

Marco Ceriani

Esperto in Scienze delle Preparazioni Alimentari, Consulente Scientifico GENSAN

Ruolo delle proteine nella pratica sportiva

Gli integratori alimentari a base di proteine sono inseriti nella legislazione italiana nelle categorie elencate nell'allegato 1 del D.L. 111/92 (già trattato nell'articolo «Definizione di integratori alimentari e loro uso nella pratica sportiva», in *Sport & Anatomy* 2014;00:38-42) relativo a "condizioni fisiologiche particolari per alimenti adatti ad un intenso sforzo muscolare soprattutto per gli sportivi".

Lo stato di un organismo come quello di chi pratica sport, infatti, è diretto in senso prevalentemente anabolico, determinando un rilevante incremento fisiologico in toto del fabbisogno nutrizionale a supporto delle richieste plastiche e dell'intenso impegno metabolico. Per questo motivo nell'etichettatura degli integratori alimentari viene proposta nell'elenco delle indicazioni sulla salute (Regolamento UE 432/2012) la dicitura "le proteine contribuiscono al mantenimento e alla crescita della massa muscolare e al mantenimento di ossa normali".

Le proteine, i composti aminoacidici e loro derivati (come creatina, idrossi beta metil butirato) sono certamente molecole di rilevante importanza nella dieta dello sportivo. L'attività fisica è infatti per prima cosa un'espressione muscolare che, seppur dipendendo dalla presenza di substrati energetici, richiede efficienza muscolare massimale (resistenza, potenza e forza fisica). Non solo: non introdurre un quantitativo di nutrienti proteici sufficiente con la dieta può diminuire le capacità di difesa dell'organismo (la carenza di composti azotati provoca, come noto, un indebolimento del sistema immunitario).

Il ruolo principale delle proteine è quindi quello di fornire le basi aminoacidiche per la sintesi di nuove cellule e tessuti.

A livello chimico, le proteine risultano composte da aminoacidi legati tra loro per mezzo di legami peptidici, formando polipeptidi ad alto peso molecolare, che rendono la configurazione molecolare delle proteine particolarmente complessa (struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria). Una configurazione lineare composta fino a 100 aminoacidi viene definita con il termine

di "polipeptide", mentre molecole più lunghe vengono indicate come "proteine".

Il ruolo delle proteine nello sport

La prestazione fisica non è strettamente dipendente dall'apporto proteico. I fattori noti in grado di condizionare il metabolismo energetico muscolare sono infatti dovuti alla via metabolica energetica i cui fattori limitanti sono, in estrema sintesi, costituiti da disponibilità dei substrati energetici, efficienza della funzione cardiocircolatoria e respiratoria, fibre muscolari e attività enzimatica. Ma non vi è ombra di dubbio che la percentuale di massa magra, i caratteri funzionali delle diverse tipologie di fibre muscolari (lente e veloci) impiegate nell'attività fisica e il metabolismo muscolare risultino essenziali per produrre performance massimali e vincenti.

L'esatta conoscenza e felice interpretazione delle vie metaboliche bioenergetiche seguite nelle differenti tipologie di prestazioni sportive (sforzi massimali brevi, resistenza e attività aerobiche) permettono di valutare l'entità del ricorso ai macronutrienti, carboidrati, grassi e proteine.

Le proteine, all'interno dell'organismo umano, svolgono una funzione prevalentemente plastica, essendo le principali componenti della massa magra (circa il 20% della componente corporea). Sono inoltre costituenti di enzimi e vitamine.

Nell'attività sportiva le proteine più richieste sono quelle a più alto apporto di aminoacidi essenziali. Gli aminoacidi, come è noto, sono classificati in essenziali (l'organismo umano non riesce a sintetizzarli e devono quindi essere apportati con l'alimentazione) e non essenziali (definizione che non deve ridurre l'importanza, ma veicolare il concetto che possono essere prodotti a, livello metabolico, a partire da altri precursori).

Gli aminoacidi essenziali sono: isoleucina, leucina, lisina, istidina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (oltre all'arginina, essenziale nei bambini, e a cisteina e tirosina in assenza di metionina e fenilalanina).

Nello sportivo la glutammina viene considerata un aminoacido essenziale o “condizionatamente essenziale”, data la sua rilevante presenza nei gruppi muscolari.

Le proteine a elevato valore biologico (presenti in alimenti comuni come uova, latte, carne e pesce) contengono tutti gli aminoacidi essenziali in quantità ottimale per mantenere il bilancio azotato e permettere la riparazione e crescita dei tessuti.

In regimi alimentari particolari legati a stili di vita come l'alimentazione vegana che vede i soli cereali e legumi come fonti proteiche prevalenti, possono verificarsi carenze quali-quantitative verso gli aminoacidi essenziali ¹. Nell'alimentazione vegetariana invece, essendo inclusi i derivati animali (latte e uova), la possibile carenza verso gli aminoacidi essenziali viene di molto ridotta, purché in presenza di un'alimentazione variata e normocalorica. In particolare una dieta “lattovegetariana”, oltre a non comportare il rischio di carenze proteiche, è in grado di assicurare anche una adeguata assunzione di minerali (calcio e fosforo) e vitamine (in particolare la vitamina B12) (Tab. I).

Tabella I. Principali funzioni delle proteine.

Compongono le strutture ormonali ed enzimatiche (regolatori metabolici)
Mantengono la struttura muscolare e promuovono l'anabolismo proteico
Prevengono stati infiammatori e infezioni (azione immunitaria da anticorpi)
Neutralizzano numerose sostanze tossiche (sistemi enzimatici detossificanti)
Rappresentano una primaria fonte di azoto organico
Svolgono funzioni plastiche e di regolazione
Promuovono l'accrescimento, il mantenimento e la riparazione delle cellule e dei tessuti
Svolgono funzioni energetiche durante l'esercizio fisico (ciclo glucosio-alanina)

Indici di qualità proteica

I metodi utilizzati per la valutazione del fabbisogno proteico possono essere riassunti in due tipologie: bilancio azotato (*Protein Efficiency Ratio*, PER, *Net Protein Utilization*, NPU) e metodo fattoriale. Mentre quest'ultimo determina tutte le perdite dei composti azotati dopo un periodo di dieta priva di proteine, i metodi analitici legati al bilancio dell'azoto determinano la quantità minima di proteine alimentari in grado di mantenere in parità il bilancio dell'azoto nel soggetto di corporatura media (a esclusione di situazioni metaboliche particolari come gravidanza e allattamento).

Il bilancio azotato prevede diverse espressioni di determinazione, come:

- *Protein Efficiency Ratio* (PER, tasso di efficienza della proteina), indicatore utilizzato per valutare la qualità delle proteine alimentari e che rappresenta il rapporto

tra l'incremento di peso (negli animali) e la quantità di proteina (espressa in grammi) somministrata;

- NPU (Utilizzazione proteica netta), rappresentato dal rapporto tra l'azoto trattenuto dall'organismo e quello introdotto con la dieta moltiplicato per un fattore pari a 100.

Il PDCAAS rappresenta invece un metodo di valutazione della digeribilità delle proteine valutato in funzione del punteggio aminoacidico corretto da un indice di digeribilità delle proteine. La caseina derivata dal latte, l'albume d'uovo in polvere, le proteine isolate della soia sono tutti composti proteici caratterizzati da un elevato indice di PDCAAS (1,00), al contrario delle proteine del grano (glutine) che hanno un punteggio pari a 0,25 ².

Assorbimento e digestione delle proteine

Le proteine di origine alimentare sono digerite e assorbite dall'intestino in grandi quantità giornaliere. Non tutte sono di provenienza alimentare; alcune, di provenienza endogena (sieroalbumina, mucoproteine, enzimi digestivi), vengono secrete nel tratto gastroenterico e riversate nell'intestino come succhi enterici.

Calcolando in 100 grammi le proteine assunte, sono circa 170 grammi la quantità complessiva assorbita e circa 10 grammi quella escreta (perdita fecale) ³.

Quotidianamente vengono quindi digerite dai 50 ai 70 g di proteine endogene, all'incirca equivalenti alla quantità media di proteine ingerite ⁴.

La digestione proteica avviene nello stomaco, ove la secrezione acida denatura le proteine esponendole all'attacco delle pepsine (endopeptidasi: tripsina, pepsina, chimotripsina, elastasi), carbossi e aminopeptidasi che scindono le catene polipeptidiche in frammenti di ridotte dimensioni (aminoacidi) che vengono assorbiti dalle cellule della mucosa intestinale.

La digestione (idrolisi) delle proteine avviene in tre fasi: gastrica, pancreatica e intestinale mediante disaggregazione meccanica, chimica ed enzimatica che porta all'ottenimento di molecole più semplici (peptidi e aminoacidi). Nella fase gastrica l'acido cloridrico, contenuto nei succhi gastrici dello stomaco, e specifici enzimi (pepsine, tripsina, elastasi e chimotripsine) denaturano le proteine (il processo interessa solo il 10-15% delle proteine ingerite che in questa fase vengono scomposte in polipeptidi).

Nella fase pancreatica, che avviene nel duodeno, si ha l'idrolisi delle proteine (circa il 50-60%) a opera di alcune proteasi contenute nel succo pancreatico: le endopeptidasi (tripsina e chimotripsina), attive sui legami peptidici interni alla molecola proteica, e le esopeptidasi (carbossipeptidasi), che portano alla liberazione di aminoacidi. La fase intestinale riguarda la quasi totalità dell'idrolisi proteica (80-90%) e porta a termine la denaturazione delle proteine grazie all'azione di specifiche peptidasi che liberano aminoacidi. Questa fase porta all'idrolisi sia delle proteine ingerite che a quelle endogene (enzimi digestivi, cellule epiteliali desquamate e altre).

Per quanto riguarda l'assorbimento delle proteine è importante non trascurare come gli alimenti proteici tradizionali (carni e pesci), una volta cotti, possano presentare una più o meno marcata denaturazione a carico delle strutture proteiche. Se da un lato il riscaldamento termico può peggiorare la qualità delle proteine contenute nella carne, dall'altro alcuni alimenti vegetali (cereali, legumi e tuberi) possono migliorare l'apporto in funzione di una diminuzione dei fattori anti-nutritivi. Stabilire l'effettivo livello di positività o negatività della cottura dei cibi sulla biodisponibilità delle proteine è un tema complesso e denso di variabili, essendo strettamente legato alla tipologia di alimento e al trattamento termico subito (grigliatura, frittura, bollitura, microonde...).

Aminoacidi ramificati

Gli aminoacidi sono molecole complesse che differiscono tra loro per proprietà chimico-fisiche (solubilità, pH e struttura molecolare) e destino metabolico (glucogenetici e chetogenetici). Gli aminoacidi non solo sono i costituenti delle proteine, ma rivestono un prezioso ruolo di precursori di molecole biologiche fondamentali come ormoni, pigmenti, purine e coenzimi.

Di tutti gli aminoacidi noti, cinque da soli (leucina, isoleucina, valina, lisina e istidina) coprono il 75% dei fabbisogni dell'organismo umano. Questi aminoacidi sono però presenti in piccole concentrazioni nei cibi (meno del 20% nelle proteine a elevato valore biologico). Nell'integrazione alimentare dell'atleta questo fattore risulta di grande importanza, e dovrebbe indurre a ridurre la presenza degli altri aminoacidi a favore di leucina, isoleucina, valina, lisina e istidina, favorendo la diminuzione dell'accumulo di urea sintetizzata nel sangue.

La definizione di aminoacidi "essenziali", come già esposto, non è univoca poiché "essenziali" possono esserlo non solo per l'organismo in toto ma, in modo più selettivo, limitatamente ad alcuni organi (solo il fegato, ad esempio, possiede una idrossilasi specifica, assente nelle cellule degli altri organi, ed è in grado di operare la sintesi della fenilalanina in tirosina)⁵.

I tre aminoacidi ramificati (noti anche come "neutri" o BCAA) L-Leucina, L-Isoleucina e L-Valina, rappresentano il gruppo di molecole più studiato a livello di integrazione clinica e sportiva.

In ambito prestativo il razionale d'utilizzo degli aminoacidi ramificati è dovuto alla loro ossidazione che avviene, di preferenza, nei muscoli scheletrici piuttosto che nel fegato, diminuendo i tempi di assimilazione. Gli aminoacidi permettono l'apporto di molecole attive nella costruzione/ricostruzione muscolare, senza produrre scorie metaboliche e senza fornire un surplus calorico (Tab. II).

Fabbisogno di proteine

Il fabbisogno proteico è in funzione di numerosi fattori come età, sesso, attività lavorativa e sportiva, e di condizioni fisiologiche particolari (accrescimento, gravi-

Tabella II.

Gli aminoacidi ramificati (indicati anche con la sigla "BCCA": *Branched Chain Amino Acids*) sono i tre aminoacidi essenziali L-Isoleucina, L-Leucina e L-Valina

Vengono utilizzati soprattutto in condizioni di stress, infortunio, esercizio fisico intenso

La L-Leucina, che viene utilizzata in misura doppia rispetto agli altri due aminoacidi ramificati (essendo l'aminoacido più ossidato durante le performance d'endurance), agisce come stimolatore della sintesi proteica nella fase di recupero plastico, al termine di esercizi muscolari intensi. È tra i promotori del rilascio dell'ormone della crescita (GH) e insulina

I BCAA non vengono metabolizzati a livello epatico (il fegato a differenza del muscolo, non ha le transaminasi specifiche che permettono di ottenere i corrispondenti alfa-chetoacidi)

Gli aminoacidi ramificati competono con fenilalanina e triptofano per il medesimo trasportatore a livello della barriera ematoencefalica. La conseguenza è che, nell'esercizio fisico, tendendo a esaurire nel plasma gli aminoacidi ramificati prima degli altri aminoacidi, triptofano e tirosina vengono veicolati a livello cerebrale con maggiore efficienza, con benefici effetti sui sistemi serotoninergici e adrenergici che controllano sonno, umore e senso di fatica

Sono utilizzati come integratori per gli sport di potenza e di resistenza e nei regimi alimentari ipocalorici

danza, terza età). In genere viene definito in relazione al peso corporeo fisiologico (nell'atleta viene sempre inteso come peso forma), all'età, al sesso e al carico di lavoro svolto in allenamento.

Per definire correttamente il fabbisogno di proteine giornaliero di un atleta (che deve ovviamente essere sempre tale da pareggiare il bilancio azotato), è indispensabile poter valutare il peso, il livello di idratazione e i singoli costituenti della massa corporea (magra e grassa), oltre ovviamente alla durata e all'intensità dell'attività fisica giornaliera. È inoltre opportuno valutare la percentuale di aminoacidi essenziali apportati con la dieta che dovrebbe essere pari al 36% dell'apporto aminoacidico totale⁶ (Tabb. III-IV).

Negli atleti risulta quindi di particolare importanza mantenere un apporto energetico sufficiente per sostenere l'attività muscolare. In caso di apporto energetico insufficiente con la dieta, le proteine corporee vengono infatti metabolizzate per supplire al deficit energetico.

Con la riduzione delle riserve energetiche nell'organismo (dieta ipocalorica o digiuno), si ha una minor disponibilità di glicogeno e il glucosio viene quindi sintetizzato a partire dai composti proteici e dagli acidi grassi (glucogenesi). Il problema della corretta determinazione del fabbisogno proteico è dato dal fatto che la risposta del bilancio d'azoto verso quantità crescenti di proteine di buona qualità nutritiva non è lineare.

In caso di apporto proteico scarso, il miglioramento è proporzionale alla quantità di proteine apportate con gli

Tabella III. Sport a rischio di alimentazione carente.

Criteri	Disciplina sportiva
Basso peso Entrata energetica cronicamente bassa per mantenere peso e definizione muscolare	Ginnasti, ballerini, danzatori, fitness e aerobica
Peso da competizione rapida Rapida e drastica perdita di peso per accedere alle categorie di gara	Sport da ring e tatami
Aumento della massa magra definizione muscolare accentuata (drastica perdita di grasso e acqua corporea) ass. vit. liposolubili/crampi	Body building, pugilato
Dieta vegetariana (atleti strettamente vegetariani o vegani)	Endurance e pesistica

Tabella IV. Livelli proteici giornalieri (fabbisogno medio espresso in g/kg/die).

Adulti	0,8 g
Persone attive	1,0 g
Atleti di endurance	1,0-1,6 g
Sport di squadra (calcio)	1,4-1,7 g
Sport di forza	1,6-2,0 g

Fonti: International Society of Sports Nutrition ² e ISSN ⁷.

Nota: i valori riportati si intendono riferiti al peso corporeo inteso come peso forma.

alimenti, ma per quantità di proteine in grado di mantenere l'organismo non lontano da un bilancio di equilibrio, l'efficienza delle proteine diminuisce. I bisogni proteici appaiono quindi maggiori rispetto a quelli che si evidenziano in caso di basse assunzioni proteiche (Ardeni, p. 118) ³.

Integratori proteici e tecnologia di produzione

Oggi in ambito sportivo è in uso la pratica di integrare l'alimentazione con proteine concentrate in polvere da fonti alimentari differenti.

Le fonti proteiche maggiormente diffuse sono quelle del latte che vengono prodotte tramite processi tecnologici (essiccazione e concentrazione). Mentre l'essiccazione avviene in genere tramite la tecnica dello "spray-dried" (nebulizzazione in camere di aria calda), i processi di concentrazione avvengono tramite scambio ionico (resine che separano le proteine in funzione della loro carica elettrica) o ultrafiltrazione (tramite membrane filtranti).

Le proteine alimentari in forma di integratori (concentrate) sono spesso la risultante di due o più costituenti proteici differenti e danno luogo a risposte nutrizionali non omogenee in base alla risultante del profilo aminoacidico. Si possono stabilire quattro situazioni ⁸:

1) effetto complementare nullo (nel caso di identici aminoacidi mancanti o carenti);

2) effetto complementare scarso (uguale carenza di aminoacidi limitanti ma in misura quantitativamente differente);

3) effetto complementare limitato (fonti proteiche con comune carenza di un aminoacido, dove a prevalere è la fonte proteica con l'apporto più alto dell'aminoacido carente);

4) effetto complementare elevato (sinergia dei componenti della miscela proteica dove la qualità proteica risultante supera quella di ciascun singolo componente).

Proteine del latte (siero e caseina)

Le sieroproteine (definite anche con il termine "whey protein") sono proteine a elevato valore biologico di elevata qualità, solubili nei liquidi e prontamente digeribili. La frazione proteica risulta composta da albumine (75%) e globuline (15%).

Le sieroproteine sono considerate proteine veloci ², contengono una elevata percentuale di aminoacidi ramificati e aminoacidi solforati (cistina e metionina). La tendenza attuale è di produrre proteine delattosate (più compatibili con le esigenze di molti consumatori con problematiche di assorbimento verso il lattosio).

La caseina invece è il costituente maggiore (circa l'80% delle proteine del latte). Chimicamente è una fosfoproteina che con l'acido fosforico e l'acido citrico lega il calcio favorendone l'assimilazione (è per questo motivo che il latte risulta essere un alimento essenziale per l'assorbimento del calcio).

La caseina viene considerata una proteina a lento rilascio ² poiché nell'intestino crea un gel che rallenta il transito intestinale, favorendone l'assorbimento proteico. In commercio si trovano dei composti proteici da proteine del siero del latte e caseina con vari rapporti:

- isolato delle proteine del latte: costituisce una miscela di proteine del siero e caseina in rapporto variabile, che è caratterizzato da un tempo specifico di rilascio e assorbimento (spesso la formula è protetta da esclusività da parte del produttore);
- proteine totali del latte: rappresentano la frazione

proteica del latte tal quale (80% caseine coniugate e 20% di sieroproteine);

- concentrato di proteine: la frazione proteica è realizzata con rapporti proteici personalizzati dal produttore (che possono comprendere più fonti come, ad esempio, albume dell'uovo, soia e legumi) in base a specifiche esigenze di assorbimento o intolleranze verso uno o più componenti forniti dalle tradizionali proteine del latte.

Oltre alle proteine derivate dal latte vengono prodotte altre fonti proteiche come:

- proteine dell'uovo: ottenute dall'albume dell'uovo (ovoalbumina). Pur essendo caratterizzate da un profilo aminoacidico ottimale non risultano particolarmente gradite ai consumatori a causa del loro aroma e sapore ritenuto poco, o per nulla, gradevole;
- proteine della soia: sono principalmente richieste da coloro che risultano intolleranti verso le proteine del latte o non vogliono assumere proteine derivate da animali (vegetariani e vegani). Di recente, grazie al miglioramento dei processi d'estrazione e concentrazione, questo tipo di proteine è migliorato sotto l'aspetto della palatabilità e ciò ha contribuito a una miglior accettazione;
- proteine idrolizzate del frumento: sono poco diffuse in virtù del loro minore valore biologico (anche se possono arrivare ad apportare, a livello di aminoacidi, circa un 40% di glutammina), oltre a un gusto giudicato con poco favore dai consumatori e una bassa solubilità nei liquidi che le rendono poco adatte alla preparazione di bevande a elevato apporto proteico;
- proteine da legumi: sono proteine che possono fornire una buona percentuale proteica (e relativa quota aminoacidica); sono indicate nelle intolleranze al latte (lattosio) e possono costituire una base per una miscela proteica (ad esempio proteine concentrate da albume dell'uovo, soia e piselli).
- gainers proteici: i "Weight Gainer" rappresentano una tipologia di integratori destinati all'incremento di peso

corporeo e a migliorare l'apporto calorico complessivo della dieta giornaliera. Si tratta di prodotti formulati in polvere con una base di carboidrati e grassi a rilascio medio (grassi MCT), proteine da diverse fonti e loro derivati (creatina, glutammina, aminoacidi ramificati), vitamine e minerali a seconda del timing di utilizzo (prima, durante o dopo l'allenamento).

Conclusioni

Le proteine e i loro derivati (aminoacidi ramificati) risultano una fonte alimentare di grande valore nutrizionale riconosciuta anche dalla normativa italiana che regola la produzione e il commercio degli integratori alimentari (alimenti adatti ad un intenso sforzo muscolare soprattutto per gli sportivi). Come gli altri macronutrienti, carboidrati e grassi, le proteine richiedono un apporto minimo giornaliero (quantificabile in 0,8-1 grammo per chilo di peso corporeo, inteso come peso forma) per soggetti "medi" che non praticano attività fisica. Gli atleti rappresentano quindi una fascia di popolazione particolarmente attenta e sensibile nei confronti di maggiori esigenze in termini di apporto giornaliero. L'apporto raccomandato varia in considerazione del peso corporeo e dell'attività fisica praticata. Gli sport brevi e intensi strettamente legati alla potenza muscolare e alla forza richiedono un fabbisogno proteico più elevato (fino ai 2 g/kg/die). La dieta rappresenta la base per garantire un apporto di proteine sufficiente (da fonti proteiche differenti), e, in ambito sportivo, viene spesso integrata con l'utilizzo di prodotti appositamente formulati (integratori alimentari) a base di proteine del latte e suoi derivati (whey e caseine), uova o legumi. Oltre a questo, molecole proteiche come gli aminoacidi ramificati costituiscono per l'atleta una significativa fonte di nutrienti anabolici (incremento della massa muscolare) se associate, ovviamente, ad attività fisica adeguata. L'atleta e la persona attiva rappresentano in conclusione una fascia di popolazione con richieste energetiche e proteiche più alte della popolazione sedentaria e non attiva.

Bibliografia

- ¹ Nieman D. *Vegetarian dietary practices and endurance performance*. Am J Clin Nutr 1988;48:754.
- ² Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, et al. *International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise*. J Int Soc Sports Nutr 2007;4:8.
- ³ Ardeni G. *Le basi molecolari della nutrizione*, Padova: Piccin 1996, p. 122.

- ⁴ Pasquale M. *Amino acids and proteins for the athlete. The anabolic edge*. Florida: CRC Press Inc 1997.
- ⁵ Dioguardi FS. *Gli aminoacidi: lettere di un alfabeto più antico della vita*. Bologna: Lombar Key 2008.
- ⁶ Siani V. *Sport Energia Alimenti*. Bologna: Zanichelli 1993, p. 125.
- ⁷ Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, et al. *ISSN exercise & sport nutrition review:*

research & recommendations. J Int Soc Sports Nutr 2010;7:7.

- ⁸ Bressani R, Elias LG, Gomez Brenes RA. *Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation*. In: Bigwood EJ, editor. *Protein and amino acid functions*. Vol. 11. Oxford UK: Pergamon Press 1972, pp. 475-540.

CORRISPONDENZA

Marco Ceriani
gensanlab@gensan.com