

Strategie alimentari per bodybuilders natural

Articolo tratto da: "Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation" - Eric R Helms et al. - JISSN 2014, 11:20

Introduzione

La preparazione per una competizione di bodybuilding richiede drastiche diminuzioni di peso mantenendo però la massa muscolare. Questo viene tipicamente raggiunto attraverso una riduzione delle calorie della dieta, allenamento intensivo ed un aumento dell'esercizio cardiovascolare. Gli atleti utilizzano diverse strategie sia riguardanti la dieta che l'integrazione, delle quali alcune hanno forti fondamenti scientifici e altre meno. Pertanto, lo scopo di questo articolo è quello di fornire delle indicazioni su quali possono essere le migliori strategie per la preparazione di una gara di bodybuilding secondo quelli che sono i risultati dei numerosi esperimenti effettuati in questo campo.

Nutrizione

Calorie e macronutrienti

Solitamente, in occasione di una competizione, i bodybuilders professionisti seguono dai due ai tre mesi di dieta ipocalorica associata ad un allenamento intensivo con lo scopo di diventare più magri possibile [2-6]. Oltre a perdere grasso, è estremamente importante mantenere la massa muscolare. Per raggiungere questo scopo è necessario stabilire con estrema precisione qual'è l'intake calorico e la combinazione di macronutrienti ottimale e modificarle man mano che il corpo dell'atleta cambia all'avvicinarsi della gara.

Intake calorico

Per generare una perdita di peso, è necessario che venga consumata più energia di quanta se ne assume con gli alimenti. Questo, può essere raggiunto aumentando il dispendio energetico e riducendo l'intake calorico. La quantità di peso perso, viene quindi determinata dall'entità del deficit calorico e dal tempo per il quale viene mantenuto. Un Kg di grasso puro contiene all'incirca 7500 kcal, pertanto, un deficit calorico di 500 kcal al giorno dovrebbe teoricamente portare ad una perdita di ½ Kg a settimana se il peso perso viene solamente dal grasso [7]. Tuttavia, un modello matematico statico non rappresenta correttamente tutti gli adattamenti fisiologici che avvengono quando viene imposto un deficit calorico [8]. Questi adattamenti metabolici non sono stati studiati sui bodybuilders professionisti, tuttavia, persone non in sovrappeso che hanno consumato il 50% del loro fabbisogno calorico di mantenimento per 24 settimane ed hanno perso circa ¼ del loro peso corporeo, hanno avuto una riduzione del 40% del loro metabolismo basale. Di questo 40%, un 25% era dovuto alla perdita di peso, mentre il rimanente 15% era dovuto all'adattamento metabolico [11]. Pertanto, ci si aspetterebbe che la quantità di calorie fornite dalla dieta venga aggiustata man mano che il peso diminuisce e che avviene l'adattamento metabolico. Nel determinare l'intake calorico appropriato, si dovrebbe notare che il tessuto perso durante la dieta viene influenzato dalla quantità del deficit energetico. Se da una parte più grande è il deficit calorico, più veloce è la perdita di peso, dall'altra, bisogna considerare che la percentuale di peso perso proveniente dalla massa magra (LBM) tende ad aumentare all'aumentare del deficit [7, 13-15]. In studi fatti su donne che facevano un allenamento di forza, è stato visto che una perdita di peso di 1kg a settimana, paragonata ad una

perdita di 0,5 kg a settimana per 4 settimane, portava ad un decremento del 5% della forza sulla panca piana e ad una riduzione del 30% dei livelli di testosterone [16]. In un altro studio sono state analizzate le differenze che avvenivano se gli atleti perdevano l'1,4 % del peso corporeo a settimana o lo 0,7% per una durata variabile dalle 4 alle 11 settimane. Dai risultati ottenuti hanno visto che coloro che perdevano peso più velocemente avevano perso circa il 21% della loro massa grassa contro il 31% perso da coloro che perdevano peso più lentamente. In aggiunta a questo, l' LBM è aumentata del 2,1% nel gruppo "lento" mentre è rimasta invariata in quello "veloce". Nei soggetti più magri del gruppo "veloce", infine, è stata registrata una piccola perdita di LBM [13]. Pertanto, perdite di peso più gradualmente possono essere migliori per conservare la massa magra. Con una perdita di peso di 0,5 kg a settimana (assumendo che la maggior parte del peso perso sia grasso), un atleta di 70 kg con il 13% di massa grassa dovrebbe avere un peso di massimo 6-7 kg superiore al peso di gara per poter raggiungere la percentuale di grasso più bassa registrata nei bodybuilders competitivi seguendo una preparazione tipica di 3 mesi [4, 6, 17-20]. Se un atleta non è così magro quando inizia la preparazione, deve perdere peso più velocemente aumentando di conseguenza il rischio di perdere massa magra. In uno studio effettuato su bodybuilders maschi durante le 12 settimane precedenti la gara, è stato visto che gli atleti riducevano di parecchio il loro intake calorico nella seconda metà della preparazione e, di conseguenza hanno perso la maggior parte della LBM nelle ultime 3 settimane [21]. Visti tutti questi dati, possiamo concludere che diete della durata di 2-4 mesi che portano ad una perdita di peso variabile tra lo 0,5 e l'1% del peso corporeo a settimana, sono migliori per la conservazione della LBM se paragonate a diete più brevi e aggressive. Inoltre, va considerato anche che più l'atleta è magro, più grande è il rischio di perdere LBM [14,15]. Al diminuire del tessuto adiposo, la probabilità di perdere massa muscolare aumenta, pertanto, potrebbe essere meglio perseguire un approccio più graduale per la perdita di peso verso la fine della preparazione rispetto all'inizio.

Proteine

Un consumo di proteine adeguato è necessario per il mantenimento della LBM. Gli atleti hanno bisogno di un quantitativo di proteine maggiore per supportare l'attività fisica e gli atleti che svolgono un allenamento di forza ricevono un grosso beneficio da intake proteici elevati per quanto riguarda l'aumento di LBM [5, 22-28]. Alcune ricerche suggeriscono che il fabbisogno proteico aumenta in periodi di restrizione calorica [13, 16, 22, 28-33]. Infine, diverse evidenze sperimentali indicano che la richiesta di proteine da parte dell'organismo è più alta per individui più magri rispetto a coloro che hanno una percentuale di grasso maggiore [7, 33, 34]. Attualmente, i dati presenti in letteratura sono concordi nel dire che un intake proteico compreso tra 1,2 e 2,2 g/kg è sufficiente per permettere l'adattamento all'allenamento per atleti che assumono una quantità di energia pari o superiore ai loro fabbisogni [23-28, 35-38]. Tuttavia, i bodybuilders di elite durante il periodo di preparazione alla gara, si sottopongono contemporaneamente ad un allenamento contro resistenza e ad un allenamento cardiovascolare, diminuiscono le calorie della dieta e raggiungono condizioni di magrezza estrema [2-6, 17-21]. Ognuno di questi fattori, fa aumentare il fabbisogno proteico e, quando combinati tra loro, questo fabbisogno può aumentare ulteriormente [33]. Pertanto, l'intake proteico ottimale per i bodybuilders durante la preparazione alla gara, può essere significativamente più alto rispetto alle attuali raccomandazioni.

In supporto a questa teoria Butterfield et al. [22], hanno scoperto che atleti maschi che correvano tra le 5 e le 10 miglia al giorno e che erano contemporaneamente sottoposti ad una dieta leggermente ipocalorica, avevano un bilancio d'azoto significativamente negativo nonostante consumassero 2g/kg di proteine al giorno. Celejowa et al. [39], hanno invece dimostrato che 5 weightlifters su 10 raggiungevano un bilancio d'azoto negativo durante un periodo di allenamento intensivo con un consumo giornaliero di 2g/kg di proteine. Di questi 5, 3 erano in deficit calorico. Gli autori hanno concluso che un intake proteico di 2-2,2 g/kg in queste condizioni, concede solamente un piccolo margine di errore prima di registrare perdite di azoto.

Walberg et al. [32], hanno esaminato gli effetti di due diete ipocaloriche che differivano tra loro

soltanto per il quantitativo proteico su 19 bodybuilders maschi non competitivi. Uno dei due gruppi ha consumato 0,8 g/kg di proteine e una maggiore quantità di carboidrati, l'altro gruppo ha consumato 1,6 g/kg di proteine ed una quantità di carboidrati più bassa. La durata dell'intervento fu di appena una settimana ma sono state registrate perdite di azoto solamente nel gruppo a più bassa quantità di proteine e l'LBM è diminuita in media di 2,7kg nel gruppo con 0,8 g/kg di proteine e di 1,4 kg nell'altro gruppo. In uno studio più recente realizzato da Mettler et al. [29], è stata utilizzata la stessa metodologia usata da Walberg et al. [32]. Tuttavia, in questo caso, un gruppo ha consumato 1g/kg di proteine e il secondo gruppo 2,3g/kg di proteine. Il secondo gruppo ha quindi perso una quantità di LBM significativamente più bassa rispetto al primo gruppo (0,3 kg contro 1.6 kg). A differenza di Walberg et al. [32], il bilanciamento di calorie tra le diete è stato raggiunto riducendo la quantità di grassi anziché quella di carboidrati per permettere l'aumento di proteine. Se, da una parte sembrerebbe che il protocollo con 2,3g/kg di proteine di Mettler et al. [29] sia superiore per il mantenimento dell' LBM rispetto a quello con 1,6 g/kg di Walberg et al. [32], uno studio recente realizzato da Pasakios et al. [40] ha restituito dei risultati che vanno in contraddizione con quanto detto fin'ora. In questo studio, infatti, non è stata registrata alcuna differenza per quanto riguarda la conservazione dell' LBM tra chi consumava 1,6 g/kg di proteine e chi ne consumava 2,4 g/kg. Tuttavia, va considerato che in questo caso ai partecipanti allo studio era stato prescritto un allenamento a basso volume e bassa intensità con lo scopo di minimizzare gli effetti di un potenziale stimolo anabolico su soggetti non abituati all'allenamento. Pertanto, la natura non anabolica dell'allenamento potrebbe non aver incrementato il fabbisogno proteico dei partecipanti allo studio allo stesso modo di coloro che hanno partecipato allo studio di Mettler et al. [29] o di quello che ci si aspetterebbe da un bodybuilder di alto livello.

La dieta e l'allenamento sono come due ingranaggi dello stesso orologio, se uno dei due è perfetto ma l'altro non funziona bene, tutto l'orologio non funzionerà bene. Nel caso dello studio di Pasakios et al. [40], era l'allenamento a non andare bene, pertanto solamente aggiustare la dieta non poteva fare alcuna differenza.

Maestu et al. [6] non hanno osservato una perdita significativa di LBM in un gruppo di bodybuilders natural che consumavano 2,5-2,6 g/kg di proteine durante le 11 settimane che precedevano la gara. Questi risultati, se messi insieme ai lavori di Walberg et al. [32] e Mettler et al. [29] implicano che più alto è l'intake proteico, più bassa è la probabilità di perdere massa magra. Tuttavia, andrebbe notato che in questo studio, non c'era un gruppo di controllo a basso intake di proteine e che non tutti gli studi mostrano un incremento lineare della preservazione della LBM con l'aumento dell'intake proteico [40]. Inoltre 2 soggetti hanno effettivamente perso una quantità significativa di LBM (1,5 kg e 1,8kg), e gli autori hanno notato che questi due bodybuilders erano tra i più magri di tutti i soggetti esaminati. Questi due soggetti hanno perso la maggior parte della loro LBM (circa 1 kg) durante la seconda metà dell'intervento, così come la percentuale di calorie proveniente da proteine è aumentata dal 28% al 32-33% verso la fine dello studio. L'intero gruppo ha progressivamente ridotto le calorie riducendo tutti e tre i macronutrienti. Pertanto, i due soggetti in questione, hanno aumentato la loro proporzione di proteine riducendo grassi e carboidrati probabilmente ad un livello tale da causare deperimento della massa muscolare. Detto questo è anche possibile che la perdita di LBM vista in questi due soggetti era necessaria per raggiungere livelli di massa grassa così bassi.

In una review di Phillips e Van Loon [28], viene suggerito che un intake proteico compreso tra 1,8 e 2,7 g/kg potrebbe essere ottimale per atleti sottoposti a dieta ipocalorica. Queste, sono le uniche raccomandazioni esistenti per atleti sottoposti a restrizione calorica, tuttavia, esse non tengono in considerazione che i bodybuilders professionisti eseguono contemporaneamente un allenamento contro resistenza e cardiovascolare e che devono raggiungere percentuali di massa grassa estremamente basse. Una review pubblicata recentemente da Helms et al. [33] sull'introito di proteine per atleti magri che si allenano contro resistenza durante restrizione calorica, suggerisce un range da 2,3 a 3,1 g/kg di LBM, il quale potrebbe essere più appropriato per i bodybuilders. Inoltre gli autori suggeriscono che più bassa è la percentuale di grasso dell'individuo, più alto è il deficit calorico imposto e più alto deve essere l'intake proteico all'interno del range 2,3-3,1 g/kg di LBM.

Carboidrati

Solitamente si tende a pensare che le diete ad alto contenuto di carboidrati siano la soluzione migliore per ottimizzare la performance atletica. Tuttavia, così come per le proteine, l'introito di carboidrati deve essere personalizzato sulla base delle caratteristiche individuali dell'atleta. Un consumo inadeguato di carboidrati può, infatti, avere un effetto negativo sull'allenamento di forza [41] mentre, consumare una giusta quantità di carboidrati prima dell'allenamento, può ridurre la deplezione del glicogeno [42] e, di conseguenza migliorare la performance. Se da una parte è vero che il glicogeno è la principale fonte di energia per chi pratica sport contro resistenza [43], dall'altra dobbiamo considerare che la quantità di calorie consumate in chi pratica questo tipo di sport è di gran lunga inferiore rispetto a chi pratica sport misti o di endurance. Dato questo, gli autori di una recente review raccomandano un introito di carboidrati compreso tra 4 e 7 g/kg in base alla fase di allenamento, per chi pratica sport contro resistenza incluso il bodybuilding [26]. Tuttavia, va considerato che, nel caso specifico del bodybuilding, raggiungere il deficit calorico necessario rispettando i fabbisogni di proteine e grassi, potrebbe non permettere di assumere simili livelli di carboidrati. La sensazione di sazietà e la perdita di grasso, di solito migliorano abbassando i carboidrati, in particolar modo se si alza il rapporto proteine/carboidrati [44-49]. Dal punto di vista della performance e della salute, è stato visto che le diete a basso tenore di carboidrati non sono poi così negative come si pensava un tempo [50]. In una recente review, è stato raccomandato agli atleti che praticano un allenamento di forza e che sono in deficit calorico, di ridurre la quantità di carboidrati assunti in favore della quantità di proteine con lo scopo di massimizzare l'ossidazione dei grassi e preservare la massa magra [28]. Tuttavia, c'è un punto oltre il quale la riduzione di carboidrati comincia a suscitare un effetto negativo e questo punto va determinato individualmente. In uno studio di confronto in cui sono stati analizzati gli effetti di due diete fornenti la stessa quantità di energia ma ipocaloriche per i fabbisogni degli atleti, e che fornivano una quantità adeguata di carboidrati a scapito della quantità di proteine (1g/kg), è stato visto che questa strategia porta ad una perdita di massa magra molto maggiore rispetto ad una dieta contenente 1,6 g/kg di proteine riducendo i carboidrati [32]. Tuttavia, la resistenza muscolare era ridotta nel gruppo a basso tenore di carboidrati. In un altro studio in cui stavolta gli atleti hanno assunto la stessa quantità di proteine (1,6g/kg) in fase di dimagrimento, si è riusciti ad evitare il decremento della performance e della LBM solo quando è stato somministrato un'adeguata quantità di carboidrati a scapito, stavolta, non delle proteine ma dei grassi [13]. Anche Mettler et al. [29] hanno visto che una restrizione calorica ottenuta grazie ad una riduzione dei grassi, mantenendo un'adeguato apporto di carboidrati ed aumentando le proteine a 2,3 g/kg riesce a mantenere inalterata la performance e a ridurre notevolmente la perdita di LBM in atleti che si allenavano contro resistenza. Infine, in uno studio effettuato da Pasakios et al. [40] i partecipanti sono stati sottoposti ad una dieta che aveva lo stesso deficit calorico e la stessa quantità di proteine di quella adottata da Mettler et al. [29]. Dai risultati ottenuti è stato visto che i partecipanti allo studio di Pasakios et al. [40], hanno perso 3 volte più massa magra nello stesso periodo di tempo rispetto a coloro che hanno partecipato allo studio di Mettler et al. [29] (0,9 kg nelle prime due settimane di dieta osservati da Pasakios contro 0,3 kg osservati da Mettler). Una differenza fondamentale tra i protocolli usati nei due studi è che, nello studio di Mettler et al. [29] gli atleti hanno consumato una dieta contenente il 51% delle calorie provenienti da carboidrati, mentre nello studio di Pasakios et al. [40] solamente il 27% delle calorie proveniva dai carboidrati. La performance, in questo caso, non è stata misurata. Va considerato, però, che l'introito di carboidrati, non era l'unica differenza tra i due studi. Anche i protocolli di allenamento erano molto diversi tra loro. Nello studio di Pasakios et al. [40], infatti, gli atleti erano stati sottoposti ad un allenamento che prevedeva serie da 15 ripetizioni. Con questa tipologia di allenamento, è molto probabile che una persona subisca un decremento della massa magra restringendo i carboidrati [32]. Per cui, sia la differenza nella dieta che nell'allenamento potrebbero essere responsabili della maggior perdita di LBM registrata nello studio di Pasakios et al. [40]. Visti tutti questi dati, possiamo dire che se da una parte sembrerebbe che una dieta a basso tenore di carboidrati ed alto tenore di proteine, sia una scelta efficace per la perdita di grasso, dall'altra

sembrebbe esistere un minimo di intake di carboidrati al di sotto del quale cominciano ad esserci effetti negativi sulla performance e sulla LBM.

Pertanto, una volta che un atleta ha raggiunto il livello di magrezza desiderato per la gara, potrebbe essere una valida strategia quella di ridurre il deficit calorico incrementando i carboidrati. Per esempio, se una persona ha raggiunto il livello di massa grassa desiderato e sta perdendo ½ kg a settimana (circa 500 kcal di deficit calorico), i carboidrati potrebbero essere incrementati di 25-50g, riducendo quindi il deficit calorico di 100-200 kcal con lo scopo di preservare sia la performance che la LBM. Tuttavia, va considerato che, così come le perdite di LBM, peggioramenti della performance, potrebbero non influenzare il risultato finale di una competizione di bodybuilding. È possibile che il peggioramento della performance e la diminuzione della LBM sia inevitabile al fine di raggiungere determinati livelli di magrezza.

Grassi

L'importanza dei carboidrati e delle proteine viene enfatizzata molto di più rispetto a quella dei grassi. Tipicamente, le raccomandazioni dicono semplicemente di mantenere un adeguato apporto di grassi mentre sottolineano l'importanza dei carboidrati per fornire energia e delle proteine per costruire e riparare l'LBM. Tuttavia, ci sono evidenze che i lipidi influenzino la concentrazione di ormoni anabolici e questo potrebbe essere interessante per un bodybuilder che cerca di preservare la sua massa magra mentre dimagrisce [5, 26, 51, 52].

Studi in cui è stata ridotta la percentuale di calorie proveniente dai grassi (dal 40% al 20%) mantenendo inalterate le calorie totali, hanno evidenziato un abbassamento piccolo ma significativo dei livelli di testosterone [53, 54]. Tuttavia, risulta molto difficile distinguere gli effetti a livello ormonale di una riduzione dei grassi totali nella dieta da quelli provocati da cambiamenti nell'apporto totale di calorie o nella percentuale di grassi saturi e insaturi [51, 52, 55]. In uno studio effettuato da Volek et al. [51], sono state trovate delle correlazioni tra i livelli di testosterone, la proporzione tra i vari macronutrienti, il tipo di lipidi e la quantità totale di grassi nella dieta evidenziando il fatto che esiste una complessa interazione di variabili nella regolazione dei livelli ormonali. In uno studio simile effettuato su uomini che praticavano un allenamento contro resistenza, è stata trovata una correlazione tra testosterone, proteine, grassi totali e grassi saturi che ha portato i ricercatori a concludere che diete con un apporto in grassi troppo basso o un apporto in proteine troppo alto, potrebbero inficiare sulla risposta ormonale all'allenamento [52].

I bodybuilders competitivi, devono per forza di cose, assumere meno calorie rispetto al loro fabbisogno. Se la riduzione calorica viene ottenuta riducendo i grassi, è possibile attenuare l'abbassamento dei livelli di testosterone, mantenendo un consumo adeguato di grassi saturi [5]. Va inoltre considerato che un abbassamento dei livelli di testosterone, non significa automaticamente una riduzione della massa magra. In diversi studi in cui atleti praticanti un allenamento contro resistenza sono stati sottoposti ad una dieta ipocalorica con un alto apporto in proteine, è stato visto che abbassare l'introito di grassi mantenendo adeguati livelli di carboidrati [13, 29] sembra essere una strategia più efficace per preservare la massa magra rispetto all'abbassare la percentuale di calorie proveniente dai carboidrati alzando quella proveniente dai grassi [32,40]. Questi risultati sembrano mostrare che: tentare di non peggiorare la qualità della performance alzando l'apporto in carboidrati sia più efficace per la conservazione della LBM rispetto al tentare di mantenere livelli di testosterone ottimali alzando l'apporto in grassi.

La composizione corporea e la restrizione calorica, potrebbero avere un ruolo più importante rispetto all'intake totale di grassi nell'influenzare i livelli di testosterone. Durante il digiuno avviene un abbassamento dei livelli di testosterone solo nelle persone normopeso ma non negli obesi [56]. Anche la velocità con cui avviene la perdita di peso influenza i livelli di testosterone. Donne normopeso che si allenavano contro resistenza e che perdevano 1kg di peso a settimana hanno avuto un calo dei livelli di testosterone del 30% superiore rispetto a coloro che perdevano 0,5 kg a settimana [16]. In aggiunta, in uno studio fatto su un gruppo di bodybuilders natural, è stato registrato un abbassamento dei livelli di testosterone durante le prime sei settimane di preparazione

alla gara nonostante siano state tentate diverse distribuzioni di macronutrienti [6]. Infine, in uno studio della durata di un anno effettuato su di un bodybuilder natural, i livelli di testosterone sono crollati fino a diventare un quarto del basale dopo i primi 3 mesi dei 6 mesi di preparazione alla gara. I livelli di testosterone, sono poi tornati normali durante i 3 mesi di recupero post-gara. Il testosterone non è diminuito ulteriormente dopo i primi 3 mesi nonostante un piccolo decremento della percentuale di calorie proveniente dai grassi dal 27% al 25%. Inoltre, l'innalzamento del testosterone durante la fase di recupero è stato accompagnato da un aumento di 10kg di peso ed un incremento di 1000 kcal nella dieta. Tuttavia, c'è stato solamente un piccolo incremento della percentuale di calorie proveniente dai grassi (di 30% al 35%) [57].

Dall'analisi di tutti questi dati, sembrerebbe che il deficit calorico e la perdita di grasso corporeo in sé abbia un impatto molto più grande sui livelli di testosterone rispetto alla quantità di grassi nella dieta.

Attualmente le raccomandazioni sulla quantità di grassi ottimale per ottimizzare i livelli di testosterone negli atleti di forza, dicono di assumere tra il 20 e il 30% delle calorie totali dai grassi [59]. In alcuni casi, però, questo può essere impraticabile se si vuole attuare una restrizione calorica mantenendo livelli adeguati di proteine e carboidrati. Durante il dimagrimento, diete a basso tenore di carboidrati possono compromettere la performance [32] e portare ad un abbassamento dell'insulina e dell'ormone IGF-1 che sembrano essere molto più correlati con la preservazione della massa muscolare rispetto al testosterone [6]. Quindi, un intake di grassi tra il 15 e il 20% delle calorie può essere considerato appropriato se un apporto più alto porta ad una riduzione dei carboidrati e delle proteine al di sotto dei livelli ottimali.

Dieta Chetogenica

Alcuni bodybuilders usano le diete chetogeniche per prepararsi alla gara [60,61]. La letteratura scientifica sulle diete chetogeniche applicate ai bodybuilders è estremamente scarsa, tuttavia, esiste qualche studio fatto su chi si allena contro resistenza. Sawyer et al. [62], hanno esaminato gli effetti di una settimana di dieta chetogenica su persone che avessero almeno 2 anni di esperienza di allenamento con i pesi. Essi hanno osservato piccoli decrementi della massa grassa nelle donne ed un mantenimento o piccolo incremento della forza e della potenza sia negli uomini che nelle donne. Tuttavia è difficile trarre conclusioni da questo studio sia per la durata estremamente ridotta dell'esperimento e sia per il fatto che non c'era un controllo delle calorie ingerite dai partecipanti. Essi, infatti, potevano adottare un'alimentazione *ad libitum*. La dieta adottata dai partecipanti, oltre ad avere un apporto in carboidrati ridotto (5,4 % delle calorie provenienti dai carboidrati) in favore dei grassi, conteneva anche una media di 381 Kcal in meno e 56g di proteine in più rispetto alla dieta abituale dei partecipanti. Pertanto, non è chiaro se i miglioramenti della composizione corporea e della performance siano dovuti alla natura bassi-carboidrati, alti-grassi della dieta o alla riduzione delle calorie e all'innalzamento delle proteine. Almeno per quanto riguarda la perdita di peso, ricerche precedenti hanno mostrato che il concomitante innalzamento delle proteine osservato nelle diete a basso tenore di carboidrati, possa essere la chiave del loro successo [63]. L'unico studio effettuato su atleti di forza a cui è stata fatta seguire una dieta chetogenica per periodi più lunghi, è una ricerca effettuata su delle ginnaste in cui è stato visto che perdevano più grasso corporeo dopo 30 giorni di dieta chetogenica rispetto a 30 giorni di dieta tradizionale [64]. Tuttavia anche in questo caso i soggetti hanno seguito un'alimentazione *ad libitum* pertanto non è possibile sapere se la perdita di peso è dovuto ad un abbassamento delle calorie o al fatto che seguissero una dieta chetogenica. Sono pertanto necessari ulteriori studi prima di poter dare una raccomandazione precisa sulla dieta chetogenica nel bodybuilding.

Esistono alcune ricerche che contraddicono la visione tradizionale sui carboidrati nella performance anaerobica. In contrasto col pensiero comune che i carboidrati siano la sola fonte di energia durante l'esercizio con i pesi, è stato visto che i trigliceridi intramuscolari, vengono di fatto utilizzati durante l'allenamento contro resistenza [65] e potrebbero, di conseguenza, diventare una fonte di energia importante per coloro che sono adattati a diete di tipo High-fat low-carb. Questo potrebbe implicare

che la dieta chetogenica potrebbe essere una valida strategia per la preparazione ad una gara di bodybuilding, tuttavia, va considerato anche che la maggior parte degli studi mostrano un peggioramento della performance e della massa magra quando vengono ridotti i carboidrati. Bisogna inoltre considerare che esiste un alto grado di variabilità individuale su come le singole persone rispondono alla dieta. Le percentuali di utilizzo di carboidrati e grassi a riposo o in allenamento, possono variare anche di quattro volte tra una persona e l'altra. Queste percentuali vengono influenzate dalla composizione delle fibre muscolari, dalla dieta, dall'età, dal tipo di allenamento, dai livelli di glicogeno e dalla genetica [66]. Inoltre, individui con una sensibilità all'insulina migliore potrebbero perdere più peso con diete a più alto tenore di carboidrati e bassi grassi, mentre individui più insulino resistenti, potrebbero perdere più peso con diete a più basso tenore di carboidrati ed un più alto tenore di grassi [67]. A causa di questa variabilità individuale, in molti sostengono che il somatotipo e/o la distribuzione del grasso corporeo, possa essere utilizzato per determinare la giusta proporzione tra i macronutrienti. Tuttavia, non esistono evidenze scientifiche che correlano la struttura ossea o la distribuzione del grasso sottocutaneo con alcuna risposta a determinate proporzioni di macronutrienti né nei bodybuilder né in altri tipi di atleti. I bodybuilders, così come altri tipi di atleti, hanno maggiori probabilità di dare il meglio con diete bilanciate elaborate sulla base dei costi energetici che il loro allenamento richiede [68]. In conclusione possiamo dire che la maggior parte degli atleti risponderà probabilmente meglio ad una dieta bilanciata fatta secondo le linee guida dette nei precedenti paragrafi. Tuttavia, in virtù della variabilità individuale, possono esserci individui che si troveranno meglio con una distribuzione di macronutrienti differente. È necessario quindi un monitoraggio attento delle reazioni del singolo atleta alla dieta durante tutta la sua carriera per determinare la distribuzione di macronutrienti ottimale.

Conclusioni sulle raccomandazioni dei macronutrienti

Una volta stabilito l'intake calorico basandosi sul tempo che manca al giorno della competizione [69], sulla composizione corporea iniziale dell'atleta [14, 15, 34], e sul mantenere un modesto deficit calorico con lo scopo di limitare la perdita di massa magra [13, 16], si possono determinare le proporzioni dei macronutrienti secondo le linee guida riassunte nella tabella che segue.

Caratteristica della dieta	Raccomandazione
Proteine (g/kg di LBM)	2,3 – 3,1 [33]
Grassi (% sulle calorie totali)	15-30% [5, 59]
Carboidrati (% sulle calorie totali)	Ciò che rimane
Perdita di peso settimanale	0,5 – 1% [13, 16]

Tabella 1 Raccomandazioni per la preparazione ad una gara di bodybuilding

Se la performance peggiora, potrebbe essere utile diminuire la percentuale delle calorie proveniente dai grassi (pur rimanendo all'interno dei valori consigliati) in favore dei carboidrati. Infine, bisogna tenere presente che alcuni atleti potrebbero rispondere meglio a diete con un tenore di grassi più alto ed uno più basso di carboidrati rispetto alle raccomandazioni date. Pertanto, è importante monitorare la risposta del singolo atleta alla dieta.

Timing dei nutrienti

Tradizionalmente, le linee guida riguardanti il timing dei nutrienti, sono basate sulle esigenze degli atleti di endurance. Ad esempio, si è soliti pensare che i carboidrati post-allenamento stimolino una risposta glicemica e insulinemica tale da ottimizzare il recupero. Le origini di questa

raccomandazione risalgono al 1988, quando Ivy et al. [70] hanno preso dei soggetti a digiuno e gli hanno fatto eseguire un allenamento sulla cyclette in grado di esaurire le riserve di glicogeno dei partecipanti. Dopodichè, hanno confrontato le velocità di resintesi del glicogeno a seguito dell'ingestione di una soluzione a base di carboidrati (2g/kg) assunta immediatamente dopo o dopo due ore dall'allenamento. Coloro che hanno assunto la soluzione immediatamente dopo l'allenamento hanno resintetizzato glicogeno tra le due e le tre volte più velocemente rispetto a chi l'aveva assunta due ore dopo, arrivando, dopo 4 ore dalla fine dell'allenamento, con riserve di glicogeno più grandi rispetto all'altro gruppo.

Queste scoperte hanno ispirato le linee guida attuali per quanto riguarda l'assunzione di carboidrati post-esercizio. Tuttavia, per ottenere una resintesi completa del glicogeno muscolare fino ad arrivare agli stessi livelli che c'erano prima dell'allenamento, servono almeno 24 ore a patto che si somministri una quantità sufficiente di carboidrati. Jentjens e Jeukendrup [71] suggeriscono che un periodo minimo di 8 ore tra un allenamento e l'altro è sufficiente per massimizzare la velocità di resintesi del glicogeno. Pertanto, l'esigenza di resintetizzare glicogeno velocemente è un'esigenza esclusiva di atleti che fanno più allenamenti al giorno separati solo poche ore l'uno dall'altro. I bodybuilders, durante la preparazione alla gara, possono anche fare più di un allenamento al giorno (es. allenamento con i pesi la mattina e cardio il pomeriggio), tuttavia non hanno gli stessi obiettivi di performance che hanno atleti di endurance che partecipano a competizioni che prevedono prove multiple, dove lo stesso gruppo muscolare viene allenato fino all'esaurimento ed allo stesso modo più volte al giorno. Inoltre, un allenamento fatto con i pesi non esaurisce le riserve di glicogeno tanto quanto un allenamento di endurance. È stato visto, infatti, che un allenamento ad alta intensità (70-80% di 1RM) e volume moderato (6-9 ripetizioni per gruppo muscolare) riduce le riserve di glicogeno di circa il 36-39% [72, 73].

Una questione più rilevante per i bodybuilders, può essere se il timing delle proteine e/o aminoacidi può influenzare il mantenimento della LBM. Seppur con qualche eccezione [74], la maggior parte degli studi effettuati in acuto, sono concordi nel dire che l'ingestione di proteine o aminoacidi essenziali e carboidrati in prossimità o durante l'allenamento può aumentare la sintesi proteica muscolare (MPS) ed inibire il catabolismo proteico [75-79]. Tuttavia, c'è una disparità di risultati tra studi a breve e a lungo termine che hanno esaminato gli effetti del timing dei nutrienti sull'adattamento all'allenamento. Ad oggi, solo una minoranza di studi effettuati in cronico hanno mostrato che il timing di nutrienti nell'allenamento contro resistenza può influenzare i guadagni in massa muscolare e/o forza. Cribb e Hayes [80] hanno scoperto che far assumere una soluzione contenente 40g di proteine, 43g di carboidrati e 7g di creatina nell'immediato pre e post-allenamento, dava risultati migliori sia per quanto riguarda la massa muscolare che la forza rispetto ad assumere la stessa soluzione lontano dall'allenamento. Inoltre, Esmarck et al. [81] hanno osservato una maggiore ipertrofia in coloro che hanno ingerito una soluzione contenente 10g di proteine, 8g di carboidrati e 3g di grassi immediatamente dopo l'allenamento rispetto a coloro che assumevano 2 ore dopo l'allenamento. In contrasto con questi risultati troviamo la maggior parte degli studi effettuati in cronico che non supportano la teoria che posizionare le proteine in prossimità dell'allenamento conferisca qualche vantaggio. Burk et al. [82] hanno osservato dei guadagni leggermente migliori sulla forza nello squat e sulla massa magra in coloro che assumevano due dosi da 35g di proteine lontane dall'allenamento (una la mattina e l'altra la sera) rispetto a coloro che assumevano le due stesse dosi di proteine la mattina e poi di nuovo immediatamente prima dell'allenamento. Hoffman et al. [83] non hanno trovato differenze significative né nella forza né nella composizione corporea confrontando i risultati ottenuti facendo assumere due dosi da 42g di proteine immediatamente prima e dopo l'allenamento con quelli ottenuti da coloro che avevano assunto le due dosi di proteine lontane dall'allenamento. Wycherley et al. [84] hanno esaminato gli effetti di differenti timing di nutrienti su persone diabetiche in sovrappeso o obese. Gli effetti di un pasto contenente 21g di proteine consumato immediatamente prima dell'allenamento sono stati confrontati con quelli ottenuti dal consumo dello stesso pasto 2 ore dopo l'allenamento. Non sono state riscontrate differenze significative sulla perdita di peso, aumento di forza o sul fattore di rischio cardio metabolico. Più recentemente Wolsgarber et al. [85]

non hanno riscontrato differenze sulla massa muscolare o la forza dal consumo di proteine del siero del latte immediatamente prima o durante l'allenamento. È importante notare che esistono altri studi cronici ai quali ci si riferisce come studi sul nutrient timing, ma che non possono essere considerati tali in quanto non c'è uguaglianza tra le quantità totali di proteine assunte dai partecipanti nei due diversi gruppi. Pertanto, questi studi hanno esaminato l'effetto dell'aggiunta di determinati macronutrienti alla dieta più che studiare l'effetto della diversa distribuzione temporale dei macronutrienti. Willoughby et al. [86] hanno visto che 10 settimane di allenamento contro resistenza associate ad un'integrazione con 20g di proteine 1 ora prima e dopo l'allenamento, miglioravano la performance, la forza e l'MPS in misura maggiore rispetto allo stesso allenamento associato ad un'integrazione di carboidrati + placebo. Hulmi et al. [87] hanno scoperto che 21 settimane di supplementazione con 15g di proteine prima e dopo un allenamento contro resistenza hanno aumentato le dimensioni e alterato l'espressione genica del *vastus lateralis* in favore dell'anabolismo muscolare. In contrasto con i primi due studi, Verdijk et al. [88] non hanno osservato effetti significativi a seguito dell'assunzione di 10g di proteine immediatamente prima e dopo un allenamento contro resistenza per 12 settimane. Gli autori hanno attribuito la mancanza di effetti al fatto che i partecipanti allo studio già assumevano una quantità totale di proteine giornaliera adeguata. Similmente, in un altro studio effettuato da Erskine et al. [89], non sono state riscontrate differenze significative a seguito dell'assunzione di 20g di proteine prima e dopo l'allenamento o di placebo.

La disparità di risultati tra studi fatti in acuto e studi in cronico, potrebbe dipendere dall'esistenza di una "finestra anabolica" più lunga di quanto precedentemente pensato. Burd et al. [90] hanno scoperto che un'allenamento contro resistenza portato fino al fallimento, causa un incremento della risposta anabolica all'ingestione di proteine che può durare fino a 24 ore. Deldicque et al. [91] hanno osservato che dando una soluzione composta da carboidrati, proteine e leucina a dei soggetti che avevano appena finito di allenarsi a digiuno, avveniva una risposta anabolica più potente paragonata alla risposta avuta da soggetti che si erano allenati non a digiuno. Questi risultati suggeriscono che l'organismo è capace di attuare una supercompensazione anabolica nonostante la natura catabolica dell'allenamento a digiuno. Questi dati, se messi insieme ai dati derivanti dagli studi effettuati in cronico, supportano l'idea che la quantità totale di macronutrienti assunta al giorno, sia più importante rispetto al loro posizionamento temporale relativamente alla sessione di allenamento. Ci sono anche altri fattori che potrebbero spiegare l'inconsistenza di risultati relativi all'efficacia del timing dei nutrienti negli studi effettuati in cronico. Il livello di allenamento dei soggetti potrebbe influenzare i risultati in quanto i principianti tendono a rispondere in maniera simile ad una grande varietà di stimoli. Un'altra possibilità è rappresentata dal dosaggio di proteine utilizzato, 10-20g, che potrebbe non essere sufficiente per massimizzare la risposta anabolica. È stato dimostrato che la velocità di sintesi proteica muscolare raggiunge un plateau con una dose post-allenamento di circa 20g di proteine di alta qualità [92]. Tuttavia, in una ricerca seguente effettuata su soggetti anziani da parte di Yang et al. [93], è stato osservato che un dosaggio più elevato di proteine post-esercizio (40g) ha stimolato maggiormente la sintesi proteica muscolare rispetto a 10 o 20 g. In aggiunta alla scarsità di studi in cui è stato usato un dosaggio più alto di proteine, c'è anche una mancanza di ricerche sulla combinazione proteine + carboidrati. Solamente Cribb e Hayes [80] hanno analizzato gli effetti di una dose sostanziosa di proteine (40g) + carboidrati (43g) prese in prossimità dell'allenamento (subito prima e subito dopo) o distanti dall'allenamento. Coloro che avevano assunto la soluzione in prossimità dell'allenamento hanno guadagnato quasi il doppio della massa muscolare in più rispetto a coloro che l'avevano assunto distante dall'allenamento. Tuttavia, gli studi effettuati in acuto, non hanno, fino ad ora mostrato un effetto significativo della combinazione carboidrati + proteine sulla sintesi proteica muscolare una volta raggiunta una dose minima efficace di proteine di 20-25g [94, 95]. Questi dati concorrono con dati precedenti nell'indicare che è sufficiente un moderato aumento dell'insulina (15-30 mU/L) per massimizzare il bilancio netto di proteine in presenza di un'elevata quantità di amminoacidi [96]. Anche Koopman et al. [97] hanno osservato una mancanza di effetto anabolico mediato dai carboidrati quando venivano somministrati 0,3 g/kg/ora di proteine nella fase di recupero post-

esercizio. Il dubbio rimane circa l'utilità di consumare proteine e/o carboidrati durante una sessione di allenamento con i pesi. Dal momento che questi allenamenti tipicamente non assomigliano ad allenamenti di endurance della durata di due ore o più, il consumo di nutrienti durante l'allenamento non dovrebbe causare nessun miglioramento della performance o sulla massa muscolare se viene fornita un'adeguata nutrizione pre-allenamento. Nel caso eccezionale di una sessione di allenamento che prevede almeno 2 ore di lavoro esaustivo e continuo, potrebbe essere prudente utilizzare le stesse strategie utilizzate nell'allenamento di endurance per minimizzare il danneggiamento del muscolo. Questa strategia consiste nell'assumere tra gli 8 e i 15g di proteine + 30-60g di carboidrati in una soluzione al 6-8 % di concentrazione ogni ora di allenamento [98].

Per quanto riguarda allenamenti contro resistenza di lunghezza tipica, Aragon e Schoenfeld [99] hanno recentemente suggerito di assumere una dose di proteine tra 0,4 e 0,5 g/kg di peso sia prima che dopo l'allenamento. Tuttavia, per quanto riguarda gli obiettivi tipici dei bodybuilder, i dati attuali suggeriscono che la quantità totale dei macronutrienti della dieta è probabilmente la variabile più importante per determinare l'adattamento all'allenamento a lungo termine.

	Importanza minima	Importanza variabile	Importanza massima
Carboidrati	<ul style="list-style-type: none"> Allenamento contro resistenza a intensità medio-bassa della durata di un'ora o meno ed effettuato non a digiuno 	<ul style="list-style-type: none"> Allenamento che avviene poco tempo dopo il digiuno notturno Allenamento continuo ed esaustivo che eccede significativamente l'ora, specialmente se si avvicina a due ore 	<ul style="list-style-type: none"> Allenamento che implica più di una sessione in grado di consumare significativamente le riserve di glicogeno nella stessa giornata. Ad esempio un giorno in cui le gambe sono allenate con un volume moderato seguito o preceduto da un allenamento cardiovascolare ad alta intensità Allenamento che eccede significativamente le due ore; specialmente se si avvicina alle 3 ore.
Proteine	<ul style="list-style-type: none"> Timing in relazione a sessioni di allenamento cardiovascolare 	<ul style="list-style-type: none"> Timing in relazione ad un allenamento contro resistenza a digiuno (a seguito di un pasto contenente un'adeguata quantità di proteine) 	<ul style="list-style-type: none"> Timing in relazione ad una sessione di allenamento a digiuno dove l'ultimo pasto è stato consumato a distanza di più di 3 ore prima dell'allenamento
Integrazione	<ul style="list-style-type: none"> Timing specifico di creatina, beta-alanina o altri integratori simili usati per favorire un adattamento muscolare a lungo termine più che per un effetto in acuto 		<ul style="list-style-type: none"> Timing specifico di bevande a base di carboidrati, elettroliti, caffeina o altri integratori simili usati per il loro effetto ergogenico in acuto più che per un adattamento muscolare a lungo termine

Tabella 2: importanza del timing dei nutrienti e dei supplementi

Frequenza dei pasti

Purtroppo esistono pochissimi studi sulla frequenza dei pasti che coinvolgono un allenamento contro resistenza e nessuno di questi è stato fatto su bodybuilders di alto livello. Nonostante queste limitazioni, la ricerca attualmente disponibile, rifiuta l'idea un tempo comune che fare molti piccoli pasti faccia aumentare il dispendio energetico rispetto a fare pochi pasti più grandi. Sono stati sperimentati diversi protocolli di alimentazione che spaziavano da due a sette pasti giornalieri e non sono state trovate differenze in 24 ore di termogenesi [100, 101]. È stato inoltre osservato che una ripartizione dei pasti irregolare nel corso della settimana causa un abbassamento della termogenesi post-prandiale se comparata con quella ottenuta mantenendo una frequenza dei pasti stabile [102] e, inoltre, danneggia la sensibilità insulinica ed il profilo lipidico [103]. Tuttavia, la rilevanza di queste ultime scoperte potrebbe riguardare esclusivamente la popolazione sedentaria in quanto è noto che l'esercizio regolare è in grado di migliorare sia la sensibilità insulinica che il profilo lipidico. I bodybuilders, tipicamente adottano una frequenza dei pasti più alta nel tentativo di ottimizzare la perdita di grasso e preservare la massa muscolare. Tuttavia, la maggior parte degli studi a lungo termine non hanno dimostrato che differenti frequenze dei pasti abbiano effetti diversi sul peso o sulla composizione corporea [104-108]. Una recente review da parte di Varady [109] ha esaminato 11 studi in cui è stata applicata una restrizione calorica giornaliera (CR) e 7 studi in cui è stata

applicata una restrizione calorica intermittente (ICR). CR implicava un consumo giornaliero pari al 15-60% del fabbisogno basale, mentre l'ICR prevedeva giorni di alimentazione "ad libitum" alternati a giorni di digiuno totale o parziale. Da questi dati si è concluso che, nonostante entrambi i tipi di dieta abbiano effetti simili sulla perdita di peso, ICR è più efficace nel preservare la massa magra. Tre degli studi ICR non hanno infatti mostrato alcuna diminuzione della massa muscolare, mentre tutti gli studi CR hanno mostrato un decremento della LBM. Tuttavia, nella maggior parte degli studi ICR è stata usata la bioimpedenzometria (BIA) per misurare la composizione corporea, mentre nella maggior parte degli studi CR è stata usata la DXA o la risonanza magnetica (MRI). Questi ultimi due metodi hanno mostrato di avere molta più accuratezza rispetto alla BIA [110-112], quindi i risultati dell'analisi di Varady [109], dovrebbero essere interpretati con cautela. Sulla stessa linea, Stote et al. [113], hanno visto che se paragonato a 3 pasti al giorno, un solo pasto al giorno ha causato una perdita di peso e di grasso leggermente superiore. Curiosamente, il gruppo che consumava un solo pasto al giorno ha registrato un leggero aumento della massa muscolare, ma questo potrebbe essere dovuto all'errore di misura dato dalla BIA.

Ad oggi solamente due studi hanno usato soggetti allenati. Iwao et al. [114] hanno visto che boxers che consumavano 6 pasti al giorno hanno perso meno LBM ed hanno registrato valori relativi al catabolismo muscolare più bassi rispetto a coloro che consumavano solo 2 pasti al giorno. Tuttavia, alcune limitazioni di questo studio includono: la breve durata dell'esperimento, il basso numero dei partecipanti allo studio e una dieta da 1200 Kcal che è particolarmente bassa rispetto a quello che questa popolazione tipicamente mangia. È anche importante notare che l'introito proteico, 20% delle calorie totali, ammontava a 60g al giorno che significa un po' meno di 1 g/kg. Per evidenziare l'inadeguatezza di questo dosaggio, Mettler et al. [29] hanno dimostrato che 2,3 g/kg di proteine ed un intake energetico pari a 2022 kcal in media, ancora non erano sufficienti a prevenire la perdita di LBM in atleti che seguivano una dieta ipocalorica. L'altro studio che ha coinvolto degli atleti è stato condotto da Benardot et al. [115], che ha confrontato gli effetti di aggiungere uno snack da 250 kcal tra i pasti con quelli ottenuti dall'aggiunta di un placebo. Il gruppo che ha aggiunto lo snack ha registrato un aumento significativo della potenza anaerobica e della massa magra, mentre coloro che avevano assunto il placebo non hanno registrato gli stessi miglioramenti. Tuttavia, non è possibile determinare se i miglioramenti ottenuti dal gruppo che ha assunto lo snack siano dovuti all'aumento delle calorie o all'aumento del numero di pasti.

Un concetto relativamente recente che può essere applicato alla frequenza dei pasti è che è necessario un dosaggio minimo di leucina per stimolare la sintesi proteica. Norton e Wilson [116], suggeriscono che questa soglia minima sia di 0,05 g/kg o approssimativamente 3g di leucina per pasto per saturare la via del segnale di mTOR e stimolare la MPS. Un altro concetto relativo a questo è che la MPS può diminuire o diventare refrattaria se la concentrazione amminoacidica è tenuta costantemente elevata. Le prove di questo fenomeno refrattario sono state evidenziate da Bohè et al. [117], che ha fatto in modo di alzare la concentrazione amminoacidica nel sangue dei partecipanti al suo esperimento ed ha visto che la MPS raggiungeva il suo picco massimo dopo 2 ore, dopodiché diminuiva rapidamente nonostante la concentrazione amminoacidica nel sangue rimanesse costante. Con lo scopo di massimizzare la risposta anabolica, le potenziali applicazioni di questi dati implicherebbero di evitare di fare pasti troppo ravvicinati tra loro. Inoltre, si dovrebbe anche fare in modo che ogni pasto contenga almeno 3g di leucina il che significa consumare 30-40g di proteine di alta qualità per ogni pasto. In accordo con questo concetto, una recente review di Phillips e Van Loon [28] raccomanda di suddividere l'introito proteico totale giornaliero in 3-4 pasti dallo stesso contenuto di proteine, con lo scopo di massimizzare la risposta anabolica data da ogni pasto e, di conseguenza, l'accrescimento muscolare.

È importante notare che questa soglia di leucina e la refrattarietà della sintesi proteica muscolare non sono stati determinati sulla base di studi in cui sono stati analizzati gli effetti del cibo sul lungo termine. Queste idee derivano da studi meccanicisti in cui sono stati somministrati amminoacidi per via endovenosa [117, 118]. Sono necessari studi a lungo termine per determinare se la natura refrattaria della MPS vista a seguito di infusioni dirette di amminoacidi abbia un impatto reale sul guadagno o sulla preservazione della LBM. Munster e Saris [119], hanno recentemente fatto un po'

più di luce su quello che potrebbe essere ottimale per la dieta pre-gara. Soggetti magri e in salute, sono stati sottoposti a 36 ore nella camera respiratoria. Curiosamente, coloro che facevano 3 pasti al giorno hanno registrato una maggiore ossidazione proteica, un metabolismo basale più alto ed una concentrazione di glucosio nel sangue più bassa rispetto a coloro che facevano 14 pasti al giorno. Le due diete avevano lo stesso contenuto energetico. La concentrazione di glucosio nel sangue più bassa vista in questo studio, è stata riscontrata anche in ricerche precedenti come quella di Holmstrup et al. [120], che ha potuto osservare che coloro che assumevano tre pasti ad alto contenuto di carboidrati riportavano una concentrazione media di glucosio nel sangue nelle 12 ore più bassa rispetto a coloro che consumavano 6 pasti al giorno con lo stesso contenuto totale di carboidrati. Un'altra scoperta interessante da parte di Munster e Saris [119], è stata che la frequenza di pasti più bassa ha indotto un maggior senso di sazietà e ridotto la sensazione di fame rispetto ad una frequenza più alta. Questi risultati sono concordi con altri risultati ottenuti da uno studio precedente realizzato da Leidy et al. [121], che ha confrontato diversi introiti di proteine distribuiti in 3 o 6 pasti al giorno. Prevedibilmente, l'introito più alto in proteine (25% contro 14%) causava maggiore sazietà. La frequenza di pasti più alta, tuttavia, ha portato ad un minor senso di sazietà indipendentemente dalla quantità di proteine. La frequenza dei pasti non ha avuto nessun impatto sui livelli di grelina, indipendentemente dalla quantità di proteine. PYY, un peptide associato alla sensazione di sazietà, era del 9% più basso nel gruppo che applicava una frequenza di pasti più alta. Tuttavia, Arciero et al. [122] hanno recentemente osservato che 6 pasti al giorno con una dieta ad alto contenuto di proteine (35% delle calorie totali), erano superiori rispetto a 3 pasti al giorno per quanto riguarda i miglioramenti in composizione corporea in soggetti in sovrappeso. Le discrepanze di risultati tra lo studio a breve termine di Leidy et al e quello a lungo termine di Arciero et al., fa pensare che siano necessari ulteriori studi, preferibilmente fatti su soggetti che praticano un allenamento contro resistenza.

Altre frequenze di pasti molto comuni (es.: 4 o 5 pasti al giorno), sono sfuggite all'investigazione scientifica fino a poco tempo fa quando Adechian et al. [123] hanno confrontato gli effetti ottenuti a seguito di ingestione di proteine del siero del latte o caseine con due metodi di distribuzione giornaliera diversi. Il primo prevedeva una distribuzione in 4 pasti del tipo 8/80/4/8%, mentre il secondo prevedeva una distribuzione uniforme suddivisa sempre in 4 pasti al giorno (25/25/25/25%) per 6 settimane durante le quali i partecipanti sono stati sottoposti a dieta ipocalorica. Non sono state osservate differenze significative per quanto riguarda la composizione corporea tra le diverse condizioni. Questi risultati sono in contrasto con le raccomandazioni di Phillips e Van Loon che dicevano che la distribuzione delle proteine durante la giornata deve essere uniforme [40]. Moore et al. [124] hanno confrontato gli effetti di diverse frequenze dei pasti: 2, 4 e 8 pasti consumati a seguito di una sessione bilaterale di knee extension effettuata a digiuno. Coloro che consumavano 4 o 8 pasti hanno avuto dei leggeri vantaggi per quanto riguarda il bilancio proteico netto rispetto a coloro che ne consumavano solo 2. In un lavoro seguente realizzato da Areta et al. [125], in cui sono state utilizzate le stesse distribuzioni di pasti, è stato osservato che il trattamento con 4 pasti causava il maggior incremento di sintesi proteica miofibrillare. Una limitazione di entrambi gli studi era l'assenza di altri macronutrienti oltre alle proteine, nelle 12 ore post-esercizio. Questo fa rimanere aperta la domanda su come uno scenario più realistico con pasti misti avrebbe alterato i risultati. Inoltre, questi studi a breve termine mancano di conferme di studi a lungo termine in cui sono state misurate la composizione corporea e/o la performance.

Messe insieme, queste evidenze suggeriscono che frequenze di pasti estremamente basse o alte hanno il potenziale di danneggiare la preservazione della massa muscolare o il controllo della fame durante la fase di preparazione alla gara di bodybuilding. Tuttavia, le differenze tra gli effetti di diverse distribuzioni dei pasti entro range moderati (3-6 pasti al giorno contenenti almeno 20g di proteine ognuno) sono trascurabili se ci si mette in un contesto di un buon piano di allenamento e di un'adeguata quantità totale di macronutrienti.

Supplementi nutrizionali

Quando si prepara per una gara di bodybuilding, un atleta si concentra prima di tutto sull'allenamento e sull'alimentazione; tuttavia, alcuni supplementi possono essere utili per migliorare ulteriormente la preparazione. In questa sessione verranno discusse le evidenze scientifiche dietro l'uso di alcuni tra i più comuni integratori usati nel bodybuilding. Le sostanze vietate dalle federazioni di bodybuilding natural verranno omesse dalla discussione.

Creatina

La creatina monoidrato (CM) è considerato l'integratore ergogenico più efficace e sicuro tra quelli legalmente disponibili [128]. L'integrazione in soggetti adulti e sani, non ha dato nessun effetto collaterale o cambiamenti nella funzionalità renale ed epatica [129]. In numerosi studi è stato registrato un incremento significativo della massa muscolare e della forza quando veniva aggiunta CM ad un programma di allenamento contro resistenza [130-134]. In molti di questi studi è stato registrato un aumento di 1-2 kg di peso corporeo a seguito di integrazione con 20g/giorno di CM per 4-28 giorni [135]. Tuttavia, la fase di caricamento potrebbe essere non necessaria. È stato dimostrato che caricare con 20g al giorno di CM, incrementa la creatina totale muscolare di circa il 20%, e questo livello di creatina poteva essere mantenuto con 2g al giorno per 30 giorni [136]. Tuttavia, nello stesso studio è stato anche osservato che la creatina muscolare aumentava di un 20% anche con un'integrazione di 3g al giorno per 28 giorni, suggerendo che la fase di caricamento potrebbe essere non necessaria per incrementare la concentrazione di creatina muscolare. Recentemente, forme alternative di creatina come la creatina etil-estere (CEE) o la CreAlcalina (KA), sono state etichettate come forme di creatina superiori alla creatina monoidrato; tuttavia fino ad ora non esistono prove scientifiche che supportino questa teoria. Tallon e Child [137,138] hanno osservato che nello stomaco CEE e KA si degradano di più rispetto a CM. Inoltre, alcuni studi recenti hanno evidenziato che 28 giorni di integrazione con CEE o KA non aumentavano la concentrazione di creatina muscolare in misura maggiore rispetto a CM [139,140]. Pertanto, sembrerebbe che la creatina monoidrato sia la forma di creatina più efficace.

Beta-Alanina

La beta-alanina (BA) sta diventando sempre più popolare negli ultimi tempi. Una volta consumata, BA entra nel torrente circolatorio e viene in seguito captata dal muscolo scheletrico dove viene usata per sintetizzare carnosina, una sostanza tampone particolarmente importante nell'esercizio anaerobico come lo sprint o il sollevamento pesi [141]. È stato dimostrato che consumare 6,4g di BA al giorno per 4 settimane, incrementa i livelli di carnosina muscolare del 64,2% [142]. Inoltre l'integrazione con BA per 4-10 settimane incrementa la forza nel knee extension di circa il 6% [143], l'intensità e il tempo di esaurimento durante l'allenamento cardiovascolare ad alta intensità [144-148], migliora la resistenza alla fatica durante l'allenamento di forza [149], incrementa la massa muscolare di circa 1kg [147] e riduce significativamente la percezione della fatica [150]. Inoltre, l'associazione di creatina + BA potrebbe incrementare ulteriormente la performance durante l'allenamento di endurance ad alta intensità [151] ed è stato dimostrato che potrebbe incrementare la massa magra e ridurre la massa grassa di più rispetto alla CM da sola [152]. Tuttavia, non in tutti gli studi sono stati osservati miglioramenti a seguito dell'assunzione di BA [143,153,154]. Per fare chiarezza sulla faccenda, Hobson et al. [155] hanno condotto una meta-analisi su 15 studi sulla supplementazione con BA ed hanno concluso che la beta-alanina migliora significativamente la capacità e la performance su esercizi della durata tra 60 e 240 secondi e in misura leggermente minore, su quelli della durata superiore a 240 secondi. Nonostante la beta-alanina, sembri migliorare la performance sportiva, la sicurezza a lungo termine della BA è stata solo parzialmente esplorata. Al momento l'unico effetto indesiderato correlato all'assunzione di BA, è la parestesia; tuttavia, questo può essere minimizzato suddividendo la dose in giornaliera in piccole dosi da

distribuire lungo tutto l'arco della giornata [142]. Mentre la BA sembra essere relativamente sicura nel breve termine, non sappiamo ancora abbastanza sugli effetti a lungo termine. Nei gatti, è stato visto che aggiungere un 5% di BA all'acqua per 20 giorni, porta ad un abbassamento delle concentrazioni di taurina provocando danni al cervello; tuttavia, la taurina è un amminoacido essenziale per i gatti ma non per l'uomo e non sappiamo se i dosaggi più bassi tipicamente usati nello sport, possono portare alle stesse conseguenze [156]. La BA può migliorare la performance e la massa magra nei bodybuilder ed al momento appare sicura; tuttavia, sono necessari ulteriori studi per determinare la sicurezza a lungo termine del prodotto.

HMB

Il Beta-idrossi-beta-metilbutirrato (HMB) è un metabolita dell'amminoacido leucina che è stato visto essere in grado di ridurre il catabolismo ed incrementare la sintesi proteica muscolare [157,158]. La sicurezza dell'HMB è stata ampiamente studiata e non è stato registrato nessun effetto collaterale sugli enzimi epatici, sulla funzionalità renale, sul colesterolo, sui globuli bianchi, sull'emoglobina o sul glucosio ematico [159-161]. Inoltre, due meta-analisi sull'HMB sono state effettuate ed entrambe concordano sul fatto che sia un composto sicuro e che non causi effetti collaterali [159, 160]. L'HMB potrebbe addirittura far abbassare la pressione, il colesterolo totale e l'LDL specialmente in individui con ipercolesterolemia. L'HMB è particolarmente efficace nelle persone più soggette al catabolismo come gli anziani e i pazienti con malattie croniche [162]. Tuttavia, studi sull'efficacia dell'HMB su soggetti sani, allenati e che non seguivano una dieta ipocalorica hanno dato risultati contrastanti. Le ragioni per questa discrepanza di risultati, possono essere molteplici fra le quali l'uso di protocolli di allenamento non periodizzati e fatti male, il numero di soggetti troppo piccolo e la mancanza di specificità tra l'allenamento e le condizioni dell'esperimento [163]. Tuttavia, nel complesso, l'HMB sembra essere efficace nella maggior parte degli studi di lunga durata e in cui sono stati adottati protocolli di allenamento molto intensi e periodizzati e potrebbe dare beneficio ai bodybuilders, in particolare durante le fasi di overreaching pianificato [164]. Se da una parte si ipotizza che l'HMB possa essere d'aiuto in periodi di aumentato catabolismo, come ad esempio il periodo di preparazione alla gara, l'efficacia dell'HMB sul mantenimento della massa magra in atleti sottoposti a dieta ipocalorica, non è stata ancora studiata a lungo termine. Pertanto, sono necessari ulteriori studi per verificare l'efficacia dell'HMB durante periodi di restrizione calorica in soggetti sani, magri e allenati.

Amminoacidi ramificati

Gli amminoacidi ramificati (BCAA's) formano il 14-18% degli amminoacidi totali del muscolo scheletrico e sono uno dei supplementi più usati tra i bodybuilders natural [165]. Fra tutti i BCAA's, la leucina è quello più interessante in quanto è stato visto che da sola è in grado di stimolare la sintesi proteica muscolare nella stessa misura di un mix di tutti gli amminoacidi [166]. Tuttavia, l'ingestione della sola leucina può portare ad un abbassamento della concentrazione di valina ed isoleucina nel plasma, pertanto, con lo scopo di prevenire questo effetto, devono essere assunti tutti e tre i BCAA's [167]. Recentemente, è stato fissato il limite di sicurezza all'assunzione di leucina a 550 mg/kg di peso in uomini adulti, tuttavia, sono necessari ulteriori studi per determinare i limiti di sicurezza degli altri due amminoacidi e di un mix di tutti e tre i BCAA's [168]. Numerosi studi effettuati sia sugli umani che sugli animali, hanno mostrato che l'assunzione di amminoacidi essenziali, BCAA's o leucina, a riposo o a seguito di esercizio fisico, aumenta la sintesi proteica muscolare, riduce la degradazione delle proteine o entrambe le cose [27, 169-172]. Tuttavia ci sono pochi studi a lungo termine sull'assunzione di BCAA's da parte di atleti che si allenano contro resistenza. Stoppani et al. [173] hanno fatto assumere a degli atleti 14g di BCAA's, proteine del siero di latte o un placebo fatto di carboidrati per 8 settimane che nel frattempo erano sottoposti ad un allenamento di forza. Alla fine dell'esperimento il gruppo che aveva assunto BCAA's aveva guadagnato 4kg di massa magra, aveva perso il 2% di massa grassa ed era riuscito ad aumentare di

6kg il carico sulla panca piana (10 ripetizioni). Questi cambiamenti erano significativi se confrontati agli altri due gruppi. L'uso di BCAA's tra i pasti potrebbe essere benefico per mantenere elevata la sintesi proteica. Dati recenti ottenuti da modelli animali, suggeriscono che il consumo di BCAA's tra un pasto e l'altro può annullare la refrattarietà della sintesi proteica che avviene quando la concentrazione amminoacidica del plasma è elevata [174]. Tuttavia, studi a lungo termine su umani in cui sono stati esaminati gli effetti di una dieta in cui i BCAA's sono consumati tra i pasti, sulla massa magra e la forza, non sono ancora stati fatti. Va fatto notare, infatti, che i metabolismi dei BCAA's degli umani e dei roditori, sono differenti e che i risultati ottenuti usando come modello i roditori, potrebbero non essere traducibili sull'uomo [175]. Pertanto, sono necessari ulteriori studi a lungo termine per verificare l'utilità di questa pratica. Basandosi sulle evidenze ad ora disponibili, è chiaro che i BCAA's stimolano la sintesi proteica in acuto e in uno studio [173] è stato visto che i BCAA's potrebbero aumentare la massa magra e la forza se combinati ad un allenamento contro resistenza, tuttavia sono necessari ulteriori studi a lungo termine per determinare gli effetti dei BCAA's sulla massa magra e la forza in soggetti allenati. Inoltre, sono necessari studi anche sull'uso dei BCAA's da parte di persone vegetariane in cui il consumo di proteine di alta qualità è molto basso e queste, potrebbero essere proprio le persone che trarrebbero i maggiori benefici dall'uso di BCAA's.

Arginina

Gli integratori contenenti arginina vengono usati dai bodybuilders prima dell'allenamento nel tentativo di incrementare il flusso sanguigno verso i muscoli, incrementare la sintesi proteica e migliorare la performance. Tuttavia ci sono molto poche evidenze scientifiche alla base di questa teoria. Fahs et al. [176] hanno fatto assumere 7g di arginina o un placebo ad uomini giovani e sani prima dell'allenamento e non hanno potuto osservare cambiamenti significativi nel flusso sanguigno. Inoltre Tang et al. [177] hanno fatto un esperimento simile in cui due gruppi di atleti hanno assunto 10g di arginina o un placebo prima dell'esercizio fisico ma anche in questo caso, non è stato registrato un incremento del flusso sanguigno e nemmeno della sintesi proteica. Oltre a questi dati, c'è anche da considerare che l'arginina è un amminoacido non-essenziale e che diversi studi hanno dimostrato che gli amminoacidi essenziali sono da soli in grado di stimolare la sintesi proteica [178]. Basandosi su questi dati, sembrerebbe che l'arginina non incrementa significativamente il flusso ematico o la sintesi proteica post-esercizio.

Gli effetti dell'integrazione con arginina sulla performance sono controversi. In circa metà degli studi fatti sia in acuto che a lungo termine sugli effetti che ha l'argina sulla performance sono stati osservati dei benefici derivanti dall'assunzione dell'integratore, mentre, nell'altra metà non è stato possibile osservare alcun beneficio [179]. Inoltre, Greer et al. [180] hanno osservato che l'integrazione con arginina riduceva la resistenza muscolare sui chin-up e push-up. Basandosi su questi risultati, gli autori di una recente review, hanno concluso che l'integrazione con arginina ha solo un piccolo impatto sulla performance in individui sani [181]. Nonostante gli effetti dell'arginina sul flusso ematico, sulla sintesi proteica e sulla performance siano ancora poco chiari e necessitano ulteriori studi, i dosaggi comunemente usati dagli atleti sono molto più bassi rispetto alla soglia di sicurezza che è di 20g/giorno e non sembra essere dannosa per la salute [182].

Citrullina malato

La citrullina malato (CitM) è un supplemento che è diventato molto popolare tra i bodybuilders negli ultimi tempi; tuttavia anche qui ci sono pochi studi effettuati sugli umani. Si ipotizza che la CitM migliori la performance attraverso tre meccanismi: 1) CitM è un componente importante del ciclo dell'urea e potrebbe aiutare ad eliminare i residui di ammoniaca, 2) CitM è un intermediario del ciclo degli acidi tricarbossilici e potrebbe, pertanto, ridurre la produzione di acido lattico e 3) la citrullina può essere convertita in arginina ma, come discusso prima, l'arginina non sembra avere questo grande effetto su atleti giovani e sani, perciò è poco probabile che la CitM generi un effetto

ergogenico attraverso questo meccanismo [179, 183]. È stato dimostrato che la supplementazione con CitM aumenta la produzione di ATP durante l'esercizio del 34%, velocizza il recupero della fosfocreatina dopo l'esercizio del 20% e riduce la percezione della fatica [184]. Inoltre, Stoppani et al. [173] hanno osservato un aumento di 4kg di massa magra, una riduzione di 2kg di massa grassa ed un aumento di 6kg in una serie da 10 ripetizioni di panca piana a seguito dell'assunzione di una bevanda contenente 14g di BCAA, glutammina e CitM durante l'allenamento per 8 settimane; anche se non è chiaro in che misura la CitM abbia contribuito ai risultati osservati. Tuttavia, non tutti gli studi supportano la teoria che la CitM abbia un effetto ergogenico. Sureda et al. [185], non hanno riscontrato differenze significative nei tempi di corsa quando 6g di CitM o un placebo venivano consumati prima di una sessione di bicicletta di 137 km. Hickner et al. [186], hanno visto che il tempo necessario per raggiungere l'esaurimento sul tapis roulant avveniva in media 7 secondi prima in coloro che avevano assunto CitM. Inoltre, la sicurezza a lungo termine dell'assunzione di CitM è tuttora sconosciuta. Pertanto, basandosi sulla letteratura corrente, una decisione sull'efficacia della CitM non può essere presa. Sono necessari ulteriori studi per determinare se la CitM abbia o meno un'azione ergogenica e per verificare la sua sicurezza a lungo termine.

Glutammina

La glutammina è l'amminoacido non essenziale più abbondante nei muscoli ed è usato molto spesso come integratore alimentare. L'integrazione con glutammina con un dosaggio al di sotto dei 14g/giorno sembra essere sicura negli adulti in salute [182]; tuttavia, al momento, ci sono molte poche evidenze scientifiche che supportano l'utilità dell'integrazione con glutammina in atleti sani [187]. Se assunta in acuto (subito prima dell'esercizio), la glutammina non ha mostrato di migliorare significativamente la performance [188, 189], di rafforzare le difese immunitarie o ridurre i dolori muscolari dopo l'esercizio [187]. L'integrazione a lungo termine di glutammina in bevande che contenevano anche CM, proteine del siero del latte, BCAA e/o CitM, hanno mostrato un aumento di 1,5-2 kg di massa magra ed un aumento di 6 kg su 10RM di panca piana [173, 190]. Tuttavia, il ruolo della glutammina in questi cambiamenti non è chiaro. Solamente uno studio [191] ha analizzato gli effetti dell'integrazione con glutammina da sola insieme ad un programma di allenamento di 6 settimane. Non sono state trovate differenze significative per quanto riguarda la massa muscolare, la forza, o il catabolismo proteico tra i gruppi. Nonostante non ci siano molte evidenze che giustifichino l'uso di glutammina nel bodybuilding, andrebbe notato che la glutammina potrebbe dare benefici a livello gastrointestinale e per l'assorbimento dei peptidi nella popolazione stressata [192]; pertanto, potrebbe conferire benefici nei bodybuilders durante la fase di dimagrimento in quanto rappresentano una popolazione stressata. In conclusione, i risultati finora ottenuti non supportano la teoria che la glutammina abbia un qualche effetto sulla performance, tuttavia, sono necessari ulteriori studi per determinare con precisione il ruolo della glutammina per la salute gastrointestinale e per il trasporto dei peptidi durante la fase di dimagrimento.

Caffeina

La caffeina è forse il più comune stimolante pre-workout usato dai bodybuilders. Numerosi studi supportano l'uso della caffeina per migliorare la performance durante l'allenamento di endurance [193, 194], nello sprint [195, 196] e nell'allenamento di forza [197 – 199]. Tuttavia, non tutti gli studi supportano l'uso della caffeina negli sport di forza/potenza [200, 201]. Andrebbe notato che in tutti gli studi in cui è stato riscontrato un miglioramento della performance negli allenamenti di forza, è stato utilizzato un dosaggio di caffeina più alto (5-6 mg/kg). Tuttavia questo dosaggio di caffeina rappresenta il limite massimo considerato sicuro (6 mg/kg/giorno) [202]. Inoltre, sembrerebbe che il consumo regolare di caffeina ne riduca gli effetti ergogenici [203]. In conclusione, possiamo dire che un dosaggio di caffeina di 5-6 mg/kg/giorno preso prima dell'allenamento è efficace nel migliorare la performance, tuttavia, l'uso di caffeina dovrebbe essere cicizzato per ottenere il massimo effetto ergogenico.

Micronutrienti

In diversi studi sono state osservate carenze di diversi micronutrienti come vitamina D, calcio, zinco, magnesio, e ferro in bodybuilders durante la fase di dimagrimento [3, 17, 18, 204, 205]. Tuttavia, andrebbe notato che tutti questi studi sono stati pubblicati più di vent'anni fa e che queste carenze di micronutrienti erano probabilmente dovute all'eliminazione di alcuni cibi o gruppi alimentari ed alla monotonia della dieta [3, 205]. Pertanto, sono necessari ulteriori studi per determinare se queste carenze ci sarebbero anche usando una dieta più varia e seguendo i consigli presentati in questo articolo. Nonostante la prevalenza di carenze di micronutrienti nei bodybuilders sia sconosciuta, basandosi sulla letteratura precedente, un'integrazione a basso dosaggio di micronutrienti potrebbe dare benefici durante la preparazione ad una gara di natural bodybuilding; tuttavia sono necessari ulteriori studi per verificare questa raccomandazione.

Ultima settimana

Nel tentativo di migliorare la massa e la definizione riducendo l'acqua extracellulare, molti bodybuilders adottano dei protocolli per manipolare i fluidi, gli elettroliti e i carboidrati negli ultimi giorni e ore prima della gara [2, 60, 206]. Gli effetti della disidratazione e della manipolazione degli elettroliti sull'aspetto estetico non sono stati studiati, tuttavia, potrebbe essere pericoloso per la salute [207]. Inoltre, la disidratazione potrebbe anche essere deleteria per quanto riguarda il risultato estetico in quanto l'acqua non è presente solamente nello strato sottocutaneo. Una quantità significativa di acqua è localizzata nel sistema vascolare. Pertanto, la pratica comune del: "pumping up" che consiste nell'eseguire diverse ripetizioni con carichi leggeri subito prima di salire sul palco [208] per aumentare il flusso sanguigno verso i muscoli, potrebbe essere compromesso dalla disidratazione o dallo sbilanciamento degli elettroliti. Inoltre, la disidratazione riduce l'acqua totale corporea e va ricordato che una grande quantità d'acqua è contenuta nel muscolo il quale, in caso di disidratazione, tenderebbe quindi a ridurre il proprio volume [209], e questo potrebbe avere un impatto negativo sull'aspetto.

Negli ultimi giorni prima della competizione, molti bodybuilders fanno un carico dei carboidrati simile a quello effettuato dagli atleti di endurance, nel tentativo di incrementare i livelli di glicogeno muscolare e, di conseguenza, la massa muscolare [4, 18, 60, 208]. Nell'unico studio effettuato in quest'ambito, non sono stati riscontrati cambiamenti significativi della circonferenza del muscolo [208]. Tuttavia, in questo studio, è stata usata una dieta isocalorica in cui cambiava solamente la percentuale di energia proveniente dai carboidrati. Se fossero state aumentate anche le calorie totali della dieta, è possibile che sarebbe stato immagazzinato un quantitativo di glicogeno maggiore che avrebbe potuto cambiare i risultati finali dello studio. Inoltre, a differenza dei soggetti che hanno partecipato allo studio, i bodybuilders, prima del carico dei carboidrati, si sottopongono ad un lungo periodo di restrizione calorica che causa una forte diminuzione delle riserve di glicogeno muscolare ed è possibile che in queste condizioni il carico dei carboidrati avrebbe provocato un cambiamento dell'aspetto fisico. In aggiunta a questo, la performance di un bodybuilder, viene giudicata in maniera soggettiva, pertanto l'analisi della sola circonferenza muscolare, potrebbe non essere l'unico parametro a determinare l'esito della competizione. Per finire, alcuni bodybuilders cambiano la quantità di carboidrati durante il carico sulla base dei risultati a livello visivo, aumentandolo nel caso in cui gli effetti visivi desiderati non avvengono [60]. Pertanto, un'analisi di un carico di carboidrati statico, potrebbe non essere rappresentativa di quello che avviene nella pratica comune. Infatti, in uno studio osservazionale effettuato su bodybuilders professionisti che avevano fatto il carico dei carboidrati gli ultimi giorni prima della gara, è stato visto un aumento del 4,9% dello spessore del bicipite nell'ultimo giorno prima della gara rispetto a 6 settimane prima [4]. Nonostante non sia noto se questo sia stato causato da un aumento delle riserve di glicogeno muscolare, è improbabile che sia dovuto ad un accrescimento effettivo del muscolo, in quanto le ultime settimane prima della gara sono spesso caratterizzate da una diminuzione e non da un aumento della massa magra [6]. Studi futuri su questo campo, dovrebbero includere un'analisi qualitativa dei

cambiamenti visivi ed analizzare sia i cambiamenti a livello di percentuale di energia proveniente dai carboidrati che a livello di calorie totali della dieta.

Ad oggi ancora non si sa se la disidratazione e la manipolazione degli elettroliti conferisca qualche vantaggio a livello estetico. Quello che si sa è che queste pratiche sono pericolose e che hanno la potenzialità di peggiorarlo. Non è chiaro nemmeno se il carico dei carboidrati abbia un effetto sull'aspetto fisico e se sì, in che misura. Nel caso in cui venga utilizzato il carico dei carboidrati, sarebbe opportuno fare una prova prima della gara una volta che l'atleta ha quasi raggiunto il livello di magrezza necessario per la gara per poter elaborare una strategia personalizzata. Tuttavia, una settimana usata per fare questa prova in cui vengono consumati una grande quantità di carboidrati e di calorie totali, potrebbe rallentare il processo di perdita di grasso e, pertanto, sarebbe necessario aumentare la durata della preparazione.

Bibliografia

1. Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, De Jonge XAKJ: A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2013, 8:195–202.
2. Kleiner SM, Bazzarre TL, Litchford MD: Metabolic profiles, diet, and health practices of championship male and female bodybuilders. *J Am Diet Assoc* 1990, 90:962–967.
3. Sandoval WM, Heyward VH: Food selection patterns of bodybuilders. *Int J Sport Nutr* 1991, 1:61–68.
4. Bamman MM, Hunter GR, Newton LE, Roney RK, Khaled MA: Changes in body composition, diet, and strength of bodybuilders during the 12 weeks prior to competition. *J Sports Med Phys Fitness* 1993, 33:383–391.
5. Lambert CP, Frank LL, Evans WJ: Macronutrient considerations for the sport of bodybuilding. *Sports Med* 2004, 34:317–327.
6. Maestu J, Eliakim A, Jurimae J, Valter I, Jurimae T: Anabolic and catabolic hormones and energy balance of the male bodybuilders during the preparation for the competition. *J Strength Cond Res* 2010, 24:1074–1081.
7. Hall KD: What is the required energy deficit per unit weight loss? *Int J Obes* 2007, 32:573–576.
8. MacLean PS, Bergouignan A, Cornier M-A, Jackman MR: Biology's response to dieting: the impetus for weight regain. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2011, 301:R581–R600.
9. Camps SG, Verhoef SP, Westerterp KR: Weight loss, weight maintenance, and adaptive thermogenesis. *Am J Clin Nutr* 2013, 97:990–994.
10. Johannsen DL, Knuth ND, Huizenga R, Rood JC, Ravussin E, Hall KD: Metabolic slowing with massive weight loss despite preservation of fat-free mass. *J Clin Endocrinol Metab* 2012, 97:2489–2496.
11. University of Minnesota. Laboratory of Physiological Hygiene, Keys A: *The Biology Of Human Starvation*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1950.
12. Trexler E, Smith-Ryan A, Norton L: Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *J Int Soc Sport Nutr* 2014, 11:7.
13. Garthe I, Raastad T, Refsnes PE, Koivisto A, Sundgot-Borgen J: Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2011, 21:97–104.
14. Forbes GB: Body fat content influences the body composition response to nutrition and exercise. *Ann N Y Acad Sci* 2000, 904:359–365.
15. Hall KD: Body fat and fat-free mass inter-relationships: Forbes's theory revisited. *Br J Nutr* 2007, 97:1059–1063.
16. Mero AA, Huovinen H, Matintupa O, Hulmi JJ, Puurtinen R, Hohtari H, Karila T: Moderate energy restriction with high protein diet results in healthier outcome in women. *J Int Soc Sports Nutr* 2010, 7:4.
17. Sandoval WM, Heyward VH, Lyons TM: Comparison of body composition, exercise and nutritional profiles of female and male body builders at competition. *J Sports Med Phys Fitness* 1989, 29:63–70.
18. Walberg-Rankin J, Edmonds CE, Gwazdauskas FC: Diet and weight changes of female bodybuilders before and after competition. *Int J Sport Nutr* 1993, 3:87–102.
19. Withers RT, Noell CJ, Whittingham NO, Chatterton BE, Schultz CG, Keeves JP: Body composition changes in elite male bodybuilders during preparation for competition. *Aust J Sci Med Sport* 1997, 29:11–16.
20. van der Ploeg GE, Brooks AG, Withers RT, Dollman J, Leaney F, Chatterton BE: Body composition changes in female bodybuilders during preparation for competition. *Eur J Clin Nutr* 2001, 55:268–277.
21. Newton LE, Hunter GR, Bamman M, Roney RK: Changes in psychological state and self-reported diet during various phases of training in competitive bodybuilders. *J Strength Cond Res* 1993, 7:153–158.
22. Butterfield GE: Whole-body protein utilization in humans. *Med Sci Sports Exerc* 1987, 19:S157–S165.
23. Lemon PW: Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr* 2000, 19:513S–521S.
24. Phillips SM: Dietary protein for athletes: from requirements to metabolic advantage. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006, 31:647–654.

25. Phillips SM, Moore DR, Tang JE: A critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007, 17(Suppl):S58–S76.
26. Slater G, Phillips SM: Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci* 2011, 29:S67–S77.
27. Tipton KD, Wolfe RR: Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004, 22:65–79.
28. Phillips SM, Van Loon LJ: Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci* 2011, 29(Suppl 1):S29–S38.
29. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD: Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2010, 42:326–337.
30. Millward DJ: Macronutrient intakes as determinants of dietary protein and amino acid adequacy. *J Nutr* 2004, 134:1588S–1596S.
31. Stiegler P, Cunliffe A: The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Med* 2006, 36:239–262.
32. Walberg JL, Leidy MK, Sturgill DJ, Hinkle DE, Ritchey SJ, Sebolt DR: Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *Int J Sports Med* 1988, 9:261–266.
33. Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Brown SR: A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013, Epub ahead of print.
34. Elia M, Stubbs RJ, Henry CJ: Differences in fat, carbohydrate, and protein metabolism between lean and obese subjects undergoing total starvation. *Obes Res* 1999, 7:597–604.
35. Phillips SM: Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition* 2004, 20:689–695.
36. Tarnopolsky MA: Building muscle: nutrition to maximize bulk and strength adaptations to resistance exercise training. *Eur J Sport Sci* 2008, 8:67–76.
37. Tipton KD: Protein for adaptations to exercise training. *Eur J Sport Sci* 2008, 8:107–118.
38. Wilson J, Wilson GJ: Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. *J Int Soc Sports Nutr* 2006, 3:7–27.
39. Celejowa I, Homa M: Food intake, nitrogen and energy balance in Polish weight lifters, during a training camp. *Nutr Metab* 1970, 12:259–274.
40. Pasiakos SM, Cao JJ, Margolis LM, Sauter ER, Whigham LD, McClung JP, Rood JC, Carbone JW, Combs GF Jr, Young AJ: Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *FASEB J* 2013, 27:3837–3847.
41. Leveritt M, Abernethy PJ: Effects of carbohydrate restriction on strength performance. *J Strength Cond Res* 1999, 13:52–57.
42. Haff GG, Koch AJ, Potteiger JA, Kuphal KE, Magee LM, Green SB, Jakicic JJ: Carbohydrate supplementation attenuates muscle glycogen loss during acute bouts of resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000, 10:326–339.
43. MacDougall JD, Ray S, Sale DG, McCartney N, Lee P, Garner S: Muscle substrate utilization and lactate production. *Can J Appl Physiol* 1999, 24:209–215.
44. Layman DK, Boileau RA, Erickson DJ, Painter JE, Shiue H, Sather C, Christou DD: A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body composition and blood lipid profiles during weight loss in adult women. *J Nutr* 2003, 133:411–417.
45. Layman DK, Baum JI: Dietary protein impact on glycemic control during weight loss. *J Nutr* 2004, 134:968S–973S.
46. Halton TL, Hu FB: The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *J Am Coll Nutr* 2004, 23:373–385.
47. Veldhorst M, Smeets A, Soenen S, Hochstenbach-Waelen A, Hursel R, Diepvens K, Lejeune M, Luscombe-Marsh N, Westerterp-Plantenga M: Protein-induced satiety: effects and mechanisms of different proteins. *Physiol Behav* 2008, 94:300–307.
48. Westerterp-Plantenga MS: Protein intake and energy balance. *Regul Pept* 2008, 149:67–69.
49. Smeets AJ, Soenen S, Luscombe-Marsh ND, Ueland O, Westerterp-Plantenga MS: Energy expenditure, satiety, and plasma ghrelin, glucagon-like peptide 1, and peptide tyrosine-tyrosine concentrations following a single high-protein lunch. *J Nutr* 2008, 138:698–702.
50. Cook CM, Haub MD: Low-carbohydrate diets and performance. *Curr Sports Med Rep* 2007, 6:225–229.
51. Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Incledon T, Boetes M: Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *J Appl Physiol* 1997, 82:49–54.
52. Sallinen J, Pakarinen A, Ahtiainen J, Kraemer WJ, Volek JS, Häkkinen K: Relationship between diet and serum anabolic hormone responses to heavy-resistance exercise in men. *Int J Sports Med* 2004, 25:627–633.
53. Hämmäläinen EK, Adlercreutz H, Puska P, Pietinen P: Decrease of serum total and free testosterone during a low-fat high-fibre diet. *J Steroid Biochem* 1983, 18:369–370.
54. Dorgan JF, Judd JT, Longcope C, Brown C, Schatzkin A, Clevidence BA, Campbell WS, Nair PP, Franz C, Kahle L, Taylor PR: Effects of dietary fat and fiber on plasma and urine androgens and estrogens in men: a controlled feeding study. *Am J Clin Nutr* 1996, 64:850–855.
55. Hämmäläinen EK, Adlercreutz H, Puska P, Pietinen P: Diet and serum sex hormones in healthy men. *J Steroid Biochem* 1984, 20:459–464.
56. Suryanarayana BV, Kent JR, Meister L, Parlow AF: Pituitary-gonadal axis during prolonged total starvation in obese men. *Am J Clin Nutr*

1969, 22:767–770.

57. Rossow LM, Fukuda DH, Fahs CA, Loenneke JP, Stout JR: Natural bodybuilding competition preparation and recovery: a 12-month case study. *Int J Sports Physiol Perform* 2013, 8:582–592.
58. Loucks AB, Verdun M, Heath EM: Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *J Appl Physiol* 1998, 84:37–46.
59. Bird SP: Strength nutrition: maximizing your anabolic potential. *Strength Cond J* 2010, 32:80–86.
60. Shephard RJ: Electrolyte manipulation in female body-builders. *Br J Sports Med* 1994, 28:60–61.
61. Too D, Wakayama EJ, Locati LL, Landwer GE: Effect of a precompetition bodybuilding diet and training regimen on body composition and blood chemistry. *J Sports Med Phys Fitness* 1998, 38:245–252.
62. Sawyer JC, Wood RJ, Davidson PW, Collins SM, Matthews TD, Gregory SM, Paolone VJ: Effects of a short-term carbohydrate-restricted diet on strength and power performance. *J Strength Cond Res* 2013, 27:2255–2262.
63. Soenen S, Bonomi AG, Lemmens SGT, Scholte J, Thijssen MAMA, van Berkum F, Westertep-Plantenga MS: Relatively high-protein or 'low-carb' energy-restricted diets for body weight loss and body weight maintenance? *Physiol Behav* 2012, 107:374–380.
64. Paoli A, Grimaldi K, D'Agostino D, Cenci L, Moro T, Bianco A, Palma A: Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. *J Int Soc Sports Nutr* 2012, 9:34.
65. Essen-Gustavsson B, Tesch PA: Glycogen and triglyceride utilization in relation to muscle metabolic characteristics in men performing heavy-resistance exercise. *Eur J Appl Physiol* 1990, 61:5–10.
66. Goedecke JH, Gibson ASC, Grobler L, Collins M, Noakes TD, Lambert EV: Determinants of the variability in respiratory exchange ratio at rest and during exercise in trained athletes. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000, 279:E1325–E1334.
67. Cornier MA, Donahoo WT, Pereira R, Gurevich I, Westergren R, Enerback S, Eckel PJ, Goalstone ML, Hill JO, Eckel RH, Draznin B: Insulin sensitivity determines the effectiveness of dietary macronutrient composition on weight loss in obese women. *Obes Res* 2005, 13:703–709.
68. Pendergast DR, Leddy JJ, Venkatraman JT: A perspective on fat intake in athletes. *J Am Coll Nutr* 2000, 19:345–350.
69. Turocy PS, DePalma BF, Horswill CA, Laquale KM, Martin TJ, Perry AC, Somova MJ, Utter AC: National athletic trainers' association position statement: safe weight loss and maintenance practices in sport and exercise. *J Athl Train* 2011, 46:322–336.
70. Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, Coyle EF: Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* 1988, 64:1480–1485.
71. Jentjens R, Jeukendrup A: Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med* 2003, 33:117–144.
72. Robergs RA, Pearson DR, Costill DL, Fink WJ, Pascoe DD, Benedict MA, Lambert CP, Zachweija JJ: Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise. *J Appl Physiol* 1991, 70:1700–1706.
73. Roy BD, Tarnopolsky MA: Influence of differing macronutrient intakes on muscle glycogen resynthesis after resistance exercise. *J Appl Physiol* 1998, 84:890–896.
74. Fujita S, Dreyer HC, Drummond MJ, Glynn EL, Volpi E, Rasmussen BB: Essential amino acid and carbohydrate ingestion before resistance exercise does not enhance postexercise muscle protein synthesis. *J Appl Physiol* 2009, 106:1730–1739.
75. Baty JJ, Hwang H, Ding Z, Bernard JR, Wang B, Kwon B, Ivy JL: The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond Res* 2007, 21:321–329.
76. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Aarsland AA, Sanford AP, Wolfe RR: Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2007, 292:E71–E76.
77. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE: Liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion during a short-term bout of resistance exercise suppresses myofibrillar protein degradation. *Metabolism* 2006, 55:570–577.
78. Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ: Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001, 280:E982–E993.
79. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrini BE, Wolfe RR: Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001, 281:E197–E206.
80. Cribb PJ, Hayes A: Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc* 2006, 38:1918–1925.
81. Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, Richter EA, Mizuno M, Kjaer M: Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol* 2001, 535:301–311.
82. Burk A, Timpmann S, Medijainen L, Vahi M, Oopik V: Time-divided ingestion pattern of casein-based protein supplement stimulates an increase in fat-free body mass during resistance training in young untrained men. *Nutr Res* 2009, 29:405–413.
83. Hoffman JR, Ratamess NA, Tranchina CP, Rashti SL, Kang J, Faigenbaum AD: Effect of protein-supplement timing on strength, power, and body-composition changes in resistance-trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009, 19:172–185.
84. Wycherley TP, Noakes M, Clifton PM, Cleanthous X, Keogh JB, Brinkworth GD: Timing of protein ingestion relative to resistance exercise training does not influence body composition, energy expenditure, glycaemic control or cardiometabolic risk factors in a hypocaloric, high protein diet in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab* 2010, 12:1097–1105.
85. Weisgarber KD, Candow DG, Vogt ES: Whey protein before and during resistance exercise has no effect on muscle mass and strength in

- untrained young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2012, 22:463–469.
86. Willoughby DS, Stout JR, Wilborn CD: Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino Acids* 2007, 32:467–477.
87. Hulmi JJ, Kovanen V, Selanne H, Kraemer WJ, Hakkinen K, Mero AA: Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids* 2009, 37:297–308.
88. Verdijk LB, Jonkers RA, Gleeson BG, Beelen M, Meijer K, Savelberg HH, Wodzig WK, Dendale P, van Loon LJ: Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *Am J Clin Nutr* 2009, 89:608–616.
89. Erskine RM, Fletcher G, Hanson B, Folland JP: Whey protein does not enhance the adaptations to elbow flexor resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 2012, 44:1791–1800.
90. Burd NA, West DW, Moore DR, Atherton PJ, Staples AW, Prior T, Tang JE, Rennie MJ, Baker SK, Phillips SM: Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr* 2011, 141:568–573.
91. Deldicque L, De Bock K, Maris M, Ramaekers M, Nielens H, Francaux M, Hespel P: Increased p70s6k phosphorylation during intake of a protein-carbohydrate drink following resistance exercise in the fasted state. *Eur J Appl Physiol* 2010, 108:791–800.
92. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, Prior T, Tarnopolsky MA, Phillips SM: Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr* 2009, 89:161–168.
93. Yang Y, Breen L, Burd NA, Hector AJ, Churchward-Venne TA, Josse AR, Tarnopolsky MA, Phillips SM: Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. *Br J Nutr* 2012, 108:1–9.
94. Hamer HM, Wall BT, Kiskini A, de Lange A, Groen BB, Bakker JA, Gijzen AP, Verdijk LB, van Loon LJ: Carbohydrate co-ingestion with protein does not further augment post-prandial muscle protein accretion in older men. *Nutr Metab (Lond)* 2013, 10:15.
95. Staples AW, Burd NA, West DW, Currie KD, Atherton PJ, Moore DR, Rennie MJ, Macdonald MJ, Baker SK, Phillips SM: Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med Sci Sports Exerc* 2011, 43:1154–1161.
96. Greenhaff PL, Karagounis LG, Peirce N, Simpson EJ, Hazell M, Layfield R, Wackerhage H, Smith K, Atherton P, Selby A, Rennie MJ: Disassociation between the effects of amino acids and insulin on signaling, ubiquitin ligases, and protein turnover in human muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2008, 295:E595–E604.
97. Koopman R, Beelen M, Stellingwerff T, Pennings B, Saris WH, Kies AK, Kuipers H, van Loon LJ: Coingestion of carbohydrate with protein does not further augment postexercise muscle protein synthesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2007, 293:E833–E842.
98. Kerksick C, Harvey T, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R, Kalman D, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Ivy JL, Antonio J: International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr* 2008, 5:17.
99. Aragon AA, Schoenfeld BJ: Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? *J Int Soc Sports Nutr* 2013, 10:5.
100. Taylor MA, Garrow JS: Compared with nibbling, neither gorging nor a morning fast affect short-term energy balance in obese patients in a chamber calorimeter. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001, 25:519–528.
101. de Venne WP V-v, Westerterp KR: Influence of the feeding frequency on nutrient utilization in man: consequences for energy metabolism. *Eur J Clin Nutr* 1991, 45:161–169.
102. Farshchi HR, Taylor MA, Macdonald IA: Decreased thermic effect of food after an irregular compared with a regular meal pattern in healthy lean women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, 28:653–660.
103. Farshchi HR, Taylor MA, Macdonald IA: Regular meal frequency creates more appropriate insulin sensitivity and lipid profiles compared with irregular meal frequency in healthy lean women. *Eur J Clin Nutr* 2004, 58:1071–1077.
104. Harvie MN, Pegington M, Mattson MP, Frystyk J, Dillon B, Evans G, Cuzick J, Jebb SA, Martin B, Cutler RG, Son TG, Maudsley S, Carlson OD, Egan JM, Flyvbjerg A, Howell A: The effects of intermittent or continuous energy restriction on weight loss and metabolic disease risk markers: a randomized trial in young overweight women. *Int J Obes* 2011, 35:714–727.
105. Soeters MR, Lammers NM, Dubbelhuis PF, Ackermans M, Jonkers-Schuitema CF, Fliers E, Sauerwein HP, Aerts JM, Serlie MJ: Intermittent fasting does not affect whole-body glucose, lipid, or protein metabolism. *Am J Clin Nutr* 2009, 90:1244–1251.
106. Arnal MA, Mosoni L, Boirie Y, Houlier ML, Morin L, Verdier E, Ritz P, Antoine JM, Prugnaud J, Beaufriere B, Mirand PP: Protein feeding pattern does not affect protein retention in young women. *J Nutr* 2000, 130:1700–1704.
107. Arnal MA, Mosoni L, Boirie Y, Houlier ML, Morin L, Verdier E, Ritz P, Antoine JM, Prugnaud J, Beaufriere B, Mirand PP: Protein pulse feeding improves protein retention in elderly women. *Am J Clin Nutr* 1999, 69:1202–1208.
108. La Bounty PM, Campbell BI, Wilson J, Galvan E, Berardi J, Kleiner SM, Kreider RB, Stout JR, Ziegenfuss T, Spano M, Smith A, Antonio J: International Society of Sports Nutrition position stand: meal frequency. *J Int Soc Sports Nutr* 2011, 8:4.
109. Varady KA: Intermittent versus daily calorie restriction: which diet regimen is more effective for weight loss? *Obes Rev* 2011, 12:e593–e601.
110. Bosy-Westphal A, Later W, Hitze B, Sato T, Kossel E, Gluer CC, Heller M, Muller MJ: Accuracy of bioelectrical impedance consumer devices for measurement of body composition in comparison to whole body magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry. *Obes Facts* 2008, 1:319–324.
111. Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM: Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity (Silver Spring)* 2006, 14:2064–2070.
112. Neovius M, Hemmingsson E, Freyschuss B, Udden J: Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. *Obesity (Silver Spring)* 2006, 14:1731–1738.

113. Stote KS, Baer DJ, Spears K, Paul DR, Harris GK, Rumpler WV, Strycula P, Najjar SS, Ferrucci L, Ingram DK, Longo DL, Mattson MP: A controlled trial of reduced meal frequency without caloric restriction in healthy, normal-weight, middle-aged adults. *Am J Clin Nutr* 2007, 85:981–988.
114. Iwao S, Mori K, Sato Y: Effects of meal frequency on body composition during weight control in boxers. *Scand J Med Sci Sports* 1996, 6:265–272.
115. Benardot D, Martin DE, Thompson WR, Roman SB: Between-meal energy intake effects on body composition, performance, and total caloric consumption in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2005, 37:S339.
116. Norton LE, Wilson GJ: Optimal protein intake to maximize muscle protein synthesis: examinations of optimal meal protein intake. *Agro Food Industry Hi-Tech* 2009, 20:54–57.
117. Bohe J, Low JF, Wolfe RR, Rennie MJ: Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids. *J Physiol* 2001, 532:575–579.
118. Atherton PJ, Etheridge T, Watt PW, Wilkinson D, Selby A, Rankin D, Smith K, Rennie MJ: Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *Am J Clin Nutr* 2010, 92:1080–1088.
119. Munsters MJ, Saris WH: Effects of meal frequency on metabolic profiles and substrate partitioning in lean healthy males. *PLoS One* 2012, 7:e38632.
120. Holmstrup M, Owens CM, Fairchild TJ, Kanaley JA: Effect of meal frequency on glucose and insulin excursions over the course of a day. *Eur e-J Clin Nutr Metab* 2010, 5:277–280.
121. Leidy HJ, Armstrong CL, Tang M, Mattes RD, Campbell WW: The influence of higher protein intake and greater eating frequency on appetite control in overweight and obese men. *Obesity (Silver Spring)* 2010, 18:1725–1732.
122. Arciero PJ, Ormsbee MJ, Gentile CL, Nindl BC, Brestoff JR, Ruby M: Increased protein intake and meal frequency reduces abdominal fat during energy balance and energy deficit. *Obesity (Silver Spring)* 2013, 21:1357–1366.
123. Adechian S, Balage M, Remond D, Migne C, Quignard-Boulange A, Mareset-Baglieri A, Rousset S, Boirie Y, Gaudichon C, Dardevet D, Mosoni L: Protein feeding pattern, casein feeding or milk soluble protein feeding did not change the evolution of body composition during a short-term weight loss program. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2012, 303:E973–E982.
124. Moore DR, Areta J, Coffey VG, Stellingwerff T, Phillips SM, Burke LM, Cleroux M, Godin JP, Hawley JA: Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutr Metab (Lond)* 2012, 9:91.
125. Areta JL, Burke LM, Ross ML, Camera DM, West DW, Broad EM, Jeacocke NA, Moore DR, Stellingwerff T, Phillips SM, Hawley JA, Coffey VG: Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol* 2013, 591:2319–2331.
126. OCB/NANBF/IFPA Drug Testing Guidelines. [<http://www.thenaturalmusclenetwork.com/OCB/forms/DrugTestingGuidelines.pdf>]
127. Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, Landis J, Lopez H, Antonio J: International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007, 4:8.
128. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Antonio J: International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007, 4:6.
129. Kim H, Kim C, Carpentier A, Poortmans J: Studies on the safety of creatine supplementation. *Amino Acids* 2011, 40:1409–1418.
130. Becque MD, Lochmann JD, Melrose DR: Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32:654–658.
131. Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez AL, Pearson DR, Fink WJ, Kraemer WJ: Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 1999, 31:1147–1156.
132. Willoughby DS, Rosene J: Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Med Sci Sports Exerc* 2001, 33:1674–1681.
133. Vandenbergh K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, Hespel P: Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol* 1997, 83:2055–2063.
134. Stone MH, Sanborn K, Smith LL, O'Bryant HS, Hoke T, Utter AC, Johnson RL, Boros R, Hruba J, Pierce KC, Stone ME, Garner B: Effects of in-season (5 weeks) creatine and pyruvate supplementation on anaerobic performance and body composition in American football players. *Int J Sport Nutr* 1999, 9:146–165.
135. Persky AM, Brazeau GA: Clinical pharmacology of the dietary supplement creatine monohydrate. *Pharmacol Rev* 2001, 53:161–176.
136. Hultman E, Soderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL: Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* 1996, 81:232–237.
137. Tallon MJ, Child R: Kre-alkalyn supplementation has no beneficial effect on creatine-to-creatinine conversion rates. In *Book Kre-alkalyn supplementation has no beneficial effect on creatine-to-creatinine conversion rates*. City: 2007.
138. Child RT MJ: Creatine ethyl ester rapidly degrades to creatinine in stomach acid. In *Book Creatine ethyl ester rapidly degrades to creatinine in stomach acid*; 2007.
139. Spillane M, Schoch R, Cooke M, Harvey T, Greenwood M, Kreider R, Willoughby DS: The effects of creatine ethyl ester supplementation combined with heavy resistance training on body composition, muscle performance, and serum and muscle creatine levels. *J Int Soc Sports Nutr* 2009, 6:6.
140. Jagim AR, Oliver JM, Sanchez A, Galvan E, Fluckey J, Riechman S, Greenwood M, Kelly K, Meininger C, Rasmussen C, Kreider RB: A buffered form of creatine does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations than creatine

monohydrate. *J Int Soc Sports Nutr* 2012, 9:43.

141. Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J, Lancha AH Jr: Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 2010, 42:1162–1173.
142. Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C, Wise JA: The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids* 2006, 30:279–289.
143. Derave W, Ozdemir MS, Harris RC, Pottier A, Reyngoudt H, Koppo K, Wise JA, Achten E: beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. *J Appl Physiol* 2007, 103:1736–1743.
144. Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, Kim CK, Wise JA: Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids* 2007, 32:225–233.
145. Van Thienen R, Van Proeyen K, Vanden Eynde P, Puype J, Lefere T, Hespel P: Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2009, 41:898–903.
146. Sale C, Saunders B, Hudson S, Wise JA, Harris RC, Sunderland CD: Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Med Sci Sports Exerc* 2011, 43:1972–1978.
147. Smith AE, Walter AA, Graef JL, Kendall KL, Moon JR, Lockwood CM, Fukuda DH, Beck TW, Cramer JT, Stout JR: Effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. *J Int Soc Sports Nutr* 2009, 6:5.
148. Stout JR, Cramer JT, Zoeller RF, Torok D, Costa P, Hoffman JR, Harris RC, O'Kroy J: Effects of beta-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. *Amino Acids* 2007, 32:381–386.
149. Hoffman J, Ratamess NA, Ross R, Kang J, Magrelli J, Neese K, Faigenbaum AD, Wise JA: Beta-alanine and the hormonal response to exercise. *Int J Sports Med* 2008, 29:952–958.
150. Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Ross R, Kang J, Stout JR, Wise JA: Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. *Nutr Res* 2008, 28:31–35.
151. Zoeller RF, Stout JR, O'Kroy JA, Torok DJ, Mielke M: Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. *Amino Acids* 2007, 33:505–510.
152. Hoffman J, Ratamess N, Kang J, Mangine G, Faigenbaum A, Stout J: Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006, 16:430–446.
153. Kendrick IP, Harris RC, Kim HJ, Kim CK, Dang VH, Lam TQ, Bui TT, Smith M, Wise JA: The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids* 2008, 34:547–554.
154. Sweeney KM, Wright GA, Glenn Brice A, Doberstein ST: The effect of beta-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *J Strength Cond Res* 2010, 24:79–87.
155. Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris RC, Sale C: Effects of beta-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids* 2012, 43:25–37.
156. Lu P, Xu W, Sturman JA: Dietary beta-alanine results in taurine depletion and cerebellar damage in adult cats. *J Neurosci Res* 1996, 43:112–119.
157. Smith HJ, Mukerji P, Tisdale MJ: Attenuation of proteasome-induced proteolysis in skeletal muscle by (beta)-hydroxy-(beta)-methylbutyrate in cancer-induced muscle loss. *Cancer Res* 2005, 65:277–283.
158. Eley HL, Russell ST, Baxter JH, Mukerji P, Tisdale MJ: Signaling pathways initiated by beta-hydroxy-beta-methylbutyrate to attenuate the depression of protein synthesis in skeletal muscle in response to cachectic stimuli. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2007, 293:E923–E931.
159. Rathmacher JA, Nissen S, Panton L, Clark RH, Eubanks May P, Barber AE, D'Olimpio J, Abumrad NN: Supplementation with a combination of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB), arginine, and glutamine is safe and could improve hematological parameters. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2004, 28:65–75.
160. Nissen S, Sharp RL, Panton L, Vukovich M, Trappe S, Fuller JC Jr: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. *J Nutr* 2000, 130:1937–1945.
161. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW: Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion, part II: effects on hematology, hepatic and renal function. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32:2116–2119.
162. Fitschen PJ, Wilson GJ, Wilson JM, Wilund KR: Efficacy of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation in elderly and clinical populations. *Nutrition* 2013, 29:29–36.
163. Wilson GJ, Wilson JM, Manninen AH: Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: a review. *Nutr Metab (Lond)* 2008, 5:1.
164. Wilson J, Fitschen P, Campbell B, Wilson G, Zanchi N, Taylor L, Wilborn C, Kalman D, Stout J, Hoffman J, Ziegenfuss T, Lopez H, Kreider R, Smith-Ryan A, Antonio J: International Society of Sports Nutrition Position Stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). *J Int Soc Sports Nutr* 2013, 10:6.
165. Shimomura Y, Yamamoto Y, Bajotto G, Sato J, Murakami T, Shimomura N, Kobayashi H, Mawatari K: Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *J Nutr* 2006, 136:529S–532S.
166. Garlick PJ, Grant I: Amino acid infusion increases the sensitivity of muscle protein synthesis in vivo to insulin. Effect of branched-chain amino acids. *Biochem J* 1988, 254:579–584.

167. Balage M, Dardevet D: Long-term effects of leucine supplementation on body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2010, 13:265–270.
168. Pencharz PB, Elango R, Ball RO: Determination of the tolerable upper intake level of leucine in adult men. *J Nutr* 2012, 142:2220S–2224S.
169. Biolo G, Tipton KD, Klein S, Wolfe RR: An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol* 1997, 273:E122–E129.
170. Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, Doyle D Jr, Wolfe RR: Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol* 1999, 276:E628–E634.
171. Louard RJ, Barrett EJ, Gelfand RA: Effect of infused branched-chain amino acids on muscle and whole-body amino acid metabolism in man. *Clin Sci* 1990, 79:457–466.
172. Borsheim E, Tipton KD, Wolf SE, Wolfe RR: Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002, 283:E648–E657.
173. Stoppani J, Scheett T, Pena J, Rudolph C, Charlebois D: Consuming a supplement containing branched-chain amino acids during a resistance-training program increases lean mass, muscle strength, and fat loss. *J Int Soc Sports Nutr* 2009, 6:P1.
174. Wilson GJ, Layman DK, Moulton CJ, Norton LE, Anthony TG, Proud CG, Rupassara SI, Garlick PJ: Leucine or carbohydrate supplementation reduces AMPK and eEF2 phosphorylation and extends postprandial muscle protein synthesis in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2011, 301:E1236–E1242.
175. Suryawan A, Hawes JW, Harris RA, Shimomura Y, Jenkins AE, Hutson SM: A molecular model of human branched-chain amino acid metabolism. *Am J Clin Nutr* 1998, 68:72–81.
176. Fahs CA, Heffernan KS, Fernhall B: Hemodynamic and vascular response to resistance exercise with L-arginine. *Med Sci Sports Exerc* 2009, 41:773–779.
177. Tang JE, Lysecki PJ, Manolagos JJ, MacDonald MJ, Tarnopolsky MA, Phillips SM: Bolus arginine supplementation affects neither muscle blood flow nor muscle protein synthesis in young men at rest or after resistance exercise. *J Nutr* 2011, 141:195–200.
178. Volpi E, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Mittendorfer B, Wolfe RR: Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *Am J Clin Nutr* 2003, 78:250–258.
179. Alvares TS, Meirelles CM, Bhambhani YN, Paschoalin VM, Gomes PS: L-Arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. *Sports Med* 2011, 41:233–248.
180. Greer BK, Jones BT: Acute arginine supplementation fails to improve muscle endurance or affect blood pressure responses to resistance training. *J Strength Cond Res* 2011, 25:1789–1794.
181. McConell GK: Effects of L-arginine supplementation on exercise metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2007, 10:46–51.
182. Shao A, Hathcock JN: Risk assessment for the amino acids taurine, L-glutamine and L-arginine. *Regul Toxicol Pharmacol* 2008, 50:376–399.
183. Perez-Guisado J, Jakeman PM: Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *J Strength Cond Res* 2010, 24:1215–1222.
184. Bendahan D, Mattei JP, Ghattas B, Confort-Gouny S, Le Guern ME, Cozzone PJ: Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. *Br J Sports Med* 2002, 36:282–289.
185. Sureda A, Cordova A, Ferrer MD, Perez G, Tur JA, Pons A: L-citrulline-malate influence over branched chain amino acid utilization during exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010, 110:341–351.
186. Hickner RC, Tanner CJ, Evans CA, Clark PD, Haddock A, Fortune C, Geddis H, Waugh W, McCammon M: L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. *Med Sci Sports Exerc* 2006, 38:660–666.
187. Gleeson M: Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. *J Nutr* 2008, 138:2045S–2049S.
188. Antonio J, Sanders MS, Kalman D, Woodgate D, Street C: The effects of high-dose glutamine ingestion on weightlifting performance. *J Strength Cond Res* 2002, 16:157–160.
189. Haub MD, Pottleiger JA, Nau KL, Webster MJ, Zebas CJ: Acute L-glutamine ingestion does not improve maximal effort exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 1998, 38:240–244.
190. Colker CM, Swain MA, Fabrucini B, Shi Q, Kalman DS: Effects of supplemental protein on body composition and muscular strength in healthy athletic male adults. *Curr Ther Res* 2000, 61:19–28.
191. Candow DG, Chilibeck PD, Burke DG, Davison KS, Smith-Palmer T: Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. *Eur J Appl Physiol* 2001, 86:142–149.
192. Camilleri M, Madsen K, Spiller R, Van Meerveld BG, Verne GN: Intestinal barrier function in health and gastrointestinal disease. *Neurogastroenterol Motil* 2012, 24:503–512.
193. Ivy JL, Kammer L, Ding Z, Wang B, Bernard JR, Liao YH, Hwang J: Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009, 19:61–78.
194. McNaughton LR, Lovell RJ, Siegler J, Midgley AW, Moore L, Bentley DJ: The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2008, 3:157–163.
195. Carr A, Dawson B, Schneiker K, Goodman C, Lay B: Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2008, 48:472–478.

196. Glaister M, Howatson G, Abraham CS, Lockey RA, Goodwin JE, Foley P, McInnes G: Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2008, 40:1835–1840.
197. Green JM, Wickwire PJ, McLester JR, Gendle S, Hudson G, Pritchett RC, Laurent CM: Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. *Int J Sports Physiol Perform* 2007, 2:250–259.
198. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG: The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008, 18:412–429.
199. Duncan MJ, Oxford SW: The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. *J Strength Cond Res* 2011, 25:178–185.
200. Williams AD, Cribb PJ, Cooke MB, Hayes A: The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. *J Strength Cond Res* 2008, 22:464–470.
201. Hendrix CR, Housh TJ, Mielke M, Zuniga JM, Camic CL, Johnson GO, Schmidt RJ, Housh DJ: Acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press and leg extension strength and time to exhaustion during cycle ergometry. *J Strength Cond Res* 2010, 24:859–865.
202. Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A, Feeley M: Effects of caffeine on human health. *Food Addit Contam* 2003, 20:1–30.
203. Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, Sale DG, Sutton JR: Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *Med Sci Sports Exerc* 1989, 21:418–424.
204. Bazzarre TL, Kleiner SM, Litchford MD: Nutrient intake, body fat, and lipid profiles of competitive male and female bodybuilders. *J Am Coll Nutr* 1990, 9:136–142.
205. Kleiner SM, Bazzarre TL, Ainsworth BE: Nutritional status of nationally ranked elite bodybuilders. *Int J Sport Nutr* 1994, 4:54–69.
206. Hickson JF Jr, Johnson TE, Lee W, Sidor RJ: Nutrition and the precontest preparations of a male bodybuilder. *J Am Diet Assoc* 1990, 90:264–267.
207. Andersen RE, Barlett SJ, Morgan GD, Brownell KD: Weight loss, psychological, and nutritional patterns in competitive male bodybuilders. *Int J Eat Disord* 1995, 18:49–57.
208. Balon TW, Horowitz JF, Fitzsimmons KM: Effects of carbohydrate loading and weight-lifting on muscle girth. *Int J Sport Nutr* 1992, 2:328–334.
209. Costill DL, Cote R, Fink W: Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J Appl Physiol* 1976, 40:6–11.
210. Goldfield GS, Blouin AG, Woodside DB: Body image, binge eating, and bulimia nervosa in male bodybuilders. *Can J Psychiatry* 2006, 51:160–168.
211. Mangweth B, Pope HG Jr, Kemmler G, Ebenbichler C, Hausmann A, De Col C, Kreutner B, Kinzl J, Biebl W: Body image and psychopathology in male bodybuilders. *Psychother Psychosom* 2001, 70:38–43.
212. Baghurst T, Lirgg C: Characteristics of muscle dysmorphia in male football, weight training, and competitive natural and non-natural bodybuilding samples. *Body Image* 2009, 6:221–227.
213. Pickett TC, Lewis RJ, Cash TF: Men, muscles, and body image: comparisons of competitive bodybuilders, weight trainers, and athletically active controls. *Br J Sports Med* 2005, 39:217–222. discussion 217–222.
214. Jankauskiene R, Kardelis K, Pajaujiene S: Muscle size satisfaction and predisposition for a health harmful practice in bodybuilders and recreational gymnasium users. *Medicina (Kaunas)* 2007, 43:338–346.
215. Walberg JL, Johnston CS: Menstrual function and eating behavior in female recreational weight lifters and competitive bodybuilders. *Med Sci Sports Exerc* 1991, 23:30–36.
216. Sundgot-Borgen J, Garthe I: Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions. *J Sports Sci* 2011, 29(Suppl 1):S101–S114.