



INTEGRAZIONE E SUPPLEMENTAZIONE NEL CICLISMO

Dott. Enrico Gazza

- Laureato in Farmacia.
 - Laureato in Scienze e Tecnologie del Fitness e dei Prodotti della Salute.
 - Zone Consultant.
 - Certified Fitness Trainer ISSA (International Sports Sciences Association).
 - Consigliere e socio fondatore ADISF (Associazione Italiana Dottori Scienze del Fitness).
- e-mail: ge.enrico@alice.it

Il ciclismo è certamente uno degli sport più popolari al mondo ed è praticato da milioni di atleti di tutti i livelli, dai cicloturisti ai professionisti. Tale articolo intende far luce su quali sono le vie percorribili per migliorare la prestazione atletica, adottando tutte quelle strategie che rendono il nostro organismo più funzionale, anche nello svolgimento delle normali attività quotidiane. Questo è ottenibile infatti, attraverso il miglioramento dello stile di vita, a cominciare dal modo in cui ci si nutre e a quante ore si dedicano al riposo e al recupero psico-fisico.

L'alimentazione ricopre un ruolo centrale per il mantenimento dello stato di salute di un individuo, conseguentemente anche le prestazioni atletiche sono strettamente correlate ad essa. L'apporto dei macronutrienti (carboidrati, proteine e lipidi) e dei micronutrienti (vitamine e sali minerali), deve essere adeguato alle caratteristiche fisiche del soggetto e alle attività che egli compie.

Per un ciclista è buona norma aver cura di inserire nella dieta alimenti contenenti ferro in forma eme e vitamina C per evitare stati sideropenici. Inoltre, è fondamentale il consumo di frutta e verdura fresca, in modo da apportare un giusto quantitativo di sali minerali e sostanze antiossidanti quali vitamine A, C, E, antocianosidi, ecc., che sono di primaria importanza per contrastare i radicali liberi dell'ossigeno. Questi ultimi, infatti, sono prodotti in quantità notevoli durante l'attività fisica dal normale metabolismo cellulare. Anche l'assunzione di grassi poli-insaturi della famiglia Omega-3, può risultare utile a prevenire stati infiammatori generalizzati, migliorando il profilo lipidico ematico.

Un ruolo chiave, per il funzionamento del nostro organismo, è svolto dall'acqua. Essa costituisce dal 40 al 70% della nostra massa corporea, nonché dal 65 al 70% del peso del muscolo^[1]. Da questi dati risulta semplice intuire, in che modo, un errato apporto idrico, possa influire negativamente sulle normali funzioni metaboliche. Negli sport di endurance come il ciclismo, uno stato di disidratazione, anche lieve, può riflettersi in maniera sensibilmente negativa sulla prestazione atletica. Basti pensare, che per ogni litro d'acqua perso, si avrà un aumento di otto battiti cardiaci per minuto, un abbassamento della gittata cardiaca e un incremento della temperatura corporea. Questi dati dovrebbero far riflettere sull'importanza dell'euidratazione, ovvero della "buona" idratazione, in primis, nel mantenimento di un adeguato stato di salute, poi, anche come strumento per ottenere un miglioramento della prestazione atletica derivante da un'ottimizzazione delle funzioni metaboliche. Allora, quando, quanto e cosa bere? Secondo l'American College of Sports Medicine (1996), è necessario che ognuno beva 500 ml di fluidi circa, due ore prima dell'esercizio, per promuovere un'adeguata idratazione ed avere il tempo necessario per l'escrezione di un eventuale eccesso di liquidi. Durante l'esercizio, invece, occorre iniziare a bere presto ed a intervalli regolari rimpiazzando così l'acqua perduta attraverso il sudore. Se si sceglie di bere acqua, le caratteristiche ideali sono: temperatura tra 10 e 28 °C; acqua liscia o poco gassata; residuo fisso tra 500 e 700 mg/l; vicina all'essere isotonica; lievemente alcalina per presenza di bicarbonato di sodio^[2]. Nei periodi di maggior caldo ed umidità e quando si affrontano allenamenti di fondo, è consigliabile utilizzare un integratore salino in modo da reintegrare i sali minerali perduti attraverso la sudorazione.

Le attuali conoscenze in campo scientifico ci permettono di avere una miriade di integratori da utilizzare, affiancandoli ad una adeguata alimentazione e un corretto stile di vita, al fine di ottimizzare la prestazione atletica. L'uso di un integratore alimentare si rende necessario nel momento in cui la normale dieta non copre un preciso fabbisogno, oppure, nel caso si voglia incrementare il quantitativo di una sostanza oltre il normale fabbisogno, in quest'ultimo caso si parla di supplemento dietetico.

CARBOIDRATI

I carboidrati, o glucidi, sono costituiti da carbonio, idrogeno ed ossigeno e rappresentano la fonte energetica predominante nell'attività fisica ad alta intensità^[1]. Nell'alimentazione li troviamo sotto forma di carboidrati semplici (saccarosio, fruttosio, glucosio, lattosio ecc.) ed anche come carboidrati complessi (amilosio e amilopectina), che sono polimeri del glucosio. Nelle cellule muscolari e negli epatociti troviamo invece il glicogeno, ovvero, un polisaccaride endogeno molto simile strutturalmente all'amilopectina, data la notevole presenza di ramificazioni. In un individuo ben nutrito di 80 kg possiamo trovare circa 500 g di glicogeno di cui 400 g stipati nel muscolo scheletrico e i restanti 100 g di glicogeno epatico^[1]. I carboidrati, sotto forma di glicogeno, risultano essere per l'organismo, una fonte energetica limitata. Basti pensare che un'ora di esercizio ad alta intensità causa una deplezione del 55% del glicogeno epatico, mentre, due ore di esercizio strenuo, portano al totale esaurimento di quest'ultimo e anche del glicogeno contenuto nei muscoli specificatamente esercitati^[1]. Da tali dati risulta lampante l'importanza della dieta e di un'adeguata integrazione al fine di prevenire la totale deplezione del glicogeno. Gli atleti e tutti coloro che compiono attività fisica ad alta intensità, dovrebbero assumere almeno un 50-60% delle calorie totali provenienti da carboidrati, in particolare, da amidi derivati da cereali integrali ricchi di fibra, frutta e verdura^[1]. Atleti che si allenano intensamente, dovrebbero assumere 10 g di carboidrati per kg di peso corporeo^[1]. È molto utile ricordare inoltre che, dopo un esercizio intenso e prolungato occorre attendere almeno 24 ore (reintegrando correttamente i glucidi), affinché il glicogeno muscolare torni a livelli adeguati^[3].

L'assunzione di carboidrati risulta particolarmente importante anche durante l'attività fisica. Intervenendo con una corretta integrazione glucidica durante lo sforzo fisico intenso, momento in cui il glicogeno muscolare si consuma per produrre energia, possiamo risparmiare e ritardare di molto la deplezione del

glicogeno stesso, riuscendo a migliorare notevolmente la prestazione atletica. Le tecnologie attuali ci permettono di disporre di integratori glucidici come le maltodestrine (polimeri brevi contenenti dalle 20 alle 30 unità di glucosio) che, sono molto più efficaci delle normali bevande zuccherate, poiché non rallentano lo svuotamento gastrico e sono prontamente utilizzabili dall'organismo, mantenendo costante la glicemia, risparmiando così il glicogeno muscolare. Uno studio americano, condotto su 14 ciclisti allenati che affrontano una prova a cronometro di 80 miglia, dimostra che, l'utilizzo di una soluzione al 5% di maltodestrine e 2% di fruttosio con un apporto medio di 37 g/ora, produce un notevole incremento della prestazione, rispetto all'esecuzione della stessa prova fisica, completata con l'utilizzo di solo placebo. I tempi di completamento della prova a cronometro sono stati più veloci del 5% quando i ciclisti sono stati alimentati con maltodestrine e fruttosio riscontrando che i loro livelli plasmatici di glucosio erano significativamente più elevati^[4].

Per ottimizzare la velocità di assorbimento dei carboidrati è raccomandabile utilizzare soluzioni al 5-8% di carboidrati più elettroliti^[1]. È fondamentale rispettare questa proporzione in situazioni in cui si svolge attività fisica esposti a caldo estremo (in modo tale da reidratare adeguatamente l'organismo), fornendo un buon quantitativo di carboidrati pronti ad entrare nel torrente ematico^[1]. Nel caso di climi più freschi si può utilizzare anche una soluzione di carboidrati con concentrazioni fino al 15%^[1]. In sintesi, durante l'esercizio fisico intenso, la miglior reintegrazione di carboidrati avviene ad un dosaggio compreso tra i 30 ed i 60 g/ora^[1]. Da un punto di vista pratico, ad esempio, se vogliamo assumere una soluzione all'8% di carboidrati (ottimale sarebbe un mix di maltodestrine, fruttosio e glucosio), al dosaggio di 30 g per ora, basterebbe disciogliere 30 g di carboidrati in circa 380 ml di acqua e bere tale soluzione in un'ora. Se invece vogliamo una soluzione sempre all'8%, ma vi è la necessità di aumentare l'apporto di carboidrati all'ora, a causa di una gara che implica un lavoro prolungato ad intensità elevata e fortemente glicolitico, allora basterà disciogliere i 60 g di carboidrati in 750 ml di acqua e bere tale quantitativo in un'ora. Se invece si utilizzano gel già pronti all'uso, essendo questi ultimi in genere molto concentrati, può essere utile bere acqua dopo averli assunti in modo da velocizzare lo svuotamento gastrico e quindi l'assimilazione.

PROTEINE

La massa corporea di una persona di statura media è costituita da circa 10-12 kg di proteine. Chimicamente contengono anch'esse, come i carboidrati, atomi di carbonio, idrogeno e ossigeno, in più però troviamo anche zolfo, fosforo e circa il 16% di azoto^[1]. Le proteine sono costituite da catene più o meno lunghe di aminoacidi legati tra loro tramite legame peptidico, sono presenti in moltissimi alimenti, sia di origine vegetale che di origine animale, questi ultimi forniscono proteine a più alto valore biologico in quanto posseggono un profilo amminoacidico che soddisfa a pieno il fabbisogno dell'organismo umano. Può essere utile una supplementazione proteica in uno sport di endurance come il ciclismo? Per rispondere a tale quesito, è possibile analizzare i risultati di uno studio, secondo il quale, il catabolismo proteico a scopo energetico durante l'esercizio fisico, diviene rilevante solo quando si lavora in situazioni in cui si è arrivati a deplezione di glicogeno muscolare^[5]. Ecco che il destino delle proteine è strettamente correlato alla disponibilità di glicogeno, che a sua volta dipende dal quantitativo di carboidrati presenti nella dieta. Si può affermare quindi che, per prevenire la mobilitazione a scopo energetico delle proteine costituenti il tessuto muscolare, è necessario un adeguato apporto di carboidrati al fine di prevenire la deplezione del glicogeno muscolare. In termini quantitativi, il fabbisogno giornaliero di proteine per un atleta di endurance, come un ciclista, si attesta tra 1,2g e 1,8 g di proteine per kg di peso corporeo^[1]. Una dieta che fornisce questo apporto proteico soddisfa totalmente il fabbisogno di un atleta di endurance. Nonostante ciò, può essere utile utilizzare proteine del siero del latte immediatamente dopo lo sforzo intenso, in modo da fornire il più rapidamente possibile aminoacidi che andranno a favorire il recupero muscolare.

L-CARNITINA

La L-carnitina è un acido carbossilico a catena corta, è presente maggiormente in carne e prodotti caseari e nel nostro organismo viene sintetizzato a livello epatico dagli aminoacidi metionina e lisina. La concentrazione maggiore si ha nelle cellule muscolari, dove compie la sua normale funzione metabolica che è quella di facilitare il trasporto degli acidi grassi a catena lunga nei mitocondri, che sono la centrale energetica della cellula. La L-carnitina fa parte del sistema enzimatico carnitina-acil CoA transferasi e una sua carenza limita il funzionamento di tale sistema andando a rallentare la beta-ossidazione degli acidi grassi a catena lunga^[6]. La L-carnitina migliora il metabolismo muscolare, mantenendo costante il rapporto Acetil CoA/CoA, in particolare nelle fibre a contrazione lenta (tipo I)^[7]. Tale funzione permetterebbe di limitare l'accumulo di acido lattico, con un conseguente aumento della prestazione^{[8][9]}. Nonostante ciò, in letteratura scientifica, vi sono studi discordanti sull'effettivo potenziale ergogenico di un supplemento a base di L-carnitina. È invece dimostrata l'azione vasodilatatoria che la L-carnitina espleta a livello dei tessuti periferici^[10], migliorando la circolazione ed incrementando la disponibilità di ossigeno a livello tissutale. Pertanto, una supplementazione di L-carnitina riduce il dolore muscolare post esercizio indotto da danno ipossico^[11]. Tale conclusione è deducibile dal fatto che un'adeguata assunzione di L-carnitina causa diminuzione dei markers ematici di degradazione delle purine, nonché, una riduzione dei radicali liberi dell'ossigeno^[11]. Da quanto detto, risulta chiaro come, una supplementazione di L-carnitina, possa essere utile sia per chi compie allenamenti di endurance (come il ciclismo, maratona ecc.), che per chi compie allenamenti contro resistenza (sollevamento pesi ecc.). Sia per ottimizzare la lipolisi, che per migliorare la propria efficienza muscolare, possono essere utili dosaggi giornalieri da 0,5 g a 3 g di L-carnitina. Per il ciclista è consigliabile assumere una parte della dose giornaliera di L-carnitina prima dell'allenamento o della gara e l'altra parte a metà dello stesso, in modo da avere sempre buone concentrazioni di L-carnitina nel sangue nell'arco temporale della prestazione sportiva.

BCAA (Branched-chain amino acids)

Gli aminoacidi a catena ramificata sono la valina, la leucina e l'isoleucina. Essi sono aminoacidi essenziali, in quanto, il nostro organismo non può sintetizzarli ed è pertanto necessario assumerli in quantità adeguate con l'alimentazione. È noto che i BCAA possono essere ossidati nel muscolo scheletrico, mentre altri aminoacidi vengono catabolizzati principalmente nel fegato^{[12][11]}. L'esercizio fisico intenso di endurance, specie quando si arriva allo stato di deplezione glucidica, causa un aumento considerevole dell'ossidazione degli aminoacidi ramificati^[11]. C'è da specificare che tale fenomeno è tanto più marcato, quanto più è avanzata la deplezione di glicogeno muscolare, epatico e di glucosio ematico. Uno studio condotto somministrando 77 mg per kg di peso corporeo di BCAA prima dell'esercizio, dimostra una diminuzione del catabolismo muscolare e della creatininchinasi^[13]. La supplementazione di BCAA aumenta la resistenza alla fatica e l'ossidazione dei lipidi durante l'esercizio fisico, in situazione di deplezione glucidica^[14]. Attraverso test al cicloergometro per la misurazione della soglia del lattato, è stato dimostrato che l'assunzione di 500 ml di una bevanda allo 0,4% di BCAA e 4% di carboidrati, è in grado di migliorare il VO2max migliorando la capacità aerobica nell'esercizio di endurance^[15]. Sono considerabili sicuri dosaggi fino a 10 g al giorno di BCAA. Indicativamente 100 mg/kg/die risulta essere un dosaggio efficace. Non vi sono tuttavia precise informazioni sul dosaggio minimo in grado di dare un miglioramento della performance atletica^[16]. Nello sportivo di endurance è consigliata l'assunzione di BCAA prima e durante l'attività fisica, in modo da mantenere alti i livelli plasmatici degli stessi durante la fase di deplezione glucidica, che avviene nella seconda metà dell'allenamento. Tale livello plasmatico di aminoacidi ramificati permetterà di aumentare la resistenza alla fatica, migliorando di fatto la performance atletica. È noto inoltre un meccanismo espletato dai BCAA a livello del SNC, attraverso il quale, essi sarebbero in grado di competere col triptofano

(aminoacido noto per essere implicato nella percezione della fatica centrale), diminuendo pertanto la sensazione di fatica derivante dall'esercizio muscolare^[17].

GLUTAMMINA

La glutammina è un aminoacido non essenziale, sintetizzata principalmente nel muscolo scheletrico dagli aminoacidi arginina, ornitina e prolina. All'interno dell'organismo umano, essa compie molteplici funzioni e costituisce circa il 65% degli aminoacidi che compongono il tessuto muscolare. La glutammina è l'aminoacido precursore di due importanti neurotrasmettitori, il glutammato (eccitatorio) e l'acido γ -amminobutirrico (inibitorio), ed interviene nella sintesi del glutatione, uno dei più importanti antiossidanti che l'organismo è in grado di produrre. La glutammina ha un importante ruolo nel ciclo dell'urea poiché, funge da trasportatore di gruppi amminici al fegato ed è in grado di diminuire l'ammoniemia durante l'esercizio fisico^[18], inoltre presenta un effetto anticatabolico e stimola la sintesi proteica^{[19][20][21]}. Questo aminoacido svolge un ruolo importante nella normale funzione immunitaria, agendo come carburante metabolico per linfociti e macrofagi^[22]. La concentrazione plasmatica di glutammina, diminuisce a seguito di esercizio intenso e prolungato, il quale determina un abbassamento temporaneo delle difese immunitarie. Tale dato è supportato da uno studio che dimostra come, un'integrazione di glutammina (5 g in 330 ml di acqua minerale), assunta da un gruppo di maratoneti subito dopo le due ore e mezza di prova fisica estenuante, sia in grado di ridurre la probabilità di contrarre infezioni alle prime vie respiratorie^[23]. Tuttavia, studi più recenti, mettono in discussione la reale efficacia della glutammina nel migliorare l'immunodepressione post esercizio intenso^[24]. Nello sport di endurance, come il ciclismo, la glutammina può avere una buona applicazione pratica, in quanto, se assunta dopo l'allenamento, promuoverebbe una migliore risintesi del glicogeno muscolare nella fase di recupero^[25]. Nel ciclista, l'assunzione raccomandata di glutammina, va da 5 g a 8 g nel post allenamento, ovviamente abbinata ad un corretto apporto di liquidi e zuccheri in modo tale da garantire un veloce ripristino del glicogeno muscolare utilizzato. Dosi fino a 0,65 g/kg di massa corporea di glutammina risultano essere ben tollerate^[24].

HMB (Beta-idrossi-beta-metilbutirrato)

L'HMB è un metabolita biologicamente attivo, generato dal catabolismo dell'aminoacido essenziale a catena ramificata leucina^[1]. Il 5% circa della leucina assunta attraverso la dieta, è metabolizzato ad HMB^[26]. Evidenze scientifiche dimostrano che l'HMB è in grado di inibire la via proteolitica dell'ubiquitina-proteasoma, responsabile della degradazione specifica delle proteine intracellulari, inoltre, si è dimostrato efficace nell'incrementare la sintesi proteica attraverso un meccanismo mTOR dipendente^[27]. L'HMB è riscontrabile in piccole quantità negli alimenti, quali latte intero, pesce gatto e pompelmo^[1]. Numerosi studi dimostrano che l'HMB, compiendo la sua azione anticatabolica ed incrementando la sintesi proteica, porti marcati benefici a chi ne fa uso, soprattutto in termini di guadagno di forza e massa magra. Tutto ciò lo rende uno degli integratori più interessanti ed utili per tutti gli atleti che si cimentano in sport che richiedono sforzi muscolari intensi. Non solo gli atleti di forza quindi, traggono benefici da un'integrazione con HMB, ma, anche gli atleti di endurance come i ciclisti. Quanto detto è dimostrato infatti da diversi studi scientifici secondo i quali, mantenendo il lavoro ad un'intensità tale da avere un livello di lattato ematico di 2 mmol/l, con una supplementazione di HMB di 3 g al giorno, si riesce a migliorare il VO₂max in ciclisti professionisti, rispetto al placebo^[28], aumentando inoltre il tempo necessario a raggiungere il VO₂max^[29]. Altri studi effettuati sempre su atleti di endurance, dimostrano una riduzione dei markers ematici di danno muscolare come CK (creatinchinasi) e LDH (lattato deidrogenasi)^[30]. Tali dati rendono l'HMB di notevole interesse per i ciclisti, sia nella fase di lavoro invernale con i pesi per l'incremento della forza, sia durante la stagione agonistica. Per quanto riguarda il

dosaggio, è consigliabile utilizzarne 3 g al giorno, in quanto dosaggi superiori non hanno evidenziato ulteriori vantaggi^[27]. Data la breve emivita dell'HMB, il timing di assunzione ottimale, è di 1 grammo al mattino, 1 g una pre-allenamento e 1 g post-allenamento.

ARGININA

L'arginina è un aminoacido "condizionalmente essenziale", coinvolto nella sintesi proteica, nella disintossicazione dall'ammoniaca, e può essere convertito in glucosio ed essere metabolizzato a scopo energetico^[31]. Ne sono ricchi alimenti quali: merluzzo sotto sale, arachidi, nocciole, farina di soia, tacchino, ceci ecc. Il potenziale ergogenico di una supplementazione di arginina è ricercabile nelle tre funzioni metaboliche principali che essa compie: 1) ruolo nella secrezione endogena di ormone della crescita; 2) coinvolgimento nella sintesi di creatina (prodotta da arginina, metionina e glicina); 3) ruolo nella sintesi dell'ossido nitrico^[31]. L'assunzione dietetica tipica di arginina va dai 3,5 ai 5 grammi al giorno^[32]. Uno studio condotto su maratoneti con una somministrazione di 15 g/die di arginina aspartato ha rilevato che le concentrazioni di ormone della crescita, sono cresciute durante la maratona ad un livello maggiore di come, il solo esercizio fisico, avrebbe potuto provocare^[33]. Tuttavia, mentre su individui malati vi sono diverse evidenze scientifiche che avvalorano l'impiego di un supplemento a base di arginina, vi sono attualmente poche prove scientifiche a disposizione per sostenere che, gli stessi supplementi risultino efficaci per migliorare la capacità funzionale di soggetti sani^[31].

BETA-ALANINA

La β -alanina è un aminoacido non essenziale strutturalmente differente dall' α -alanina poiché non possiede centro chirale e non partecipa alla sintesi proteica. La β -alanina, nel muscolo scheletrico, viene unita all'aminoacido istidina, a formare carnosina. Tale sostanza si forma sotto l'azione dell'enzima carnosina sintetasi e la β -alanina risulta essere l'aminoacido limitante di tale reazione. Pertanto, una supplementazione di β -alanina, riesce ad aumentare la concentrazione di carnosina nel muscolo scheletrico^[34]. Carnosina ed anserina, di-peptidi presenti in molti alimenti proteici, sono fonti alimentari di β -alanina, inoltre, essa è sintetizzata dall'organismo umano dalla degradazione dei nucleotidi pirimidinici. Uno studio scientifico dimostra che, la carnosina è 1,71 volte maggiore nelle fibre IIa rispetto alle fibre di tipo I e che, una supplementazione di β -alanina, aumenta i livelli di carnosina ugualmente in entrambi i tipi di fibre muscolari^[35]. L'aumentato livello di carnosina all'interno delle fibre muscolari costituisce un notevole vantaggio per tutte le prestazioni atletiche che comportano un considerevole incremento del metabolismo anaerobico lattacido. La carnosina è in grado di tamponare l'eccesso di ioni H⁺ intracellulari derivanti dall'acido lattico, migliorando la capacità di eseguire esercizi aerobici ad alta intensità^[36]. Uno studio molto interessante condotto su ciclisti allenati, dimostra che, una supplementazione di β -alanina (2-4 g/die per 8 settimane), è in grado di migliorare le capacità di sprint dopo un duro esercizio di endurance^[37]. Dosaggi di β -alanina tra i 3-6 g/die, si sono dimostrati utili per incrementare i livelli di carnosina muscolare, in percentuali variabili dal 42,1% al 65,8%^[38]. La β -alanina è un integratore sicuro, ma non vi sono ancora studi scientifici che attestino tale sicurezza per un uso cronico oltre le 12 settimane. Si consiglia la somministrazione in più dosaggi giornalieri da 400-800 mg, in modo da limitare al minimo la sgradevole sensazione di parestesia che sopraggiunge generalmente a dosaggi più elevati.

PIRUVATO

Il piruvato è un alfa-chetoacido a tre atomi di carbonio ed è il prodotto finale della glicolisi. L'acido piruvico è una molecola altamente instabile, perciò ne sono state prodotte diverse forme salificandolo con sodio, calcio, potassio o magnesio^[1]. L'acido piruvico è normalmente presente nella dieta in quantitativi variabili dai 100 mg ai 2000 mg, infatti esso è contenuto in buone quantità in alimenti quali mele rosse (500 mg circa per ciascuna), birra scura e vino rosso^[1]. Un supplemento dietetico di acido piruvico sembra aumentare la prestazione atletica e il consumo lipidico^[1]. La maggior parte degli studi scientifici, rivela effetti positivi indotti da una supplementazione di piruvato sulla prestazione atletica negli sport di resistenza^[1]. Il meccanismo che produce tali effetti, viene attribuito alla capacità del piruvato di aumentare il trasporto di glucosio nel muscolo. Tale "maggiore estrazione" di glucosio dal sangue, a favore del muscolo scheletrico, fornisce un'importante risorsa energetica per sostenere l'esercizio aerobico^[1], aiutando contemporaneamente a risparmiare le riserve di glicogeno muscolare^[39]. Inoltre, una supplementazione di piruvato, è in grado di aumentare i livelli di glicogeno muscolare in presenza di una dieta normo-glucidica (CHO 55% delle calorie totali)^[40]. L'assunzione di piruvato esogeno, in concomitanza con un regime alimentare ipocalorico provoca diminuzione della massa grassa^[1]. Uno studio (D. Kalman et al. "Effetti del piruvato nella composizione corporea" Current Therapeutic Research 1998) dimostra che 6 g di piruvato al giorno hanno indotto una diminuzione del 12% del grasso corporeo in individui sovrappeso. Inoltre, i soggetti dell'esperimento, hanno registrato un aumentato livello di vigore ed una diminuzione del senso di fatica. In uno sport di endurance come il ciclismo si possono trovare benefici nell'utilizzo di un supplemento di piruvato a dosaggi tra i 2 ed i 6 g al giorno, da assumere ai pasti.

GLICEROLO

Il glicerolo è un alcol trivalente in grado di dar luogo alla formazione di trigliceridi, dopo aver legato a se tre acidi grassi. Si presenta come un liquido incolore, solubile in acqua e di sapore dolciastro. Il glicerolo è un substrato gluconeogenico e la sua ossidazione fornisce 4,3 Kcal/g. Esso si trova incorporato nei fosfolipidi di membrana ed è un metabolita osmoticamente attivo. Il glicerolo assume importanza clinica per le sue capacità di indurre diuresi osmotica^[1]. Viene infatti utilizzato in tutte quelle problematiche nelle quali vi è un eccessivo accumulo di liquidi (edema), in particolare a livello cerebrale ed oculare^[1]. Il glicerolo penetra nel liquido cerebrospinale e nell'umore acqueo molto lentamente, creando un effetto osmotico in grado di drenare liquidi in eccesso da questi tessuti^[1]. In ambito sportivo, può essere utilizzato per il suo effetto diuretico, ad un dosaggio di 1 g/kg di peso corporeo diluito in 500 ml di acqua. Tale modalità di assunzione è assolutamente controindicata nel ciclismo, ma può trovare applicazione in sport come il culturismo (dove si cerca la massima definizione muscolare), oppure in tutti quegli sport in cui è importante il controllo del peso corporeo, poiché, le competizioni si svolgono per categorie di peso. Nel ciclismo e negli altri sport di endurance, il glicerolo trova un'importante applicazione ad un dosaggio di 1 g per kg di peso corporeo diluito in 1-2 litri di acqua, da assumere da sei a due ore prima della gara, nel caso in cui, tale competizione si svolga in condizioni climatiche torride. Attività fisiche intense e prolungate nel tempo, in condizioni di esposizione a climi particolarmente caldi ed umidi, possono portare ad una eccessiva sudorazione con perdite ponderali in liquidi, che possono superare il 2% del peso corporeo complessivo. Tale condizione di disidratazione, porta ad un aumento della temperatura corporea, ad uno stress cardiovascolare, che si traduce in un aumento della frequenza cardiaca, ed un calo della prestazione atletica. Studi scientifici dimostrano che, l'assunzione di 1 g per kg di peso corporeo di glicerolo, disciolto in 1-2 litri di acqua, facilita l'assorbimento di liquidi a livello intestinale^[41], provocando una ritenzione idrica extracellulare, principalmente a livello del compartimento plasmatico^{[42][43][44]}. Supplementi di glicerolo riducono il rischio di stress da calore, mantenendo una frequenza cardiaca più bassa ed una minore temperatura corporea durante l'attività fisica, consentendo quindi un aumento della prestazione^[45].

In casi di caldo estremo, in concomitanza con prestazioni atletiche intense e prolungate, una supplementazione di glicerolo ai dosaggi indicati sembra essere una misura preventiva per la salute degli atleti^[1]. L'assunzione di glicerolo è assolutamente controindicata durante la prestazione sportiva in quanto aggraverebbe lo stato di disidratazione.

SOLUZIONI TAMPONE (Bicarbonato di sodio; Citrato di sodio)

Esercizi molto intensi, che utilizzano in maniera predominante il metabolismo anaerobico lattacido, possono condurre ad un accumulo di acido lattico con conseguente abbassamento del pH intracellulare^[46]. Tale aumento dell'acidità provoca un'inibizione del trasferimento di energia e della capacità contrattile delle fibre muscolari attive^{[47][48][49]}. Nell'organismo, la prima forma di difesa contro l'eccessivo accumulo intracellulare di ioni idrogeno, è rappresentata dal sistema tampone bicarbonato-acido carbonico^[1]. Livelli elevati di bicarbonato nei fluidi extracellulari, provocano un rapido rilascio di idrogenioni dalle cellule, riducendo così l'acidità intracellulare^[50]. Tali fatti hanno portato ad avanzare l'ipotesi che, incrementando le riserve di bicarbonato, si possa ottenere un aumento della prestazione anaerobica. Effettivamente è stato dimostrato che, tali miglioramenti della prestazione atletica, esistono e valgono anche per sport che implicano un lavoro aerobico ad alta intensità^[1]. Infatti, anche attività prevalentemente aerobiche, come il ciclismo ad esempio, possono provocare un accumulo di acido lattico durante fasi di lavoro oltre la soglia anaerobica. Tale accumulo di acido lattico influisce negativamente sulla prestazione fisica, diminuendo la capacità contrattile e di conseguenza la resistenza allo sforzo. L'assunzione di soluzioni tampone come bicarbonato di sodio o citrato di sodio prima dell'attività fisica, si sono dimostrate in grado di facilitare lo smaltimento di acido lattico e di idrogenioni, migliorando la funzione muscolare^[1]. Uno studio è stato condotto su 8 ciclisti che hanno assunto 0,5 g di citrato di sodio per kg di peso corporeo prima di una prova di 30 km. I ciclisti che avevano assunto citrato di sodio, hanno completato la prova più velocemente, rispetto a coloro cui era stato somministrato del placebo^[51]. Per quanto riguarda soluzioni tampone di bicarbonato di sodio, esse si sono dimostrate efficaci a dosaggi di 0,3 g per kg di peso corporeo assunti almeno 1-2 ore prima della competizione. Soluzioni di bicarbonato di sodio, possono produrre crampi addominali e diarrea, pertanto, è consigliabile sostituirle con soluzioni di citrato di sodio (0,5 g per kg di peso corporeo), in modo tale da ridurre o eliminare l'incidenza di questa fastidiosa sintomatologia gastrointestinale^[52]. Di notevole interesse è uno studio che va ad analizzare gli effetti di una concomitante somministrazione di bicarbonato di sodio e β -alanina. Da tale studio emerge che, la β -alanina è in grado di migliorare la performance fisica nel ciclismo ad alta intensità e che la contemporanea assunzione di sodio bicarbonato non causa un miglioramento statisticamente significativo della prestazione^[53]. Nonostante ciò, vi sono evidenze per credere che la concomitante somministrazione di β -alanina e bicarbonato di sodio possa provocare un ulteriore incremento della prestazione, rispetto alla sola somministrazione di β -alanina^[53].

TRIGLICERIDI A CATENA MEDIA (MCTs)

Tempistiche di digestione, assorbimento ed assimilazione relativamente lunghe, fanno dei trigliceridi a catena lunga, una risorsa non ottimale e scarsamente utilizzabile ai fini energetici durante l'attività muscolare^{[54][55]}. I trigliceridi a catena media (MCTs), prodotti inizialmente per pazienti con problemi di malassorbimento, fanno il loro ingresso nel mondo dello sport grazie alle loro particolari caratteristiche, che li rendono prontamente disponibili ad essere sottoposti alla beta-ossidazione. I MCTs contengono acidi grassi saturi a 8-10 atomi di carbonio^[1] e non rallentano lo svuotamento gastrico, come avviene per i grassi in genere^[61]. Le lipasi, contenute nella saliva, succo gastrico e succo pancreatico, scindono gli MCTs in glicerolo ed acidi grassi a media catena. Tali acidi grassi, si solubilizzano in ambiente acquoso e tale caratteristica li rende inadatti ad attraversare velocemente la mucosa intestinale^[1], perciò, come avviene

per gli acidi grassi a catena lunga, anche gli acidi grassi a catena media devono essere trasportati nei chilomicroni attraverso il sistema linfatico^{[56][57]}. Una volta giunti ai tessuti, essi si muovono molto rapidamente attraverso la membrana plasmatica, entrando direttamente nei mitocondri pronti ad essere ossidati. Il passaggio degli acidi grassi a catena media all'interno del mitocondrio è indipendente dal sistema carnitina-acil-CoA transferasi^[58]. Una supplementazione di MCTs, aumenta rapidamente i livelli plasmatici di acidi grassi liberi. Questo può portare ad un risparmio delle riserve di glicogeno epatico e muscolare man mano che l'esercizio aerobico aumenta di intensità^{[59][60]}. Un interessante studio scientifico, è stato condotto su sei ciclisti ben allenati, utilizzando un supplemento ad alto dosaggio (86 g) di MCTs, da soli o combinati con carboidrati, da assumere durante l'esercizio fisico. Si è osservato che, sostituire i carboidrati assumendo solo i MCTs, comportava una diminuzione della prestazione di circa l'8%, invece l'assunzione contemporanea di carboidrati con MCTs, incrementava significativamente la velocità media (2,5%) rispetto ai ciclisti che avevano assunto solo la soluzione al 10% di carboidrati^[62]. Tale effetto ergogenico descritto si verificava in concomitanza di: 1) ridotta ossidazione glucidica totale ad un determinato consumo di ossigeno, 2) maggiore concentrazione finale di acidi grassi liberi e chetoni circolanti, 3) una più bassa concentrazione finale di glucosio e lattato^[1]. Può essere consigliabile una supplementazione di MCTs al dosaggio di 30 g da assumere prima e durante l'attività ciclistica, ricordando di aggiungere in borraccia anche un adeguato quantitativo di carboidrati ed elettroliti.

RHODIOLA ROSEA

La *Rhodiola Rosea* è una pianta erbacea perenne, originaria delle regioni montuose del nord dell'Europa e può essere rinvenuta anche sulle Alpi e sui Pirenei. La droga consiste nella radice raccolta in autunno da piante di almeno 3-4 anni. Essa viene essiccata a temperature tra 40-50°C. Nel fitocomplesso ritroviamo due glicosidi ritenuti i principali responsabili dell'attività farmacologica, che sono, il Salidroside e il Rosavin. La *Rhodiola Rosea*, svolge un'ormai nota azione adattogena, migliorando la capacità di adattamento a stress di tipo fisico, chimico e biologico. Alla *Rhodiola Rosea* sono attribuibili proprietà antidepressive, cardioprotettive, antitumorali e il Rosavin, risulta particolarmente utile nello stimolare la lipasi, favorendo una diminuzione del tessuto adiposo. Inoltre, emerge da vari studi, la capacità della *Rhodiola Rosea* di incrementare la performance sportiva nell'esercizio di endurance. Uno studio scientifico dimostra come una somministrazione acuta di *Rhodiola Rosea* (200 mg di estratto contenente il 3% rosavin, 1% salidroside, 500 mg di amido,) riusciva ad incrementare la capacità di esercizio di endurance, rispetto a placebo, in giovani volontari sani^[63]. Un altro interessante studio, effettuato sempre con somministrazione acuta di *Rhodiola Rosea* a 3 mg per kg di peso corporeo (210 mg in un individuo di 70 kg), dimostra una riduzione della frequenza cardiaca durante esercizio sub-massimale al cicloergometro, riducendo inoltre la percezione dello sforzo, rispetto al placebo^[64]. Per quanto riguarda la supplementazione cronica con *Rhodiola Rosea*, sono stati evidenziati notevoli vantaggi, infatti, uno studio dimostra che una supplementazione di 14 giorni è in grado di ridurre sia i livelli di lattato sia i parametri di danno muscolare scheletrico, dopo una sessione di allenamento completo. Tale supplementazione inoltre, sembra migliorare il consumo di acidi grassi. Nel loro insieme, queste osservazioni confermano che *Rhodiola Rosea* può aumentare la capacità adattogena all'esercizio fisico^[65]. Nel ciclismo può essere utile la somministrazione di un estratto secco di *Rhodiola Rosea* (titolato al 3% in Rosavin), ad un dosaggio di circa 3 mg per kg di peso corporeo, da assumere 1 ora prima della gara.

CAFFEINA

La caffeina (1,3,7-trimetilxantina) è un alcaloide naturale presente nei chicchi di caffè, nelle foglie di tè, nei semi di guaranà, nel cacao, nelle noci di cola e viene spesso addizionata a molte bevande gassate. Assumendo una tazza di caffè espresso, il quantitativo di caffeina presente è tra gli 80 e 100 mg, una lattina da 330 ml di bibita alla cola contiene circa 35 mg di caffeina, mentre una lattina da 250 ml di un energy drink, ne contiene 80 mg. La caffeina viene assorbita molto rapidamente dal tratto gastrointestinale, raggiungendo picchi plasmatici nell'arco di una sola ora. Anche il metabolismo è molto rapido e l'emivita plasmatica va dalle 3 alle 6 ore^[1]. Diverse evidenze scientifiche portano ad affermare che la caffeina svolge un effetto ergogenico, migliorando le prestazioni atletiche sia nell'esercizio aerobico moderato sia in quello intenso. Sembra che l'assunzione di caffeina o di una xantina, prima di un esercizio fisico ad alta intensità, favorisca l'uso dei grassi come carburante, risparmiando le limitate riserve di carboidrati nel corpo^{[66][67][68]}. Il miglioramento della prestazione da parte della caffeina, è stato associato a basse concentrazioni di potassio nel plasma prima della prova e ad una più alta concentrazione di glucosio nel sangue dopo l'esercizio^[1]. La caffeina possiede effetti analgesici e stimolanti che espleta a livello del SNC (sistema nervoso centrale). Nello specifico, tali effetti stimolanti sul SNC sono indiretti, poiché, la caffeina ha la capacità di bloccare l'adenosina che agisce come neuromodulatore inibitorio. Tutto ciò consente un abbassamento della soglia di reclutamento delle unità motorie, un'alterazione dell'accoppiamento eccitazione-contrazione, una facilitazione della trasmissione nervosa ed un miglioramento del trasporto degli ioni nel muscolo^[69]. Un esperimento condotto su nove ciclisti ha dimostrato che esiste un miglioramento della prestazione del 24% in coloro che hanno assunto caffeina^[1]. Essi sono stati sottoposti ad una prova di un'ora eseguita all'80% del VO2max. Il dosaggio dimostratosi ottimale, si aggira intorno ai 5 mg per kg di peso corporeo, in quanto, dosi maggiori (13 mg per kg di peso corporeo) non hanno dato ulteriori benefici in termini di resistenza^[1]. Altri dati scientifici indicano che, un'assunzione di 350 mg di caffeina un'ora prima dell'attività fisica, causa un incremento del VO2max^[70], ma ciò non si verifica costantemente^[71]. Differenze individuali nella sensibilità, tolleranza e risposta ormonale, per consumi a breve e lungo termine, possono influire sulle capacità ergogeniche della caffeina^{[72][73][74][75]}. Uno studio condotto nel 1998, ha dimostrato che un'equivalente dose di caffeina nel caffè, possiede un'efficacia ergogenica inferiore rispetto a quella che ha la caffeina presa in capsule^[76]. Tale evidenza suggerisce che vi sono sostanze presenti nel caffè in grado di blandire l'azione della caffeina. Gli effetti ergogenici risultano essere irregolari negli atleti che la utilizzano normalmente^{[74][77]}, pertanto, da un punto di vista pratico, è possibile aumentare il potenziale ergogenico della caffeina, astenendosi dal consumo di cibi e bevande che la contengono, per almeno 4-6 giorni prima della competizione^[1]. Nell'utilizzo della caffeina come ergogenico, è fondamentale quindi tenere conto della sensibilità e del tipo di risposta individuale alla sostanza, tenendo in considerazione che, soggetti non abituati al consumo di caffeina, possono incorrere in effetti indesiderati anche dopo somministrazione di piccoli dosaggi. È necessario sapere che la caffeina è soggetta a restrizioni da parte del CIO (Comitato Olimpico Internazionale) e che un dosaggio, di 600-800 mg, assunto 30 minuti prima della gara, innalza la concentrazione di caffeina nelle urine al livello di squalifica^[78].

CONCLUSIONI

Tutti i supplementi dietetici descritti possiedono una reale o potenziale efficacia nel migliorare la prestazione atletica nel ciclismo, ciascuno con il proprio meccanismo d'azione. Per un utilizzo ottimale di tali supplementi, è necessaria un'attenta valutazione delle caratteristiche fisiche ed atletiche del soggetto, considerando anche gli obiettivi a breve, medio e lungo termine. È importante, inoltre, ottimizzare quanto più possibile lo stile di vita e l'alimentazione dell'atleta, in modo tale da rendere la macchina umana efficiente al 100% delle sue capacità.

Bibliografia

- 1: Alimentazione nello Sport W. D. McArdle; F. I. Katch; V. L. Katch
- 2: Zanasi et al. 1997
- 3: Coyle, E.F. Coyle, E.: Carbohydrates that speed recovery from training. *Phys. Sportsmed.*, 21:111, 1993.
- 4: *J Sports Med Phys Fitness*. 1994 Sep;34(3):263-70. Effect of carbohydrate ingestion on performance of non-fasted cyclists during a simulated 80-mile time trial. Langenfeld ME, Seifert JG, Rudge SR, Bucher RJ. Department of Family and Consumer Sciences, Miami University, Oxford, Ohio 45056.
- 5: Wagenmakers, A.J., et al.: Carbohydrates supplementation glycogen depletion, and amino acid metabolism. *Am. J. Physiol.*, 260:E833, 1991.
- 6: Metges, C.C., Wolfram, C Medium- and long-chain triglycerides labeled with ¹³C: A comparison of oxidation after oral or parenteral administration in humans. *J. Nutr.*, 121:31,1991.
- 7: Siliprandi, N., et al.: Metabolic changes induced by maximal exercise in human subjects following l-carnitine administration. *Biochem. Biophys. Acta*, 1034:17,1990.
- 8: Constantin-Teodosiu, D., et al.: Carnitin metabolism in human muscle fiber types during submaximal dynamic exercise. *J. Appl. Physiol.* , 80:1061,1996.
- 9: Trappe, S.W., et al.: The effect of L-carnitine supplementation on performance during swimming. *Int. J. Sports Med.*, 15:191,1994.
- 10: Hulsman, W.C., Dubelaar, M.L.: Carnitine requirement of endothelial and smooth muscle cells in imminent ischemia. *Mol. Cell Biochem.*, 116:125,1992.
- 11: Huang A, Owen K.: Role of supplementary L-carnitine in exercise and exercise recovery. Lonza Ltd, Basel, Switzerland.
- 12: Rennie, M. J. (1996) Influence of exercise on protein and amino acid metabolism. In: *Handbook of Physiology, Sect. 12: Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems* (Rowell, L. B. & Shepherd, J. T., eds.), chapter 22, pp. 995–1035. American Physiological Society, Bethesda, MD.
- 13: MacLean, D. A., Graham, T. E. & Saltin, B. (1994) Branched-chain amino acids augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise. *Am. J. Physiol.* 267: E1010–E1022.
- 14: Branched-chain amino acids supplementation enhances exercise capacity and lipid oxidation during endurance exercise after muscle glycogen depletion. Gualano AB, Bozza T, Lopes De Campos P, Roschel H, Dos Santos Costa A, Luiz Marquezi M, Benatti F, Herbert Lancha Junior A. School of Physical Education and Sport, University of Sao Paulo, Sao Paulo, SP, Brazil.
- 15: Branched-chain amino acid supplementation increases the lactate threshold during an incremental exercise test in trained individuals. Matsumoto, K., Koba, T., Hamada, K., Tsujimoto, H., Mitsuzono, R. Saga Nutraceuticals Research Institute, Otsuka Pharmaceutical Co., Ltd., Yoshinogari, Kanzaki, Saga 842-0195, Japan.
- 16: Yoshiharu Shimomura, Taro Murakami, Naoya Nakai, Masaru Nagasaki, and Robert A. Harris: Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects of BCAA Supplementation on Skeletal Muscle during Exercise.
- 17: Blomstrand, E.: Amino Acids. Amino acids and central fatigue. Department of Sport and Health Sciences, University College of Physical Education and Sports, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden. 2001;20(1):25-34.
- 18: Phillips GC. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007 Dec;32(6):1186-90. Glutamine and carbohydrate supplements reduce ammonemia increase during endurance field exercise.
- 19: Jepson, M.M., et al.: Relationship between concentration and protein synthesis in rat skeletal muscles. *Am. J. Physiol.*, 255(Endocrinol. Metabol. 18): E166, 1998.
- 20: Max, S.R: Glucocorticoid-mediated induction of glutamine synthetase in skeletal muscle. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 22:325, 1990.
- 21: Wernerman, J., et al.: Glutamine and ornithine- α -ketoglutarate but not branched-chain amino acids reduce loss of muscle glutamine after surgical trauma. *Metabolism*, 38(Suppl. 1):63, 1989.
- 22: Ardawi, M.S., Newsholmes, E.A.: Metabolism in lymphocytes and its important in the immune response. *Essays Biochem.*, 21:1, 1985.
- 23: Castell, L.M., et al.: Does glutamine have a role in reducing infection in athletes? *Eur. J. Appl. Physiol.*, 73:488,1996.

- 24: Gleeson M.: Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. School of Sport and Exercise Sciences, Loughborough University, Loughborough LE11 3TU England. *J Nutr.* 2008 Oct;138(10):2045S-2049S.
- 25: Varnier, M., et al.: Stimulatory effect of glutamine in glycogen accumulation in human skeletal muscle. *Amer. J. Physiol.* 269:E309,1995.
- 26: Van Kovering M, Nissen SL: Oxidation of leucine and alpha-ketoisocaproate to b-hydroxy-b-methylbutyrate in vivo. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 1992, 262:27.
- 27: Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. Gabriel J Wilson(1*), Jacob M Wilson(2) and Anssi H Manninen(3). Author Affiliations:
- 1) Division of Nutritional Sciences, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.
- 2) Department of Nutrition, Food and Exercise Science, Florida State University, Tallahassee, Florida, USA.
- 3) Manninen Nutraceuticals Oy, Oulu, Finland.
- 28: Vukovich MD, Dreifort GD: Effect of β -Hydroxy β -Methylbutyrate on the Onset of Blood Lactate Accumulation and O₂peak in Endurance-Trained Cyclists. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 2001, 15(4):491-497
- 29: Vukovich MatthewD, Adams GD: Effect of β -hydroxy β -methylbutyrate (HMB) on vo₂peak and maximal lactate in endurance trained cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997, 29(5):252
- 30: Knitter AE, Panton L, Rathmacher JA, Petersen A, Sharp R: Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *J Appl Physiol* 2000, 89:1340-1344.
- 31: Bill I Campbell, Paul M La Bounty, and Mike Roberts: The Ergogenic Potential of Arginine. Published online 2004 December 31. doi: 10.1186/1550-2783-1-2-35.
- 32: PDR for Nutritional Supplements. Montvale, NJ:Thompson PDR; 2001.
- 33: Colombani PC, Bitzi R, Frey-Rindova P, Frey W, et al. Chronic arginine aspartate supplementation in runners reduces total plasma amino acid level at rest and during a marathon run. *Eur J Nutr.* 1999;38:263–70.
- 34: Important role of muscle carnosine in rowing performance. Baguet A, Bourgois J, Vanhee L, Achten E, Derave W. Dept. of Movement and Sports Sciences, Ghent Univ., Watersportlaan 2, B-9000 Ghent, Belgium. *J Appl Physiol.* 2010 Oct;109(4):1096-101. Epub 2010 Jul 29.
- 35: Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, Kim CK, Wise JA. School of Sports, Exercise & Health Sciences, University of Chichester, Chichester, UK. *Amino Acids.* 2007 Feb;32(2):225-33. Epub 2006 Jul 28.
- 36: Effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. Smith AE, Walter AA, Graef JL, Kendall KL, Moon JR, Lockwood CM, Fukuda DH, Beck TW, Cramer JT, Stout JR. Metabolic and Body Composition Laboratory, Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, OK 73019, USA.
- 37: Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. Van Thienen R, Van Proeyen K, Vanden Eynde B, Puype J, Lefere T, Hespel P. Department of Biomedical Kinesiology, Research Centre for Exercise and Health, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- 38: The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C, Wise JA. School of Sports, Exercise and Health Sciences, University College Chichester, West Sussex, Chichester, UK.
- 39: Ivy, J. L.: Effect of pyruvate and hydroxyacetone on metabolism and aerobic endurance capacity. 1998.
- 40: Stanko, R. T., et al.: Enhancement of arm-exercise endurance capacity with dihydroxyacetone and pyruvate. 1990.
- 41: Wapnir, P. A., et al.: Enhancement of intestinal water absorption and sodium transport by glycerol in rats. 1996.
- 42: Gleeson, M. R., et al.: Comparison of the effects of pre-exercise feeding of glucose, glycerol, and placebo on endurance and fuel homeostasis in man. 1986.
- 43: Koenigsberg, P. S., et al.: Sustained hyperhydration with glycerol ingestion. 1995.
- 44: Riedesel, M. L., et al.: Hyperhydration with glycerol solutions. 1987.
- 45: Lyons, T. P., et al.: Effects of glycerol-induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. 1990.
- 46: Costill, D. L., et al.: Leg muscle pH following sprint running. 1983.

- 47: Hermansen, L.: Effect of metabolic changes on force generatio in skeletal muscle during maximal exercise. 1981.
- 48: Juel, C.: Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. 1997.
- 49: Parkhouse, W. S., McKenzie, D. C.: Possible contribution of skeletal muscle buffers to enhanced anaerobic performance. 1984.
- 50: Mainwood, G. W., Worsley-Brown, P.: The effects of extracellular pH and buffer concentration on the efflux of lactate from frog sartorius muscle. 1975.
- 51: Potteiger, J. A., et al.: Sodium citrate ingestion enhances 30 km cycling performance. 1996.
- 52: McNaughton, L. R.: Sodium citrate and anaerobic performance: implication of dosage. 1990.
- 53: Sale C, Saunders B, Hudson S, Wise JA, Harris RC, Sunderland CD.: Effect of β -alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. 2011.
- 54: Emken, E. A.: Metabolism of dietary stearic acid relative to other fatty acids in human subjects. 1994.
- 55: Kiens, B., Lithell, H.: Lipoprotein metabolism influenced by training induced changes in human skeletal muscle. 1989.
- 56: Bézard, J., Begaut, M.: Absorption of glycerides containing short, medium, and long chain fatty acids: permeation of medium chain fatty acids. 1986.
- 57: Bloom, B., et al.: Intestinal lymph as pathway for transport of absorbed fatty acids of different chain length. 1951.
- 58: Bremer, J.: Carnitine-metabolism and function. 1983.
- 59: Massicotte, D., et al.: Exogenous ^{13}C lipids and ^{13}C glucose oxidized during prolonged exercise in man. 1990.
- 60: Massicotte, D., et al.: Oxidation of exogenous medium-chain free fatty acids during prolonged exercise: comparison with glucose. 1992.
- 61: Beckers, J., et al.: Gastric emptying of carbohydrate-medium chain triglyceride suspensions at rest. 1992.
- 62: Van Zyl, C. G., et al.: Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance. 1996.
- 63: De Bock K, Eijnde BO, Ramaekers M, Hespel P.: Acute Rhodiola rosea intake can improve endurance exercise performance. 2004.
- 64: Noreen EE, Buckley JG, Lewis SL, Brandauer J, Stuempfle KJ.: The Effects of an Acute Dose of Rhodiola Rosea on Endurance Exercise Performance. 2012.
- 65: Parisi A, Tranchita E, Duranti G, Ciminelli E, Quaranta F, Ceci R, Cerulli C, Borrione P, Sabatini S.: Effects of chronic Rhodiola Rosea supplementation on sport performance and antioxidant capacity in trained male: preliminary results. 2010.
- 66: Anderson, D. E., Hickey, M.S.: Effects of caffeine on the metabolic and catecholamine response to exercise in 5 and 28°C. 1994.
- 67: Graham, T.E., Spriet, L.L.: Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during exercise. 1991.
- 68: LeBlanc, J., et al.: Enhanced metabolic response to caffeine in exercise-trained human subject. 1985.
- 69: Costill, D.L., et al.: Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. 1978.
- 70: Toner, M.M., et al.: Metabolic and cardiovascular responses to exercise with caffeine. 1982.
- 71: Dodd, S., et al.: Caffeine and exercise performance. 1993.
- 72: Casal, D.C., Leon, A.S.: Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged exercise. 1985.
- 73: Dodd, S., et al.: The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects. 1991.
- 74: Van Soeren, M.H., et al.: Caffeine metabolism and epinephrine responses during exercise in users and nonusers. 1994.
- 75: Winder, W.W.: Effect of intravenous caffeine on liver glycogenolysis during prolonged exercise. 1986.
- 76: Graham, T.E., et al.: Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. 1998.
- 77: Tarriopolsky, M.A., et al.: Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. 1989.
- 78: Williams, M.H.: Ergogenic and ergolytic substances. 1992.