle-3ed.

- La **bibliografia** propone i risultati della ricerca attuale pubblicati su riviste nazionali e internazionali.
- **Focus – Il punto sulla ricerca:** viene proposto il contributo scientifico fondamentale di un ricercatore affermato. Queste testimonianze permettono di comprendere, in una prospettiva storica, come le formulazioni teoriche prendano vita dalle ricerche applicative.
- Le **Appendici** contengono preziose informazioni circa i valori nutritivi, la spesa energetica, la valutazione metabolica attraverso la spirometria a circuito aperto, e molto altro ancora.

Novità dell'ottava edizione

Gli argomenti trattati vengono presentati secondo l'ordine delle precedenti edizioni, ma i contenuti sono stati aggiornati sulla base dei risultati della ricerca attuale nei diversi ambiti della fisiologia dello sport. Quasi tutte le figure sono state rinnovate e affiancate da immagini di anatomia umana di elevata qualità. Sono state aggiunte nuove tabelle e inseriti numerosi rimandi a siti web per offrire al lettore la possibilità di accedere a informazioni aggiornate sugli aspetti di maggior complessità della fisiologia dell'esercizio fisico. La parte conclusiva dal titolo “All'orizzonte” è stata trasformata in un capitolo vero e proprio data l'importanza sempre maggiore della biologia molecolare per la fisiologia dello sport.

Prefazione all'edizione italiana

Il testo *Exercise Physiology* è alla sua ottava edizione a testimonianza della continua attenzione data dagli Autori allo sviluppo di questa parte della fisiologia applicata dedicata all'attività fisica.

Bisogna innanzitutto riconoscere il successo conseguito dagli Autori nel raggiungere l'obiettivo di proporre al Sistema sanitario un'integrazione importante; quello cioè di usare i dati derivati da un approccio funzionale olistico come strumento utile per sviluppare un programma di medicina preventiva orientato, nello specifico, al ruolo che può essere svolto in questo senso dalla pratica sportiva. La presente edizione rappresenta la naturale evoluzione di un testo che, a ragione, rappresenta un "gold standard" internazionalmente riconosciuto per coloro che approcciano il problema degli adattamenti fisiologici e comportamentali indotti dall'esercizio fisico.

Rispetto alla precedente edizione il testo, snellito in molte parti propedeutiche di base, è reso di più agevole lettura in quanto razionalizza e lega in maniera più adeguata gli obiettivi della premessa con le considerazioni finali di ogni singolo capitolo.

Approfondisce, rispetto alla passata edizione, l'analisi dettagliata delle componenti legate all'alimentazione e delle problematiche ad essa connesse. La formulazione di solidi elementi di Scienze dell'Alimentazione, inclusi quelli derivanti da i nuovi principi nutrizionali e dalle interconnessioni metaboliche, sono trattati in un'ottica che fornisce la base per la loro applicazione alle dinamiche delle preparazioni atletiche oltre che agli aspetti clinici dei disturbi alimentari. Questa impostazione consente di inquadrare in maniera coerente le

complesse problematiche mediche – obesità, dismetabolismo, malattie cardiovascolari – che hanno un impatto devastante nella società attuale.

Anche per quanto riguarda gli aspetti cellulari e molecolari, la nuova edizione ha il merito di rendere espliciti e quindi più immediatamente comprensibili i meccanismi che in questi anni si sono rivelati fondamentali per studiare i fenomeni adattativi innescati dall'attività fisica, nonché il loro impatto sulla fisiopatologia di molti quadri clinici. È di rilievo la nuova e poderosa parte dedicata alla biologia molecolare (ben 80 pagine). Essa pone il quesito di come la genetica ed una migliore comprensione dei meccanismi di signaling possano aiutare a decifrare la complessa eziologia di molte e comuni patologie inabilitanti sul piano fisico.

È mantenuta nella presente edizione la prassi molto utile di collegare ai vari aspetti le appendici di richiamo storico sull'evoluzione delle conoscenze o dedicate specificamente alle applicazioni pratiche.

Il legame, che nel testo viene proposto tra ambienti conoscitivi apparentemente lontani ma concettualmente sempre collegati tra loro in maniera sintetica e chiara, rappresenta forse il punto di forza dell'ottava edizione di *Exercise Physiology*.

L'imponente corredo dei riferimenti bibliografici e le appendici citate sono disponibili online al sito online.universita.zanichelli.it/mcardle-3ed nella pagina dedicata al libro.

**Giorgio Fanò-Illic
Giuseppe Miserocchi**

Guida alla lettura

Per aiutare il lettore nella comprensione dei numerosi argomenti trattati in questa nuova edizione di *Fisiologia applicata allo sport*, gli Autori hanno inserito alcuni apparati e caratteristiche che rafforzano i concetti e ne facilitano l'apprendimento.



Obiettivi del capitolo

Un chiaro elenco all'inizio di ogni capitolo aiuta a identificare gli obiettivi principali.

Primo piano e interviste personali

Ogni singola sezione del libro si apre con un primo piano dedicato a un fisiologo dell'esercizio e con una personale intervista che ha lo scopo di stimolare il lettore a perseguire i propri obiettivi professionali.



TABELLA 22.6 Effetti di specifiche forme di allenamento sul muscolo scheletrico

Table with 3 columns: Fattore fisiologico, Fibre lente, Fibre rapide. Rows include Percentuali di composizione, Proprietà contrattili, Capacità ossidativa, etc.

base al criterio della specificità dell'allenamento, l'attivazione massimale delle fibre muscolari rapide comporta un aumento della potenza dei meccanismi di produzione di energia di tipo anaerobico.

L'allenamento di forza-potenza inoltre migliora l'utilizzo del glucosio sia nei muscoli normali che in quelli inattivati, migliorando l'attivazione della cascata dei ligno-resistenti, aumentando la concentrazione della segnalazione dell'insulina e aumentando la concentrazione della segnalazione di GLUT-4.

In Tabella 22.6 sono presentati i cambiamenti che avvengono a carico delle fibre muscolari scheletriche con specifici programmi di allenamento. In generale, l'attività fisica reprogrammi di fibre; tuttavia, le specifiche attività fisiche richiedono l'attivazione prevalente di fibre di un certo tipo rispetto a un altro.

Rimodellamento della cellula muscolare: attuali correnti di pensiero. Il muscolo scheletrico rappresenta un tessuto dinamico del cui stato durante tutta la vita.

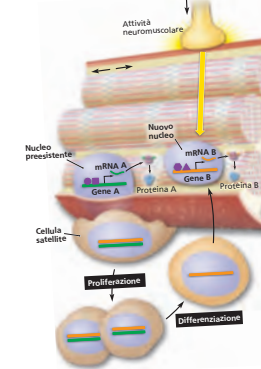


FIGURA 22.3 Modello dell'adattamento del muscolo scheletrico che coinvolge le cellule satelliti. Uno specifico gruppo di geni (gene A) che controlla le cellule satelliti, viene attivato in seguito a un aumento dell'attività neuromuscolare.

Una varietà di segnali molecolari intracellulari, primi fra tutti i fattori di crescita (per es. il fattore di crescita insulino simile - IGF-1), i fattori di crescita dei fibroblasti, il fattore TGF-beta e il fattore di crescita per gli epatociti, governano l'attività cellulare delle cellule satelliti e la possibilità di indurre proliferazione e differenziazione delle fibre muscolari sottoposte a ferite o a un esercizio fisico.

Una varietà di segnali molecolari intracellulari, primi fra tutti i fattori di crescita (per es. il fattore di crescita insulino simile - IGF-1), i fattori di crescita dei fibroblasti, il fattore TGF-beta e il fattore di crescita per gli epatociti, governano l'attività cellulare delle cellule satelliti e la possibilità di indurre proliferazione e differenziazione delle fibre muscolari sottoposte a ferite o a un esercizio fisico.

Apparato iconografico

Oltre 600 tra figure, tabelle, box e fotografie sono di grande aiuto nella comprensione dei diversi argomenti trattati.

IN PRATICA

Fattori che contribuiscono alla dipendenza dal fumo di sigaretta

La ricerca relativa alle correlazioni tra fumo di sigaretta ed esercizio fisico rimane scissa, tuttavia la maggior parte degli atleti di resistenza evita la sigaretta per paura di ridurre le proprie prestazioni a causa di una "perdita di fiato".

I soggetti che hanno iniziato a fumare da bambini hanno mostrato tassi più elevati di asma, dispnea e ridotta capacità funzionale polmonare con una relazione dose-dipendente rispetto alle loro abitudini al fumo.

PERCHÉ UNA PERSONA INIZIA A FUMARE? Soltanto una persona inizia a fumare senza avere particolari motivi. Il periodo adolescenziale, o anche prima, è l'età di esordio di un gran numero di fumatori.

IL TEST "WHY-DO-YOU-SMOKE" Si tratta di un test (vedi tabella) che serve a identificare le motivazioni che spingono una persona a fumare, fornendo un primo importante aiuto alla terapia psicologica per smettere di fumare.

PUNTEGGIO Ripetete il punteggio delle domande dei test negli spazi sottostanti, mettendo il punteggio della domanda A sulla linea A, quello della domanda B sulla linea B ecc. Sommate i punteggi di ciascuna linea e dividete il punteggio totale per il numero di domande.

La ricerca relativa alle correlazioni tra fumo di sigaretta ed esercizio fisico rimane scissa, tuttavia la maggior parte degli atleti di resistenza evita la sigaretta per paura di ridurre le proprie prestazioni a causa di una "perdita di fiato".

TABELLA 20.2 Ormoni prodotti da altri organi che non siano le maggiori ghiandole endocrine

Table with 4 columns: Ormoni, Composizione, Fonte e stimolo più la secrezione, Obiettivo e finalità. Lists hormones like Prostaglandine, Galattina, Enteropeptina, etc.

Il termine ormone entra nel lessico inglese Il termine ormone (dal greco hormao, "eccitare, rapido verso") entrò nel lessico inglese nel 1905.

SPECIFICITÀ TRA ORMONE E CELLULA TARGET

Esistono quattro modi in cui l'ormone può alterare le reazioni cellulari di una specifica cellula target: 1. modificare la velocità della sintesi proteica intracellulare stimolando il DNA nucleare.

IN PRATICA (continua)

Table titled 'Test "why-do-you-smoke"' with columns: Domanda, Sempre, Frequentemente, Occasionalmente, Raramente, Mai.

PUNTEGGIO

Ripetete il punteggio delle domande dei test negli spazi sottostanti, mettendo il punteggio della domanda A sulla linea A, quello della domanda B sulla linea B ecc. Sommate i punteggi di ciascuna linea e dividete il punteggio totale per il numero di domande.

La ricerca relativa alle correlazioni tra fumo di sigaretta ed esercizio fisico rimane scissa, tuttavia la maggior parte degli atleti di resistenza evita la sigaretta per paura di ridurre le proprie prestazioni a causa di una "perdita di fiato".

10000 recettori per cellula, oppure all'interno della cellula, come accade nel caso dei recettori per gli ormoni steroidei che, essendo liposolubili, passano attraverso la membrana plasmatica.

Legame ormone-recettore Il legame tra l'ormone e il recettore rappresenta il primo passo dell'azione ormonale. Il grado di attivazione della cellula target da parte di un ormone dipende da tre fattori:

1. concentrazione dell'ormone nel sangue; 2. numero di recettori per il dato ormone presenti sulla cellula target; 3. affinità (sensibilità o forza) del legame tra ormone e recettore.

La ricerca da parte di una cellula target all'ormone dipende soprattutto dalla presenza di specifici recettori. Per avere un'azione ormonale in modo complementare, i recettori si possono trovare sia sulla membrana della cellula target (fino a

10000 recettori per cellula, oppure all'interno della cellula, come accade nel caso dei recettori per gli ormoni steroidei che, essendo liposolubili, passano attraverso la membrana plasmatica.

Domande di approfondimento

Ricorrono più volte all'interno di ogni capitolo e pongono al lettore delle domande di riflessione relative all'argomento trattato.

Curiosità

Questi box, evidenziati da un punto esclamativo iniziale, contengono approfondimenti e risultati provenienti dalla ricerca contemporanea relativi agli argomenti trattati nel testo.

ISBN 978-88-08-98001-4

CAPITOLO 6 • Trasferimenti energetici nell'organismo 139

DOMANDA DI APPROFONDIMENTO

Se una persona normale immagazzina sufficiente energia come grasso corporeo per sostenere una corsa di 1200 km, perché agli atleti spesso accade di avere una prestazione scadente verso la fine di una maratona di 42 km eseguita a intenso metabolismo aerobico a velocità costante?

CATABOLISMO DEL GLICEROLO E DEGLI ACIDI GRASSI

La Figura 6.17 riassume le vie della degradazione di glicerolo e di acidi grassi che derivano dalla frammentazione della molecola di triacilglicerolo.

Glicerolo

Le reazioni anaerobiche della glicolisi accettano glicerolo come 3-fosfoglicerato. Questa molecola viene poi trasformata in piruvato per formare ATP a seguito della fosforilazione a livello del substrato. Gli atomi di idrogeno passano al NAD⁺ e il ciclo dell'acido citrico ossida il piruvato. La degradazione completa di una singola molecola di glicerolo sintetizza 19 molecole di ATP. Il glicerolo inoltre fornisce scheletri carboniosi per la sintesi di glucosio (vedi box "In pratica"). Il ruolo gluconeogenico vengono deputate da una dieta povera di carboidrati, da attività fisica prolungata o da allenamento intenso.

Acidi grassi

Le molecole di acidi grassi nei mitocondri si trasformano in acetyl-CoA durante la beta (β)-ossidazione. Questo comporta

DOMANDA DI APPROFONDIMENTO

Se maratoneti d'élite corrono a un'intensità di esercizio che non determina un apprezzabile accumulo di lattato ematico, perché alcuni atleti appaiono disorientati e affaticati e sono costretti a rallentare verso la fine della corsa di una competizione di 42 km?

ISBN 978-88-08-98001-4

CAPITOLO 30 • Sovrappeso, obesità e controllo del peso corporeo 755

ipertensione similmente al gruppo di donne più magre. L'obesità oggi, diversamente dal suo status precedente nel quale era elencato come un fattore in grado di contribuire al rischio, si colloca alla pari con gli altri quattro principali fattori di rischio per attacco cardiaco: il colesterolo alto, l'ipertensione, il fumo di sigaretta e lo stile di vita sedentario.

Cinque potenziali complicazioni mediche gravi del diabete

Retinopatia: altera la funzione neurologica portando a intorpidimento, debolezza, difficoltà nell'articolare parole, nella coordinazione motoria e nella deambulazione

Malattia dell'occhio: provoca insorgenza di punti ciechi retinici o, in caso estremo, cecità

Attacco di cuore: provoca attacchi cardiaci e insufficienza cardiaca congestizia

Malattia renale: causa insufficienza renale

Problemi circolatori: provocano piaghe che guariscono male. In situazioni estreme, si sviluppa cancro che può portare ad amputazione

Criteri per misurare il grasso in eccesso: quanto grasso è troppo grasso?

Nel Capitolo 28 abbiamo trattato i limiti dell'uso delle tabelle peso-altezza e del BMI per la valutazione della composizione corporea. Tre approcci più appropriati per misurare il contenuto di grasso di una persona includono:

1. Percentuale di massa corporea rappresentata dal grasso.
2. Distribuzione o pattern del grasso nelle diverse regioni anatomiche.
3. Dimensione e numero delle cellule adipose.

PERCENTUALE DI GRASSO CORPOREO

Come si determina il confine fra il livello di grasso corporeo normale e in eccesso? Nel Capitolo 28 abbiamo suggerito l'intervallo di normalità del grasso corporeo in uomini e donne adulti come la percentuale "media" del grasso corporeo ±1 deviazione standard. Per uomini e donne nella fascia di età compresa tra i 17 e i 50 anni, questa variazione equivale al 5% di unità di grasso corporeo. Usando questo limite statistico, il grasso in eccesso, dunque, corrisponde a un livello di grasso corporeo che eccede il valore medio del 5%. Per esempio, in uomini giovani il cui grasso corporeo è in media del 15% della massa

FIGURA 30.9 Rischio relativo multifattoriale per l'ipertensione in rapporto a modificazioni del peso corporeo dopo 18 anni di età. BMI = 18 anni di età. Rischio relativo per ipertensione, uso di contraccettivi orali, menopausa, uso di fumo di sigaretta. La linea rosa orizzontale indica il rischio normale. (Adattato con il permesso da Huang Z, et al. Body weight, weight change, and risk for hypertension in women. *Ann Intern Med* 1996;124:81.)

Risorse online

- **Bibliografia:** propone i risultati della ricerca attuale pubblicati su riviste nazionali e internazionali.
- **Focus – Il punto sulla ricerca:** ripropone il contributo scientifico fondamentale di un ricercatore affermato. Queste testimonianze permettono di comprendere, in una prospettiva storica, come le formulazioni teoriche prendano vita dalle ricerche applicative.
- **Appendici:** contengono preziose informazioni circa i valori nutritivi, la spesa energetica, la valutazione metabolica attraverso la spirometria a circuito aperto, e molto altro ancora.

Indice

Prefazione all'edizione inglese	VI
Ringraziamenti	IX
Prefazione all'edizione italiana	XI
Guida alla lettura	XII
Introduzione: uno sguardo al passato	XXI
<i>Intervista con Dr. Charles Tipton</i>	

PARTE PRIMA La fisiologia dell'esercizio 1

Sezione 1 Nutrizione: le basi della prestazione fisica 2

Intervista con Dr. David L. Costill

1	Carboidrati, lipidi e proteine	5
	PARTE PRIMA: Carboidrati	6
	Tipi e fonti di carboidrati	6
	Dosi giornaliere raccomandate di carboidrati	11
	Ruolo dei carboidrati nell'organismo	11
	Dinamiche dei carboidrati nell'attività fisica	12
	PARTE SECONDA: Lipidi	16
	La natura dei lipidi	16
	Tipi e fonti di lipidi	16
	Dosi raccomandate per l'assunzione di lipidi con la dieta	23
	Funzioni dei lipidi nel corpo	23
	Metabolismo lipidico nell'attività fisica	24
	PARTE TERZA: Proteine	27
	La natura delle proteine	27
	Tipi di proteine	28
	Assunzione proteica raccomandata	29
	Ruolo delle proteine nell'organismo	30
	Dinamiche del metabolismo proteico	31
	Bilancio dell'azoto	34
	Dinamiche delle proteine nell'attività fisica	35
2	Vitamine, minerali e acqua	38
	PARTE PRIMA: Vitamine	39
	La natura delle vitamine	39
	Tipi di vitamine	39
	Ruolo delle vitamine	39
	Definizione dei fabbisogni nutritivi	40
	Esercizio, radicali liberi e antiossidanti	45
	L'integrazione vitaminica fornisce un vantaggio competitivo?	47
	PARTE SECONDA: Minerali	49
	La natura dei minerali	49
	Ruolo dei minerali	49
	Calcio	50

La triade dell'atleta donna: un problema inaspettato nelle donne che si allenano intensamente	57
Fosforo	58
Magnesio	58
Ferro	59
Sodio, potassio e cloro	63
Minerali e prestazione fisica	66
PARTE TERZA: Acqua	67
Il contenuto di acqua del corpo	67
Bilancio idrico: entrate contro uscite	67
Fabbisogno di acqua nell'esercizio fisico	69

3	Alimentazione ottimale per l'attività fisica	73
	Fabbisogno nutrizionale per soggetti fisicamente attivi	74
	I principi per una buona alimentazione	79
	MyPlate: una guida per il mangiare sano	79
	Attività fisica e alimentazione	81
	Il pasto pre-gara	85
	Alimenti a base di carboidrati prima, durante l'esercizio e nel periodo di recupero dall'attività fisica	88
	Assunzione di glucosio, elettroliti e acqua	93

Sezione 2 Energia per l'attività fisica 97

Intervista con Dr. John O. Holloszy

4	Valore energetico degli alimenti	100
	Misura dell'energia alimentare	101
5	Introduzione al trasferimento di energia	107
	Energia – capacità di compiere lavoro	108
	Interconversioni energetiche	110
	Lavoro biologico nella specie umana	111
	Enzimi e coenzimi alterano la velocità del rilascio di energia	112
	Idrolisi e condensazione: la base per digestione e reazioni di sintesi	116
6	Trasferimenti energetici nell'organismo	121
	PARTE PRIMA: Energia del legame fosforico	122
	Adenosina trifosfato: la moneta energetica	122
	Fosfocreatina: la riserva di energia	124
	Ossidazione cellulare	125
	Ruolo dell'ossigeno nel metabolismo energetico	127
	PARTE SECONDA: Rilascio di energia da parte di macronutrienti	128
	Rilascio di energia dai carboidrati	128
	Rilascio di energia dai lipidi	138
	Rilascio di energia dalle proteine	142
	La fabbrica metabolica: relazioni tra metabolismo di carboidrati, lipidi e proteine	142

7	Trasferimento energetico durante l'attività fisica	145			
	Energia di utilizzo immediato: il sistema ATP-PCr	146			
	Il sistema di energia a breve termine dell'acido lattico	146			
	Energia a lungo termine: il sistema aerobico	147			
	Spettro energetico dell'attività fisica	151			
	Consumo di ossigeno durante il recupero	152			
8	Misura del metabolismo energetico	159			
	Metodi di misura del calore prodotto dall'organismo	160			
	La tecnica della doppia marcatura dell'acqua	165			
	Quoziente respiratorio	167			
	Quoziente respiratorio esterno	169			
9	Costo energetico a riposo e durante il lavoro muscolare nell'uomo	172			
	PARTE PRIMA: Costo energetico a riposo	173			
	Metabolismo basale e a riposo	173			
	Concetto di taglia metabolica	173			
	Metabolismo umano: comparazione tra età e sesso	174			
	Cinque fattori che influenzano il dispendio energetico giornaliero	177			
	PARTE SECONDA: Costo energetico delle attività fisiche	180			
	Classificazione delle attività fisiche in base al costo energetico	180			
	MET	181			
	Dispendio energetico giornaliero medio	181			
	Dispendio energetico di attività domestiche, industriali e ricreative	182			
	Uso della frequenza cardiaca per stimare il livello di dispendio energetico	183			
10	Costo energetico di marcia, jogging, corsa e nuoto	185			
	Costo energetico totale e costo netto	186			
	Rendimento del gesto atletico	186			
	Costo energetico della marcia	188			
	Costo energetico della corsa	191			
	Nuoto	200			
11	Misura della potenza erogata e differenze interindividuali	205			
	Specificità vs generalità della capacità metabolica e della performance durante l'esercizio	206			
	Panoramica del ruolo dei sistemi esoergonici nell'attività fisica	206			
	Sistema esoergonico anaerobico: sistema ATP-CP (immediato) e glicolitico lattacido (a breve termine)	207			
	Meccanismo esoergonico aerobico: sistema energetico a lungo termine	214			
Sezione 3					
Sistema aerobico della distribuzione e utilizzo dell'energia			225		
<i>Intervista con Dr. Loring B. Rowell</i>					
12	Struttura e funzione del sistema respiratorio	228			
	Superficie di scambio dei gas	229			
	Anatomia della ventilazione	229			
	Meccanica respiratoria	230			
	Volumi e capacità polmonari	233			
	Funzionalità polmonare, allenamento e performance fisica	235			
	Ventilazione polmonare	236			
	Modificazioni della normale respirazione	239			
	Le vie aeree durante attività fisica in clima freddo	241			
13	Scambio e trasporto di gas	243			
	PARTE PRIMA: Scambio di gas nei polmoni e nei tessuti	244			
	Concentrazioni e pressioni parziali dei gas respirati	244			
	Scambi diffusivi dei gas e solubilità	245			
	Scambio di gas nei polmoni e nei tessuti	246			
	PARTE SECONDA: Trasporto dell'ossigeno	248			
	Trasporto dell'ossigeno nel sangue	248			
	PARTE TERZA: Trasporto dell'anidride carbonica	255			
	Trasporto dell'anidride carbonica nel sangue	255			
14	La ventilazione polmonare	258			
	PARTE PRIMA: Regolazione della ventilazione polmonare	259			
	Controllo ventilatorio	259			
	Regolazione della ventilazione durante attività fisica	261			
	PARTE SECONDA: Ventilazione polmonare durante l'attività fisica	263			
	Ventilazione e fabbisogno energetico durante attività fisica	263			
	Costo energetico della respirazione	266			
	Può la ventilazione polmonare limitare la potenza aerobica e la performance in prove di resistenza?	269			
	PARTE TERZA: Regolazione acido-base	271			
	Tamponamento	271			
	Tamponi fisiologici	272			
	Effetto dell'attività fisica intensa	273			
15	Il sistema cardiovascolare	274			
	Componenti del sistema cardiovascolare	275			
	Iperensione	286			
	Risposta della pressione all'attività fisica	288			
	Perfusione del miocardio	291			
	Metabolismo del miocardio	293			
16	Regolazione del sistema cardiovascolare	295			
	Regolazione intrinseca della frequenza cardiaca	296			
	Regolazione estrinseca della frequenza cardiaca e della circolazione	297			
	Distribuzione di sangue	304			
	Risposta integrata all'attività fisica	306			
	Attività fisica dopo trapianto di cuore	307			
17	Capacità funzionale del sistema cardiovascolare	310			
	Gittata cardiaca	311			
	Gittata cardiaca a riposo	312			
	Gittata cardiaca durante attività fisica	313			
	Distribuzione della gittata cardiaca	316			
	Gittata cardiaca e trasporto dell'ossigeno	317			
	Adattamenti cardiovascolari nell'attività fisica eseguita con gli arti superiori	321			

18	Muscolo scheletrico: struttura e funzione	323	22	Forza muscolare: come allenare i muscoli a esercitare maggior forza	462
	Organizzazione macroscopica del muscolo scheletrico	324		PARTE PRIMA: Misura della forza muscolare e allenamento di forza e potenza	463
	Ultrastruttura del muscolo scheletrico	328		Obiettivi di un allenamento di forza-potenza	465
	Allineamento delle fibre muscolari	331		Misura della forza muscolare	465
	Disposizione dei filamenti di actina e miosina	334		Differenza di forza muscolare tra i sessi	470
	Eventi chimici e meccanici durante contrazione e rilasciamento muscolare	336		Come allenare i muscoli alla forza	474
	Tipologia delle fibre muscolari	342		PARTE SECONDA: Modificazioni strutturali e funzionali indotte dall'allenamento di forza	492
	Geni che codificano per il fenotipo muscolare scheletrico	346		Fattori che modificano la forza muscolare	492
	Le differenti tipologie di fibre muscolari nei diversi gruppi di atleti	348		Paragone tra maschi e femmine nella risposta all'allenamento	500
19	Controllo neuromuscolare	350		Effetto del disallenamento sui muscoli	501
	Organizzazione anatomo-funzionale del sistema nervoso	351		Allenamento basato sul potenziamento muscolare e metabolismo	502
	Innervazione muscolare	358		<i>Circuit training</i> per allenamenti di forza e potenza	502
	Proprietà funzionali dell'unità motoria	363		Dolore e rigidità muscolare	503
	Recettori muscolari tendinei e articolari: i propriocettori	369	23	Ausili ergogenici per migliorare la condizione atletica e le prestazioni	508
20	Il sistema endocrino: organizzazione e risposta acuta e cronica all'attività fisica	373		La difficile sfida verso una leale competizione	509
	Una visione d'insieme del sistema endocrino	374		All'orizzonte	510
	Organizzazione del sistema endocrino	374		PARTE PRIMA: Farmaci per effetti ergogenici	513
	Secrezione ormonale a riposo e durante l'attività fisica	380		PARTE SECONDA: Interventi non farmacologici ad azione ergogenica	540
	Ormoni sessuali	390			
	Allenamento e funzioni endocrine	403			
	Allenamento alla forza e funzioni endocrine	411			
	Peptidi oppioidi e attività fisica	412			
	Attività fisica, incidenza delle infezioni, cancro e risposta immunitaria	413			
PARTE SECONDA Fisiologia applicata all'esercizio fisico 419			Sezione 5 Esercizio, performance e fattori ambientali 562 <i>Intervista con Barbara Drinkwater</i>		
Sezione 4 Aumento della capacità di trasferimento energetico 420 <i>Intervista con Bengt Saltin</i>			24	Attività fisica a quote medie ed elevate	565
	21	Allenamento delle capacità aerobiche e anaerobiche	423	Lo stress dell'altitudine	566
		Principi dell'allenamento	424	Acclimatazione	568
		Come l'allenamento è in grado di influenzare il sistema anaerobico	427	Capacità metabolica, fisiologica ed esercizio in quota	576
		Allenamento che comporta modificazioni del sistema anaerobico	427	Allenamento in quota e prestazione a livello del mare	578
		Come l'allenamento modifica il sistema aerobico	428	Associare il soggiorno in quota con allenamenti a bassa quota	579
		Fattori che influenzano la risposta all'allenamento aerobico	439	25	Esercizio e stress termico
		Quanto tempo serve perché si vedano i miglioramenti?	447		PARTE PRIMA: I meccanismi della termoregolazione
		Come mantenere la capacità aerobica	448		Equilibrio termico
		Metodi di allenamento	449		Regolazione ipotalamica della temperatura
		Sovrallenamento: il troppo finisce per nuocere	454		Termoregolazione al freddo: produzione e conservazione di calore
		Esercizio fisico durante la gravidanza	456		Termoregolazione al caldo: dispersione del calore
					Effetto dell'abbigliamento sulla termoregolazione
					PARTE SECONDA: Termoregolazione e attività fisica in condizioni di stress ambientali
					Attività fisica in ambienti caldi
					Mantenimento del bilancio dei liquidi: reidratazione e iperidratazione
					Fattori che modificano la tolleranza al caldo
					Complicanze legate all'eccessivo stress da calore

PARTE TERZA: Termoregolazione e stress da freddo ambientale durante l'attività fisica	605
Attività fisica al freddo	605
Acclimatazione al freddo	606
Quando il freddo è troppo freddo?	607

26 Sport subacqueo	609
Storia delle immersioni dall'antichità al presente	610
Relazioni pressione-volume in funzione della profondità	618
Immersione in apnea e con maschera	619
Immersione con autorespiratori (scuba diving)	624
Problematiche nella respirazione di gas a pressioni elevate	627
Immersioni a profondità eccezionali: miscele di gas	632
Costo energetico del nuoto subacqueo	634

27 Microgravità: l'ultima frontiera	637
L'ambiente senza peso	638
Panoramica della storia della fisiologia e della medicina aerospaziale	644
L'era moderna	647
Valutazione medica per la selezione degli astronauti	650
Osso	653
Strategie di contromisure	666
Panoramica sulle risposte fisiologiche ai voli spaziali	675
La nuova visione della NASA per il futuro dell'esplorazione dello spazio	679
Benefici pratici derivanti dalla ricerca nel campo della biologia spaziale	681
In conclusione	681

Sezione 6 Composizione corporea, bilancio energetico e controllo del peso **686**

Intervista con Dr. Claude Bouchard

28 Valutazione della composizione corporea	689
Sovrappeso, eccesso di grasso e obesità: nessuna uniformità di terminologia	690
L'indice della massa corporea: uno standard clinico popolare	691
Composizione del corpo umano	697
Metodi comuni per valutare la composizione corporea	700
Percentuale media di grasso corporeo	719
Come determinare un peso corporeo ottimale	720

29 Struttura fisica, performance e attività fisica	722
Caratteristiche fisiche dei campioni	723
Limiti superiori per la massa corporea senza grasso (FFM)	740

30 Sovrappeso, obesità e controllo del peso corporeo	743
PARTE PRIMA: Obesità	
Prospettiva storica	744
L'obesità rimane un'epidemia mondiale	744
Aumento del grasso corporeo: un processo progressivo a lungo termine	747
Influenza della genetica sull'accumulo di grasso corporeo	749

Inattività fisica: una componente importante nell'accumulo eccessivo di grasso	751
Rischi per la salute da un eccessivo grasso corporeo	753
Criteri per misurare il grasso in eccesso: quanto grasso è troppo grasso?	755

PARTE SECONDA: Principi del controllo del peso: dieta e attività fisica	763
Bilancio energetico: input versus output	763
Dieta per il controllo del peso	764
Fattori che influiscono sulla perdita di peso	775
Aumento dell'attività fisica per il controllo del peso	775
Efficacia dell'attività fisica regolare	778
Raccomandazioni sulla perdita di peso per lottatori e atleti che svolgono sport di potenza	785
L'aumento di peso: il dilemma dell'atleta agonista	786

Sezione 7 Attività fisica, invecchiamento e prevenzione delle malattie **789**

Intervista con Dr. Steven N. Blair

31 Attività fisica, salute e invecchiamento	792
L'ingrignarsi dell'America	793
La nuova gerontologia	793

PARTE PRIMA: Attività fisica nella popolazione	795
Epidemiologia dell'attività fisica	795

PARTE SECONDA: Funzioni fisiologiche e invecchiamento	801
Andamento delle capacità fisiche in funzione dell'età	801
Allenabilità ed età	811

PARTE TERZA: Attività fisica, salute e longevità	812
Attività fisica, salute e longevità	812
L'attività fisica regolare di intensità moderata assicura benefici reali sulla salute	813

PARTE QUARTA: Coronaropatia	815
Modificazioni a livello cellulare	815
Fattori di rischio coronarico	818

32 Attività fisica come forma di riabilitazione nel cancro, nelle malattie cardiovascolari e polmonari	829
Ruolo del fisiologo dell'esercizio in ambiente clinico	830
Programmi di insegnamento e certificazioni per diventare un fisiologo dell'esercizio professionista	832
Applicazioni cliniche della fisiologia dell'esercizio a differenti patologie e disordini	832
Oncologia	832
Patologia cardiovascolare	837
Diagnostica cardiologica	843
Protocolli dei test da sforzo	852
Prescrizione dell'attività fisica e dell'esercizio	854
Riabilitazione cardiaca	858
Malattie polmonari	859
Attività fisica e asma	867
Malattie, disabilità e disordini neuromuscolari	869
Malattie renali	870
Malattie e disordini cognitivi/emozionali	871

Sezione 8 All'orizzonte

874

Intervista con Dr. Frank Booth

33

Biologia molecolare: una nuova visione per la fisiologia dell'esercizio 877

Viaggio nella storia della biologia molecolare	880
Rivoluzione nelle scienze biologiche	882
Genoma umano	884

Acidi nucleici	885
La mitosi cellulare: come si replica il DNA	894
Sintesi proteica: trascrizione e traduzione	898
Mutazioni	915
Nuovi orizzonti nella biologia molecolare	922
Ricerca sulle prestazioni umane	947
Dare forma al futuro	951

Indice analitico	954
-------------------------	-----

MATERIALE ONLINE

FOCUS – Il punto sulla ricerca

- Le proteine e l'attività fisica: quante ne occorrono?
- Atlete con osteoporosi
- Il possibile effetto della dieta sullo stato di salute
- Risposta termogenica correlata all'obesità
- Determinazione valida del consumo di ossigeno
- Metabolismo aerobico ed esercizio
- Una sfida alla saggezza popolare
- Quoziente respiratorio e substrati energetici
- Fattori che influiscono sul debito di ossigeno
- Più ci muoviamo più spendiamo
- Un'importante misura della capacità cardiovascolare
- Controllo della ventilazione polmonare
- Un tessuto straordinariamente adattabile
- Determinare l'inizio del metabolismo anaerobico
- Intensità di esercizio ottimale per migliorare la performance atletica
- Variazione età-dipendente della funzionalità cardiovascolare
- Conseguenze dell'interruzione di un'attività fisica regolare
- Un tessuto in grado di rispondere all'attività fisica
- La fatica muscolare: un fenomeno complesso
- L'intensità dell'allenamento ha effetti sul rilascio dell'ormone della crescita
- Natura altamente specifica della risposta all'allenamento
- Sviluppare la forza muscolare aumentando il carico di lavoro, non il numero delle ripetizioni
- Gli effetti ergogenici della caffeina
- Alta quota: un ambiente ostile
- Stress da calore e dinamiche cardiovascolari nell'esercizio
- Il consumo di ossigeno e il nuoto subacqueo
- Gli effetti della microgravità sulle fibre muscolari
- Sovrappeso ma non obeso
- Analisi della composizione del corpo umano tramite dissezione
- Tendenza genetica ad aumentare di peso
- Sedentarietà: un rischio significativo di coronaropatia
- L'efficienza fisica protegge contro la morte

APPENDICI

- A** Bibliografia dei contributi significativi alla letteratura della fisiologia dell'esercizio
- B** Contributi scientifici di tredici eccellenti scienziate donne
- C** Premi e onorificenze degli intervistati
- D** Il sistema metrico e le costanti di conversione nella fisiologia dell'esercizio
- E** Valori nutrizionali per cibi comuni, bevande alcoliche e non alcoliche e prodotti di fast-food
- F** Dispendio energetico in attività casalinghe, ricreative, lavorative e sportive
- G** Standardizzazione dei volumi di gas: fattori ambientali
- H** Link per animazioni supplementari e video
- I** Dichiarazione antidoping della United States Olympic Committee (USOC) su sostanze proibite e metodi
- J** Risultati dei programmi spaziali umani di Stati Uniti e Russia: dal Progetto Mercury all'International Space Station
- K** Microgravità
- L** Valutazione della composizione corporea
- M** Bibliografia selezionata: ricerca umana e animale e biologia molecolare (2009-2013)

PARTE
PRIMA

La fisiologia
dell'esercizio



SEZIONE 1

Nutrizione:
le basi
della prestazione
fisica

SEZIONE 2

Energia
per l'attività fisica

SEZIONE 3

Sistema aerobico
della distribuzione
e utilizzo dell'energia

Nutrizione: le basi della prestazione fisica

VISIONE D'INSIEME

Esiste un connaturato legame tra nutrizione e attività fisica. Un'adeguata nutrizione è alla base della prestazione fisica; essa fornisce il substrato energetico e i composti chimici che contengono energia potenziale, la cui liberazione consente di compiere il lavoro a carico dei diversi tessuti. Inoltre, i vari nutrienti riforniscono l'organismo degli elementi necessari al riparo e alla rigenerazione di nuove cellule nei diversi tessuti.

Alcuni pensano che sia sufficiente una dieta ben bilanciata per fornire un adeguato apporto nutrizionale per l'attività fisica e l'esercizio, e perciò conoscenze approfondite di nutrizione e alimentazione sono di scarsa importanza per lo studio della fisiologia dell'esercizio fisico. Noi invece pensiamo che lo studio dell'attività motoria nell'uomo, inquadrata dal punto di vista energetico e delle capacità prestantive, debba includere un'accurata descrizione delle fonti energetiche e delle conoscenze del ruolo svolto dai vari nutrienti nei processi esoergonici. In quest'ottica uno specialista può valutare l'importanza di un'adeguata alimentazione nell'ambito dell'attività fisica e inoltre considerare criticamente

eventuali richieste di integrazione, o particolari modifiche del regime dietetico finalizzate al miglioramento della prestazione fisica. I vari nutrienti forniscono energia e regolano i processi fisiologici prima, durante e dopo l'attività fisica; un miglioramento della prestazione è quindi legato a modifiche del regime alimentare. Molto spesso gli atleti sacrificano tempo ed energia per ottimizzare la prestazione, per poi fallire a causa di regimi alimentari inadeguati, controproducenti e addirittura pericolosi.

I tre capitoli che seguono trattano le sei principali categorie di nutrienti – carboidrati, lipidi, proteine, vitamine, sali minerali e acqua – e si propongono, nell'ambito della fisiologia dell'esercizio fisico, di rispondere alle seguenti domande correlate con la nutrizione:

Cosa sono i nutrienti?

Dove si trovano?

Quali sono le loro funzioni?

Qual è il loro ruolo nell'attività fisica?

Come un regime alimentare ottimale influenza la prestazione fisica e l'allenamento?



INTERVISTA CON

Dr. David L. Costill

Studi: BS (Ohio University, Athens, OH); MED (Miami University, Oxford, OH); PhD (Physiology, Ohio State University, Columbus, OH)

Incarico attuale: Professore Emerito, John and Janice Fisher Chair in Exercise Science, Ball State University, Muncie, IN

Premi, riconoscimenti e onorificenze anche della prestigiosa American College of Sports Medicine (ACSM): riportati nell'Appendice C, disponibile online al sito: online.universita.zanichelli.it/mcardle-3ed

Campi di ricerca: gli interessi scientifici sono indirizzati a diverse aree di ricerca tra cui: bilancio dei fluidi corporei, metabolismo glucidico nel muscolo scheletrico umano,

termoregolazione durante l'esercizio fisico, risposte fisiologiche in corridori e nuotatori, la maratona negli anziani, e cambiamenti morfo-funzionali delle fibre muscolari a seguito di immobilità o microgravità conseguente a permanenza nello spazio

Pubblicazione principale: Costill D.L. *et al.*, Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes, *J. Appl. Physiol.*, 1976; 40:149

Che cosa l'ha indotta a intraprendere la ricerca nell'ambito dell'esercizio fisico?

► Cresciuto nell'Ohio, sono sempre stato attratto dallo studio della biologia e della fisiologia, sebbene non abbia mai pensato a queste materie come oggetto di studio. Fin dall'età di otto anni mi incuriosiva sapere perché gli animali fossero diversi fra loro e come funzionasse il loro organismo.

Al college i miei principali interessi erano focalizzati sull'anatomia e sulla fisiologia più che sull'educazione fisica. Ero un semplice studente soddisfatto di partecipare a tutte quelle attività che ero in grado di svolgere agevolmente. Il mio unico interesse nell'attività fisica era risultare idoneo al nuoto. Durante l'ultimo anno di college mi sono iscritto a un corso e mi fu assegnato un progetto di ricerca con 30 ratti. Il progetto non era di grosse pretese, ma potevo svolgerlo da solo e imparai che il mio modo di far ricerca stava cambiando. Il mio primo contatto con la fisiologia dell'esercizio fisico è stato, dopo la laurea, all'Università di Miami nell'Ohio. Il Prof. Fred Zeckman, del Dipartimento di Zoologia, mi offrì un corso di fisiologia dell'esercizio per sei studenti. Ancora una volta il progetto di svolgere un corso prevedeva una raccolta dati, processo che avevo già trovato interessante. Dopo aver insegnato per tre anni Biologia e Scienze nelle scuole superiori e aver allenato tre squadre, decisi che era giunto il momento di provare a diventare un allenatore in una piccola Università. Così ho cominciato il dottorato di ricerca. In quel periodo diventai molto amico di Dick Bowers ed Ed Fox, due borsisti che si stavano specializzando in fisiologia dell'esercizio sotto la direzione del Dr. D.K. Mathews. Non ci volle molto a convincermi a lavorare con loro in laboratorio.

Che peso ha avuto la sua formazione scolastica nella scelta finale della sua carriera?

► Mi ha permesso di conseguire il diploma e il lavoro di insegnante. Solo dopo aver insegnato per diversi anni ho capito

cosa realmente mi sarebbe piaciuto fare. Dopo un anno all'Università dell'Ohio, mi sono trasferito a Cortland (alla State University di New York), dove sono stato allenatore di corsa campestre e nuoto per due anni. Sebbene partecipassi agli allenamenti, non potevo però reclutare o allenare ragazzi. Così decisi di concentrare la mia energia sulla ricerca. La fisiologia dell'esercizio mi permetteva di fare ricerca in un'area che comprendeva diversi aspetti pratici. I miei primi studi furono sui corridori, considerando l'esperienza acquisita ad allenare atleti a Cortland. E forse, non a caso, alcuni di questi corridori, come per esempio Bob Fitts e Bob Gregor, sono diventati famosi nel campo dell'esercizio fisico.

Quali sono state le persone più importanti nella sua carriera e perché?

► Dr. Bob Bartels: è stato il mio allenatore di nuoto al college. All'inizio mi prese nella squadra delle matricole, anche se ero uno dei meno dotati. Ci sono stati momenti, durante il mio ultimo anno in cui ero co-capitano, in cui ho creduto che ci ripensasse! Bob è stato anche una figura fondamentale per la mia ammissione all'Università di Miami e dell'Ohio (OSU). Senza il suo aiuto probabilmente starei ancora insegnando Scienze alle scuole superiori nell'Ohio.

Dr. David Bruce Dill: ho lavorato con Bruce nell'estate del 1968. Le sue sagge parole e i consigli mi hanno guidato nella giusta direzione.

Dr. Bengt Saltin e Dr. Phil Gollnick: dopo aver conseguito il dottorato all'OSU, avevo uno scarso curriculum scientifico e nessuna esperienza specialistica. Nel 1972 ho trascorso sei mesi con Phil e Bengt, nel laboratorio diretto da quest'ultimo a Stoccolma. Li ho imparato tanto lavorando con loro e tutta la "gang" (Jan Karlsson, Björn Ekblom, E.H. Christensen, P.O. Åstrand e altri); quello stage lo considero come la mia formazione specialistica.

Carboidrati, lipidi e proteine

OBIETTIVI DEL CAPITOLO

- Conoscere monosaccaridi, disaccaridi e polisaccaridi
- Identificare le due principali classificazioni di fibre alimentari e il loro ruolo nella salute
- Discutere le risposte fisiologiche indotte dai carboidrati assunti con la dieta nello sviluppo del diabete di tipo 2 e nell'obesità
- Quantificare i livelli, il contenuto energetico e la distribuzione dei carboidrati in un soggetto di media taglia
- Riassumere i quattro ruoli principali svolti dai carboidrati nell'organismo
- Delineare le dinamiche del metabolismo glucidico durante l'attività fisica di diversa intensità e durata
- Confrontare la velocità del trasferimento di energia proveniente dalla combustione dei carboidrati con quella dei grassi
- Discutere come la dieta influenzi i livelli di glicogeno muscolare e le prestazioni fisiche di resistenza
- Per ciascuna delle diverse classi di acidi grassi (incluso anche quelli in forma trans e gli omega-3), fornire esempi di alimenti che le contengano, delineare le loro funzioni fisiologiche e il loro possibile ruolo nelle coronaropatie
- Elencare le principali caratteristiche delle lipoproteine a bassa e alta densità e discutere il ruolo di ciascuna forma di colesterolo nello sviluppo delle coronaropatie
- Fare alcune prudenti raccomandazioni sull'assunzione di lipidi, inclusi colesterolo e acidi grassi, con la dieta
- Definire la quantità, il contenuto energetico e la distribuzione dei grassi in un soggetto femminile di taglia media
- Delineare le dinamiche del metabolismo dei grassi durante l'attività fisica di diversa intensità e durata
- Discutere come l'allenamento aerobico influenzi il catabolismo dei grassi e dei carboidrati durante l'esercizio
- Spiegare come l'allenamento aerobico influenzi gli adattamenti della combustione dei grassi nel muscolo scheletrico
- Definire i termini *aminoacidi essenziali* e *non essenziali*; fornire esempi di alimenti per ciascuna di queste categorie
- Discutere i vantaggi e i potenziali limiti di una dieta prevalentemente vegetariana per mantenere uno stile di vita salutare che includa l'attività fisica
- Delineare le dinamiche del metabolismo proteico durante l'attività fisica di diversa intensità e durata
- Fornire una spiegazione per aumentare l'apporto proteico, rispetto alle dosi giornaliere raccomandate (DGR), per un soggetto che svolge esercizi aerobici di intensità massimale o intensi allenamenti di potenza
- Descrivere il ciclo alanina-glucosio e come l'organismo utilizza gli aminoacidi come fonti energetiche durante l'attività fisica

I nutrienti glucidici, lipidici e proteici forniscono l'energia per mantenere le funzioni corporee sia durante il riposo che durante l'attività fisica. A parte il loro ruolo come fonti energetiche, queste molecole, chiamate **macronutrienti**, mantengono l'integrità strutturale e funzionale dell'organismo. Questo capitolo parla della struttura generale e della funzione di queste classi di nutrienti, così come degli alimenti in cui sono presenti. In particolare è stato messo in risalto il ruolo che questi macronutrienti svolgono nel mantenimento delle funzioni fisiologiche durante l'attività fisica di diversa intensità e durata.

PARTE PRIMA

CARBOIDRATI

Tipi e fonti di carboidrati

Atomi di carbonio, idrogeno e ossigeno si combinano a formare i carboidrati di base (zuccheri) caratterizzati dalla formula generale $(CH_2O)_n$, dove n varia da 3 a 7 atomi di carbonio con idrogeno e ossigeno legati attraverso legami semplici. Ad eccezione del lattosio e piccole quantità di glicogeno di origine animale, le piante costituiscono la fonte principale di carboidrati della dieta umana. I carboidrati sono generalmente classificati come monosaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi. Il numero di zuccheri semplici legati a ognuna di queste molecole differenzia i vari tipi di carboidrati.

MONOSACCARIDI

I **monosaccaridi** rappresentano le unità di base dei carboidrati. Glucosio, fruttosio e galattosio rappresentano i tre monosaccaridi principali. Il **glucosio**, definito anche destrosio o zucchero del sangue, è un composto di 6 atomi di carbonio (esoso) che si trova comunemente negli alimenti ed è anche prodotto all'interno dell'organismo a seguito della digestione di carboidrati più complessi.

La **gluconeogenesi** è il processo mediante il quale si sintetizzano nuove molecole di glucosio, principalmente nel fegato, a partire dalle strutture carboniose di altri composti (generalmente aminoacidi, ma anche glicerolo, piruvato e acido lattico). Dopo l'assorbimento intestinale, il glucosio può seguire una delle tre vie principali:

1. essere utilizzato come substrato energetico per il metabolismo cellulare;
2. formare glicogeno per essere immagazzinato nel fegato e nel muscolo;
3. essere convertito in grassi (triacilgliceroli) per un uso successivo come fonte energetica.

La **Figura 1.1** illustra lo zucchero più comune, il glucosio, insieme con altri carboidrati prodotti dalle piante per mezzo della fotosintesi. Il glucosio, la cui formula chimica è $C_6H_{12}O_6$, è formato da 6 atomi di carbonio, 12 di idrogeno e 6 di ossigeno. Il fruttosio e il galattosio, altri due zuccheri semplici, con la stessa formula chimica del glucosio, hanno piccole differenze nei legami C-H-O e sono così molecole distinte con specifiche caratteristiche biochimiche.

Il **fruttosio** (zucchero della frutta o levulosio), il più dolce degli zuccheri semplici, è contenuto in grandi quantità nella frutta e nel miele. Nonostante una quota di fruttosio possa essere assorbita direttamente dal lume intestinale nel sangue, esso viene convertito in grassi e glucosio nel fegato. Il **galattosio** non si trova libero in natura; lo si trova combinato con il glucosio a formare lo zucchero del latte (lattosio) prodotto dalla ghiandola mammaria degli animali che allattano. Nell'organismo viene convertito in glucosio per produrre energia metabolica.

OLIGOSACCARIDI

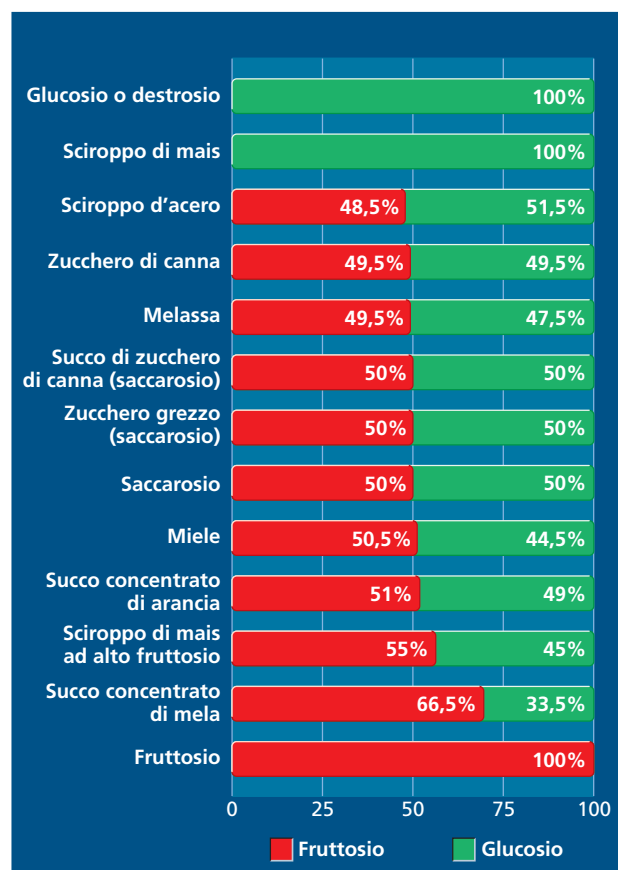
Gli **oligosaccaridi** si formano quando 2-10 monosaccaridi si combinano insieme attraverso legami chimici. I principali oligosaccaridi, i **disaccaridi**, o zuccheri doppi, si formano quando due molecole di monosaccaridi si combinano insieme. Monosaccaridi e disaccaridi di solito sono indicati come **zuccheri semplici**.

Tutti i disaccaridi contengono glucosio. I tre principali disaccaridi sono:

- **Saccarosio** (glucosio + fruttosio), è il disaccaride più comune, negli Stati Uniti costituisce almeno il 25% del totale

Cosa c'è in un nome?

Gli zuccheri semplici sono commercialmente confezionati sotto svariati nomi. Quest'immagine illustra zuccheri semplici con il loro contenuto in percentuale di glucosio e fruttosio.



Fonte: database del Dipartimento dell'Agricoltura degli USA

TABELLA 1.1 Apporto giornaliero raccomandato di fibre

	Età	Apporto giornaliero di fibre raccomandato (g)
Bambini	1-3 anni	19
	4-8 anni	25
Ragazzi	9-13 anni	31
	14-18 anni	38
Ragazze	9-18 anni	26
Uomini	19-50 anni	38
	51 anni e oltre	30
Donne	19-50 anni	25
	51 anni e oltre	21

Adattata con il permesso da McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports and Exercise Nutrition*, 4^a ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2013, e dal database del Dipartimento dell'Agricoltura degli USA.

parti dell'Asia e di alcune aree delle regioni mediterranee), i β -glicani, le pectine e la gomma di guar presente in avena, fagioli, riso integrale, piselli, carote e alcuni frutti.^{31,78} Le fibre assunte con la dieta non hanno effetti sulle lipoproteine ad alta densità (vedi il paragrafo su *lipoproteine a densità alta, bassa e molto bassa*). Le fibre **non idrosolubili**, le emicellulose, la lignina e i prodotti ricchi di cellulosa (crusca) non diminuiscono il colesterolo.

Gli effetti protettivi delle fibre verso le malattie cardiache e l'obesità potrebbero essere correlati all'effetto regolatorio delle fibre sulla secrezione dell'insulina operato attraverso il rallentamento dell'assorbimento intestinale dei principi nutritivi. Il consumo di fibre, inoltre, può proteggere dalle malattie cardiache attraverso i suoi effetti benefici esplicati sulla pressione sanguigna, la sensibilità all'insulina e sulla coagulazione.^{43,79} Un eccessivo consumo di fibre, d'altro canto, può causare una diminuzione dell'assorbimento intestinale di minerali, calcio, fosfati e ferro. *Attualmente si ritiene opportuno consigliare, per una dieta bilanciata, un consumo di 20-40 g di fibre (in funzione dell'età) al giorno (con un rapporto 3:1 tra fibre insolubili e fibre idrosolubili)*. La **Tabella 1.1** riporta le quantità di fibre raccomandate da assumere quotidianamente e la **Tabella 1.2** fornisce il contenuto di fibre di alcuni alimenti comuni.

TABELLA 1.2 Contenuto di fibre in alimenti comuni (classificati in base al contenuto totale di fibre)

Alimento	Porzione (g)	Quantità totali di fibra (g)	Quantità di fibra solubile (g)	Quantità di fibra insolubile (g)
100% cereali integrali	33,4	10,0	0,3	9,7
Piselli	107	5,2	2,0	3,2
Fagioli	21	4,5	0,5	4,0
Mele	156	3,9	2,3	1,6
Patate	250	3,8	2,2	1,6
Broccoli	76	2,5	1,1	1,4
Fragole	92,6	2,4	0,9	1,5
Avena integrale	83	1,6	0,5	1,1
Banane	64	1,3	0,6	0,7
Pasta	28	1,0	0,2	0,8
Lattuga	30	0,5	0,2	0,3
Riso bianco	42	0,5	0,0	0,5

Adattata con il permesso da McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports and Exercise Nutrition*, 4^a ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2013, e dal database del Dipartimento dell'Agricoltura degli USA.

Zucchero addizionato e profilo lipidico del sangue

Un gruppo di ricercatori ha diviso 6113 partecipanti a un'indagine nazionale riguardante la salute e la nutrizione (*National Health and Nutrition Examination Survey*, NHANES) in cinque gruppi in base alla percentuale di calorie totali consumate come zuccheri aggiunti. I gruppi andavano da introiti giornalieri di zuccheri aggiunti inferiori al 5% (tre cucchiaini di zucchero) fino al 25% o più (46 cucchiaini di zucchero). L'assunzione di zucchero variava inversamente con i livelli di "colesterolo buono" HDL (che era 58,7 mg · dL⁻¹ [decilitro o 100 mL] nel gruppo che consumava meno zuccheri, fino a 47,7 mg · dL⁻¹ nel gruppo che consumava il massimo di zuccheri aggiunti) e direttamente con i livelli di trigliceridi non salutari (che erano 105 mg · dL⁻¹ nel gruppo che consumava meno zucchero aggiunto, fino a 114 mg · dL⁻¹ nel gruppo che ne consumava di più). Lo studio non mirava a dimostrare la relazione causa-effetto, ma ad avvalorare l'ipotesi di sostituire le calorie derivanti dagli zuccheri con cibo contenente un più alto valore nutrizionale.

Fonte: Welsh JA, et al. Consumo di dolcificante calorico e dislipidemia tra gli adulti statunitensi. *JAMA* 2010; 303: 1490.

Non tutti i carboidrati sono fisiologicamente uguali Il grado di digestione delle diverse fonti di carboidrati potrebbe spiegare il legame esistente tra consumo di carboidrati e l'insorgenza del diabete e l'eccesso di grassi corporei. Cibi contenenti fibre rallentano la digestione dei carboidrati, minimizzando in questo modo l'aumento della glicemia. Al contrario, amidi scarsamente ricchi di fibre (e zuccheri semplici presenti nelle bevande analcoliche) vengono rapidamente digeriti e altrettanto rapidamente si ritrovano nel sangue (cibi ad alto indice glicemico, vedi Cap. 3).

L'americano medio consuma attualmente al giorno da 22 a 28 cucchiaini di zuccheri aggiunti (equivalenti a 350-440 calorie vuote), principalmente contenuti nello sciroppo di mais con alto contenuto di fruttosio e nello zucchero da tavola.

Il rapido aumento della glicemia, conseguente al consumo di

IN PRATICA

Letture e comprensione dell'etichetta alimentare (informazioni nutrizionali)

La FDA e il *Food Safety and Inspection Service* (FSIS: www.fsis.gov) per la sicurezza e l'ispezione alimentare dell'USDA hanno emesso nuovi regolamenti riguardanti le informazioni nutrizionali sulle etichette alimentari per (1) aiutare i consumatori a scegliere diete più sane e (2) offrire un incentivo alle aziende alimentari per migliorare le qualità nutrizionali dei loro prodotti. Inoltre, il *Nutrition Labeling and Education Act* (NLEA) del 1990 (compresi gli aggiornamenti del 1993-1998 ai regolamenti) richiede ora ai produttori di alimenti di aderire rigorosamente alle normative su ciò che può e non può essere stampato sulle etichette degli alimenti. I punti chiave della riforma delle etichette alimentari includono:

- Etichettatura nutrizionale per quasi tutti gli alimenti per aiutare i consumatori a fare scelte alimentari più salutari
- Informazioni sulla quantità per porzione di grassi saturi, colesterolo, fibre alimentari e altri nutrienti considerati di grande importanza per la salute dei consumatori
- La quantità di acidi grassi *trans* sulle etichette nutrizionali alla luce della crescente evidenza che gli acidi grassi *trans* aumentano il rischio di malattie cardiache
- Valori nutritivi di riferimento, espressi in % dei valori giornalieri, per aiutare i consumatori a stabilire in che modo un alimento si inserisce in una dieta quotidiana
- Definizioni uniformi per termini che descrivono il contenuto di nutrienti di un alimento, come "leggero", "basso contenuto di grassi" e "alto contenuto di fibre", per garantire che tali termini abbiano lo stesso significato per qualsiasi prodotto su cui appaiono
- Dichiarazioni sostanziali sulla relazione tra un nutriente o un cibo e una malattia o condizioni correlate alla salute, come calcio e osteoporosi, grasso e cancro
- Porzioni standardizzate per facilitare il confronto nutrizionale tra prodotti simili
- Dichiarazione della percentuale totale di succo nelle bevande che lo contengono in modo che i consumatori possano determinare il quantitativo di succo in un prodotto
- Informazioni nutrizionali volontarie per molti cibi crudi

L'etichetta alimentare deve ordinare gli ingredienti in base alla quantità di ingrediente che il cibo contiene. Nel 2006, i produttori di alimenti dovevano indicare chiaramente sulle etichette degli alimenti se il prodotto contenesse allergeni come latte, uova, arachidi, grano, soia, pesce, molluschi, noci. L'*American Academy of Allergy Asthma & Immunology* (www.aaaai.org)

stima che le allergie alimentari colpiscono fino a 2 milioni o l'8% dei bambini negli Stati Uniti.

TITOLO DELL'ETICHETTA NUTRIZIONALE

L'etichetta nutrizionale mostrata nella figura intitolata "Informazioni nutrizionali", si differenzia dal titolo precedente (Informazioni nutrizionali per porzione) e rappresenta un'etichetta maggiormente distintiva e di facile lettura.

NUTRIENTI ELENCATI SULL'ETICHETTA

Le seguenti informazioni devono essere elencate su tutte le etichette degli alimenti:

- Calorie da grassi/calorie da grassi saturi
- Grassi totali
- Grassi saturi, acido stearico, grassi polinsaturi, grassi monoinsaturi, grassi *trans*
- Colesterolo
- Sodio
- Potassio
- Carboidrati totali
- Fibre alimentari (fibra solubile e insolubile)
- Zuccheri (zuccheri alcolici)
- Altri carboidrati
- Proteine
- Vitamine e minerali (per i quali sono state stabilite le DGR)

DEFINIZIONI

Le definizioni per ciascuno dei nutrienti elencati sull'etichetta sono le seguenti:

- **Grasso totale:** acidi grassi totali espressi come trigliceridi
- **Grasso saturo:** la somma di tutti gli acidi grassi che non contengono doppi legami
- **Grasso polinsaturo:** acidi grassi polinsaturi *cis*, *cis*-metilene
- **Grasso monoinsaturo:** acidi grassi *cis*-monoinsaturi
- **Carboidrati totali:** quantità calcolata per sottrazione della somma di proteine grezze, grassi totali, umidità e ceneri dal peso totale del cibo
- **Zuccheri:** la somma di tutti i mono e i disaccaridi liberi
- **Altri carboidrati:** la differenza tra carboidrati totali e la somma di fibre alimentari, zuccheri e, quando dichiarati, zuccheri alcolici

(continua)

FIGURA 1.22 Principali vie metaboliche per gli aminoacidi a seguito della rimozione del gruppo azotato tramite deaminazione o transaminazione. Una volta rimosso il loro gruppo amminico, tutti gli aminoacidi formano intermedi reattivi del ciclo dell'acido citrico o composti correlati. Alcune delle più grandi molecole aminoacidiche (per es. leucina, triptofano e isoleucina, colorate rispettivamente in verde, celeste e rosso) generano composti contenenti carbonio che entrano a far parte della via metabolica su diversi siti.



La **Figura 1.22** mostra le similitudini tra gli aminoacidi come fonti di residui carboniosi e le maggiori vie metaboliche in cui le loro strutture carboniose deaminate vengono utilizzate.

Bilancio dell'azoto

Il **bilancio in pareggio dell'azoto** si ha quando l'assunzione di azoto (sotto forma di proteine) eguaglia la sua escrezione secondo la relazione:

$$\text{bilancio dell'azoto} = N_t - N_u - N_f - N_s = 0$$

dove N_t = azoto totale assunto con il cibo; N_u = azoto nelle urine; N_f = azoto nelle feci; e N_s = azoto nel sudore.

Un **bilancio positivo dell'azoto** indica che l'assunzione eccede le perdite e pertanto si è verificata sintesi proteica. Con un'alimentazione adeguata, questa condizione si verifica:

1. Nei bambini durante lo sviluppo.
2. In gravidanza.
3. Nel corso del processo di guarigione dalle malattie.
4. Nel corso di allenamento a esercizi di potenza, quando le cellule muscolari promuovono sintesi di proteine.

Non è possibile che, come nel caso dei grassi e in misura più modesta per i carboidrati nel muscolo e nel fegato, l'organismo crei una scorta di proteine. Ciononostante, il contenuto proteico di muscoli e fegato è maggiore in soggetti che hanno un maggior apporto proteico rispetto a coloro che hanno una dieta con un contenuto troppo basso di proteine. Inoltre, le proteine muscolari possono essere reclutate per il metabolismo energetico, mentre proteine del tessuto nervoso e connettivale

rimangono relativamente "fisse" e non possono essere utilizzate per il metabolismo energetico se non a costo di compromettere le funzioni tissutali.

Un **bilancio negativo dell'azoto** indica la prevalenza del catabolismo rispetto all'anabolismo proteico, principalmente a carico del tessuto muscolare. Un bilancio negativo dell'azoto può verificarsi anche se l'assunzione giornaliera di proteine è superiore alle quote raccomandate con utilizzo delle proteine come substrato energetico quando l'apporto calorico di altri substrati energetici sia fortemente carente. Per esempio, un individuo sottoposto regolarmente ad allenamenti intensi potrebbe consumare un'adeguata quantità, o un eccesso, di proteine ma non di carboidrati o di lipidi. In questo scenario, le proteine diventano la principale fonte energetica, che crea un bilancio negativo per le proteine (o per l'azoto) e che porta conseguentemente a una diminuzione della massa magra. Il ruolo dei carboidrati e dei lipidi come risparmiatori di proteine, visto in precedenza, diventa particolarmente importante durante i periodi di crescita e quelli in cui si osserva un elevato consumo di energia e/o sintesi di tessuti a seguito di allenamenti intensi. Un bilancio negativo per l'azoto si ha durante situazioni patologiche come il diabete, febbre, ustioni, severe

DOMANDA DI APPROFONDIMENTO

Se la crescita muscolare con allenamenti di potenza si verifica principalmente in seguito alla deposizione di nuove proteine all'interno della cellula, discutere se il consumo di proteine extra al di sopra della RDA facilita la crescita muscolare.

SOMMARIO

1. Le proteine differiscono dai lipidi e dai carboidrati in quanto contengono anche azoto e altri elementi come zolfo, fosforo e ferro.
2. Le proteine sono formate dall'unione di unità elementari chiamate aminoacidi. L'organismo ha bisogno di 20 aminoacidi differenti. Ogni aminoacido possiede un gruppo aminico (NH_2) e un gruppo che contiene un acido organico detto carbossilico (COOH) che tende a dissociarsi come acido (libera cioè lo ione H^+). Inoltre, ogni aminoacido possiede una catena laterale (gruppo R) che è responsabile delle caratteristiche biochimiche dell'aminoacido stesso.
3. Partendo da 20 aminoacidi esiste un numero praticamente infinito di combinazioni di legame per la sintesi delle proteine.
4. L'allenamento regolare aumenta la capacità epatica di sintetizzare glucosio da scheletri carboniosi che non derivano dai carboidrati, in particolare da aminoacidi.
5. Otto dei 20 aminoacidi non possono essere sintetizzati dall'organismo. Essi sono definiti come essenziali e devono essere assunti con la dieta.
6. Le proteine sono presenti nei tessuti animali e vegetali. Le proteine che contengono tutti gli aminoacidi essenziali sono dette complete o nobili. Le altre sono dette incomplete. Proteine nobili sono presenti in uova, latte, carne, formaggio.
7. Soggetti fisicamente attivi e atleti impegnati in competizioni possono ottenere i nutrienti all'interno di un ampio spettro di fonti vegetali.
8. Le proteine costituiscono i mattoni per la sintesi del materiale cellulare durante i processi anabolici. In alcune condizioni lo scheletro carbonioso degli aminoacidi può essere catabolizzato per fornire energia metabolica.
9. La dose giornaliera raccomandata di proteine (DGR) rappresenta una quota che copre, con una notevole percentuale di sicurezza, le necessità proteiche dei soggetti sani. Essa ammonta a 0,83 g per kg di massa corporea.
10. L'impovertimento delle scorte di carboidrati aumenta in modo significativo il catabolismo delle proteine durante l'esercizio. Atleti sottoposti regolarmente a esercizi intensi devono mantenere livelli ottimali di scorte di glicogeno epatico e muscolare per minimizzare il rischio di una cattiva prestazione atletica.
11. Le proteine sono utilizzate come substrato energetico più di quanto si credeva in precedenza. Ciò è particolarmente evidente nel caso degli aminoacidi ramificati, ossidati nel muscolo scheletrico piuttosto che nel fegato.
12. Il riesame della corrente DGR per le proteine sembra giustificata per atleti che si sottopongono a intense sedute di allenamento. Questa considerazione tiene conto del maggior catabolismo delle proteine durante l'esercizio e dell'aumento della sintesi durante il recupero. Un aumento del consumo di proteine tra 1,2 e 1,8 g per kg di massa corporea al giorno è ragionevole.
13. Alcune proteine, in particolare le proteine del sistema nervoso e dei tessuti connettivi, vengono risparmiate dai processi metabolici. Aminoacidi, come l'alanina, possono rappresentare un substrato energetico, in particolare nel corso di attività fisica prolungata, attraverso la via metabolica della gluconeogenesi. Dal ciclo alanina-glucosio può originare fino al 45% del glucosio rilasciato dal fegato durante un esercizio di lunga durata.



Focus, bibliografia e appendici sono disponibili su
online.universita.zanichelli.it/mcardle-3ed

FISIOLOGIA APPLICATA ALLO SPORT

Terza edizione

Risorse online collegate al libro

- Focus: il punto sulla ricerca
- Bibliografia
- Appendici

Per l'accesso registrarsi
e abilitare le risorse su
<https://my.zanichelli.it>

Maggiori informazioni
nelle pagine iniziali del libro

Fisiologia applicata allo sport, giunta ormai all'ottava edizione americana, ha raggiunto una notevole diffusione e si conferma un punto di riferimento per coloro che si occupano di fisiologia dell'attività fisica. Questa terza edizione italiana, completamente rinnovata nella veste grafica e aggiornata nei contenuti, si colloca quindi sulla scia di una prestigiosa e collaudata tradizione di studi sulla fisiologia applicata allo sport.

Oltre alla trattazione completa e aggiornata della fisiologia del lavoro muscolare, con i suoi temi classici di bioenergetica, funzione neuromuscolare, neuroendocrina, cardiovascolare e polmonare, il testo propone un approccio integrato che considera il contributo delle discipline scientifiche affini per una comprensione più ampia della fisiologia dello sport.

Un'altra importante caratteristica è l'attenzione verso l'aspetto nutrizionale come base energetica dell'attività fisica, aggiungendo l'analisi dettagliata e approfondita dell'alimentazione e delle problematiche ad essa connesse: la formulazione di solidi elementi di dietologia fornisce la base per l'applicazione clinica e quindi permette di inquadrare complesse problematiche mediche – l'obesità, il dismetabolismo, la malattia cardiovascolare – che hanno un impatto importante nella società attuale.

Il volume si conclude con uno sguardo al futuro, ovvero con una sezione dedicata alla biologia molecolare come strumento interpretativo della performance fisica e dei vari aspetti connessi alla medicina sportiva.

Un testo idoneo anche per gli studenti che frequentano il Corso di Studi di Scienze motorie, grazie anche ai numerosi supporti dedicati all'approfondimento dei contenuti, come le interviste a scienziati contemporanei, le numerose domande di verifica e le appendici sullo stato della ricerca, che contribuiscono a mettere in correlazione la teoria con gli aspetti pratici applicativi.

MCARDLE*FISIOLOGIA SPORT 3ED (CEA

ISBN 978-88-08-98001-4



9 788808 980014

9 0 1 2 3 4 5 6 7 (64A)

L'edizione originale inglese è stata pubblicata da
Lippincott Williams & Wilkins / Wolters Kluwer Health.



Wolters Kluwer | Lippincott Williams & Wilkins

Al pubblico € 119,00 •••

In caso di variazione Iva o cambiamento prezzo
consultare il sito o il catalogo dell'editore

www.zanichelli.it