

Heraproteiini ja kreatiini urheiluravintolisinä

Lääkärit tapaavat työssään ravintolisiä käyttäviä potilaita, sillä muun ravinnon lisäksi nautittavat valmisteet ovat nykyään varsin suosittuja erityisesti urheilijoiden ja kuntosalilla kävijöiden keskuudessa. Potilaat saattavat myös kysellä ravintolisistä, koska lääkäreiltä odotetaan asiantuntemusta tältäkin alueelta. Ravintolisiin liittyy voimakasta markkinointia, mutta niitä on myös tutkittu jo melko paljon objektiivisin menetelmin. Osasta on saatu ristiriitaisia tai jopa negatiivisia tuloksia. Heraproteiinilla ja kreatiinilla on osoitettu olevan jonkin verran vaikutusta erityisesti lihassmassaan ja harjoituksesta palautumiseen ja kreatiinilla anaerobiseen suorituskykyyn. Lisäksi nämä hyödyt näyttäisivät tulevan ilman merkittäviä haittavaikutuksia, kunhan huomioidaan munuaispotilaat ja pysytään suositetuissa annoksissa.

Ravintolisiä on nykyään paljon ja ne ovat varsin suosittuja erityisesti urheilijoiden keskuudessa. Niiden mainonta on usein yliampuvaa ja mielikuviin perustuvaa. Suuri osa markkinoilla olevista ravintolisistä lupaa nopeita vaikutuksia: lihassmassan luvataan lisääntyvän ja suorituskyvyn parantuvan muutamassa viikossa jopa ilman elämäntapamuutoksia. Toisaalta ravintolisiin liittyy myös paljon vääriä ennakkoluuloja ja ne voidaan virheellisesti joskus sekoittaa lisäaineisiin tai ”kiellettyihin” aineisiin, kuten anabolisiin steroideihin.

Suomessa on arviolta kymmeniätuhansia säännöllisesti ravintolisiä käyttäviä kunto- ja kilpaurheilijoita, joten lääkärit tapaavat heitä

työssään. Lääkäreiltä odotetaan asiantuntemusta myös tältä alueelta, ja potilaat saattavat kysellä ravintolisistä. Joistakin ravintolisistä alkaa olla jo melko runsaasti lumekontrolloitujakin tutkimuksia. Osassa niistä on saatu ristiriitaisia tai jopa negatiivisia tuloksia. Tämä koskee myös lihasten kasvuun ja suorituskykyyn vaikuttavia ravintolisiä, joiden kirjo on varsin laaja. Valitettavasti tähän tarkoitukseen markkinoiduista ravintolisistä suurin osa on havaittu todennäköisesti tehottomiksi. Kyseiseen ryhmään kuuluvat mm. glutamiini, iso-flavonit, myostatiinin estäjä sisältävä *Cystoseira canariensis* -merilevä, kromi, konjugoitu linoliyhappo, *Tribulus terrestris* -kasvin uute ja vanadyylisulfaatti (Kreider ym. 2010). Lievää hyötyä näyttäisi olevan tietyissä suorituksissa ja tietyille ryhmille tavoitteellisessa kuntosaliharjoittelussa esimerkiksi beeta-alaniinilla ja beeta-HMB:stä (beetahydroksibeetametyyli-butyraatti) (Kreider ym. 2010). Tässä katsauksessa käsitellään tavallisille kuntoilijoille ja urheilijoille soveltuvia hera- ja maitoproteiineja sekä kreatiinia, koska niitä on tutkittu paljon ja niillä on osoitettu olevan positiivisia vaikutuksia lihaskuntoon ilman merkittäviä haittoja.

Maidon heraproteiinit lihaskasvun edistäjinä

Laadukkaan, runsaasti kaikkia välttämättömiä aminohappoja sisältävän tiivistetyn proteiini-ravinnon (15–30 g:n kerta-annos proteiinia) nauttiminen voimaharjoitusten yhteydessä on lisännyt lähes kaikissa tutkimuksissa terveillä nuorilla miehillä tai naisilla lihasten ja lihassolujen poikkipinta-alaa ja toisaalta myös rasvatonta kehonpainoa, joka heijastaa epä-

suorasti lihaskudoksen määrää (Hartman ym. 2007, Hulmi ym. 2009 ja 2010). Vertailukohteenä oli näissä tutkimuksissa energiaton tai hiilihydraatteja sisältävä lumevalmiste. Voimaharjoituksen yhteydessä nautitun heraproteiiniravinnon havaittiin olevan hyödyllinen lisä jopa silloin, kun normaalikin päivittäinen proteiinin saanti oli melko runsasta, esimerkiksi 1,4–1,5 g/kg (Hulmi ym. 2009). Tähän mennessä on julkaistu yksi yhteensä hieman yli 200 koehenkilön pieni meta-analyysi tutkimuksista, joissa on raportoitu rasvattoman kehonpainon muutos voimaharjoittelun ja proteiinilisän yhteydessä (Phillips ym. 2009). Tutkimuksessa, jossa keskimääräinen seuranta-aika oli 11,2 viikkoa, rasvattoman kehonpainon lisäys oli suurin aiemmin harjoittelemattomilla tai kohtalaisen vähän harjoitelleilla, jotka käyttivät heravalmistetta (lisäys $2,9 \pm 1,6$ kg) tai maitoproteiinia ($2,7 \pm 1,3$ kg). Soijaproteiinin käyttäjillä lisäys oli $1,4 \pm 0,6$ kg ja hiilihydraattia tai energiatonta lumevalmistetta käyttäneillä $0,9 \pm 0,6$ kg. Ikääntyneillä voimaharjoituksen yhteydessä nautitun lisäproteiinin hyöty normaalin proteiinin saannin ollessa riittävä on tutkimusten mukaan sen sijaan epäselvä. Tämä saattaa liittyä vanhempien ihmisten heikompaan lihasproteiinisynteesivasteeseen nautittua proteiini- tai aminohappoannosta kohti nuoriin verrattuna (Hulmi ym. 2010).

Kuormittavan liikunnan jälkeen voima palautuu ja lihasten arkuus häviää melko hitaasti, muutamassa päivässä. Näitä muutoksia voidaan nopeuttaa nauttimalla esimerkiksi heratai maitoproteiineja pian harjoituksen jälkeen (Buckley ym. 2010, Hoffman ym. 2010). Nopeampi palautuminen mahdollistaa suurem-



Kuva: iStock

man harjoitusintensiteetin ja -tiheyden. Tällöin liikunnasta jää miellyttävämpi kokemus.

Erityisen suosittu ja tutkittu proteiininlähde harjoituksen jälkeen nautittavaksi ovat maitoproteiinit, joista lehmänmaidossa on heraa noin 20 % ja kaseiinia 80 %. Hera, joka on äidinmaidon tärkein proteiinifraktio, sisältää useita proteiineja ja peptidejä, lehmänmaito mm. alfalaktalbumiinia, beetalaktoglobuliinia, immunoglobuliineja, albumiinia, laktoferriiniä ja glykomakropeptidejä. Heran tai maidon proteiinit näyttävät olevan ainakin harjoituksen yhteydessä parempia proteiininlähteitä kuin esimerkiksi myös aminohappokoostumukseltaan erittäin hyvä soija (Hartman ym. 2007, Phillips ym. 2009, Tang ym. 2009). Cribbin ym. (2006) maitoproteiineja suoraan verranneen tutkimuksen mukaan voimaharjoittelun yhteydessä maidon proteiinifraktioista heraa saattaa olla kaseiinia tehokkaampi lihasten kasvattaja. Heran mahdollinen etu johtuu oletettavasti siitä, että heran proteiinit lisäävät esimerkiksi kaseini- tai soijaproteiineihin verrattuna huomattavasti enemmän lihaskasvussa tärkeää lihasten proteiinisyn-

teesiä pian voimaharjoituksen jälkeen (Tang ym. 2009). Heran ilmeisen hyvä teho saattaa ainakin osittain liittyä siihen, että herassa on erityisen paljon leusiiniamiinohappoa (noin 12 %), jolla on lihasproteiinisynteesissä aminohapoista tärkein rooli (Anthony ym. 2000). Myös heran muiden välttämättömien ja haaraketjuisten aminohappojen pitoisuus on erityisen suuri. Lisäksi heran proteiinit eivät saostu mahan happamassa tilassa vaan kulkeutuvat nopeasti ohutsuoleen, josta aminohapot imeytyvät pikaisesti verenkiertoon (Boirie ym. 1997). Aiemmin mainitussa Phillipsin ym. (2009) meta-analyysissä ei silti havaittu selvää eroa rasvattoman kehonpainon lisääntymisessä heran ja maitoproteiinien välillä. Tarvittaisiin lisää eri proteiininlähteitä keskenään vertailevia tutkimuksia ja tietoa näiden aineiden aikaansaamista yksilöllisistä vaikutuksista lihasten kasvuun. Erityisesti kilpaurheilussa voivat olla ratkaisevia kaikki sentit, sekunnit ja kilot, joita pienikin lisäetu mahdollisesti tuo tullessaan.

Laadukkaalla harjoituksen jälkeen nautittu, runsaasti kaikkia välttämättömiä aminohappoja sisältävällä ravinnolla näyttäisi olevan siis tärkeä merkitys fyysisen harjoittelun yhteydessä. Tärkeässä roolissa ovat harjoituksen jälkeen tehostunut verenkierto sekä aminohappojen ja glukoosin otto lihakseen (Biolo ym. 1995, Levenhagen ym. 2001). Tästä antaa hyvän esimerkin Esmarckin ym. (2001) tutkimus, jonka mukaan proteiini-hiilihydraattiyhdistelmän nauttiminen oli tehokasta lihasten kasvun kannalta iäkkäillä miehillä vain silloin, kun ravinto nautittiin heti harjoituksen jälkeen eikä kaksi tuntia myöhemmin. Cribb ja Hayes (2006) tutkivat ravinnonoton ajoituksen vaikutusta kymmenen viikon voimaharjoittelujakson aikana nuorilla miehillä. He havaitsivat, että lihasten kasvun ja voiman kannalta proteiini-hiilihydraatti-kreatiiniyhdistelmän nauttiminen juuri ennen voimaharjoitusta ja sen jälkeen oli tehokkaampaa kuin saman ravintolisän ajoittaminen aamuun ja iltaan. Kuormittavan liikunnan jälkeen on siis suositeltavaa nauttia proteiinipitoista ravintoa.

Proteiinivalmisteita on markkinoilla mm. jauheina (proteiinia noin 30–95 %), patukoi-

na (noin 25 g/patukka) ja valmiina juomina. Heraproteiini on tällöin tiivisteenä (noin 70–80 % proteiinia, noin 5 % sekä laktoosia että rasvaa), isolaattina (yli 90 % proteiinia ja alle 1 % laktoosia ja rasvaa) tai esipilkottuna hydrolysaattina, joka soveltuu yleensä myös proteiiniallergoille. Tiiviste on halvin ja soveltuu suurelle osalle ihmisistä, mutta vähälaktoosista ruokavaliota noudattaville isolaatti on parempi valinta. Saman proteiinin määrän saaminen esimerkiksi muista laadukkaista proteiininlähteistä, kuten maitorahkasta, raejuustosta tai kananmunasta, aiheuttaa suunnilleen samat kustannukset kuin heraproteiinin käyttö. Heraproteiinin kuljetus liikuntapaikalle esimerkiksi jauheena pullossa ja käyttö myöhemmin veteen sekoitettuna on vaivatonta, eikä pelkoa pilaantumisesta ole.

Kreatiini

Kreatiini eristettiin kemiallisesti vuonna 1832. Kreatiinilla tarkoitetaan yleensä kreatiinimonohydraattia (metyyliguanidiinietikkahappo, $\text{NH}_2\text{-C}(\text{NH})\text{-N}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$). Se on elimistön luonnollinen yhdiste, ja sen kulutus on tyyppillisesti noin 2 g/vrk. Puolet tästä tulee ruoasta (enimmäkseen lihasta ja kalasta) ja puolet syntetisoituu pääasiallisesti mak-sassa kolmesta aminohaposta: arginiinista, glysiinistä ja metioniinista (Walker 1979). Kreatiinia ei ole välttämätöntä saada ravinnosta, sillä elimistö kykenee syntetisoimaan sitä riittävästi. Kreatiinista 95 % on varastoituneena luurankolihasiin. Kreatiini yhdistyy synteesissä fosfaattiin muodostaen kreatiinifosfaattia. Kreatiinkinaasin katalysoimana kreatiinifosfaatti hajoaa takaisin kreatiiniksi ja fosfaatiksi, jolloin vapautuu energiaa adenosinitrifosfaatin (ATP) resynteesiin adenosinidifosfaatista (ADP) (Maughan 1995). Lihaksissa on varastoituneena myös valmista ATP:tä, mutta nämä varastot riittävät vain noin pariaksi sekunniksi, joten ATP:tä pitää tuottaa koko ajan lisää (Gaitanos ym. 1993). ATP:tä syntyy uudelleen erittäin nopeasti kreatiinifosfaatista. Näiden välittömien energialähteiden avulla energiaa saadaan noin kymmeneksi sekunniksi. Suorituksen jatkuessa pidempään ATP:tä

muodostuu yhä enemmän lihasglykokeenista anaerobisen glykolyysin avulla. Tällöin suorituksen teho heikkenee vähitellen selvästi.

Kreatiinin suorituskykyä parantavia vaikutuksia alettiin tutkia tarkemmin vasta 1990-luvulla. Ravintolisänä nautittava kreatiini kasvattaa suurella osalla ihmisistä lihasten kreatiinifosfaattivarastoja, jolloin lihakset tuottavat pidempään energiaa lyhytkestoisen suorituksen aikana (Hultman ym. 1996, Casey ja Greenhaff 2000). Yleisimmin ravintolisänä käytetty kreatiinin muoto on monohydraatti. Kreatiini on erittäin edullinen ravintolisä, sillä useiden kuukausien käyttöön riittävän kreatiininikilon hinta on vain noin 30 euroa. Kreatiinia on tutkimuksissa yleensä käytetty muutaman kuukauden mittaisina kuureina, joissa viikon tankkausjakson (noin 0,3 g/kg/vrk) jälkeen lihasten kreatiinivarastojen täytyttyä siirrytään noin 3–5 gramman vuorokautiseen ylläpitoannokseen. Kreatiini kannattaa ottaa yhdessä hiilihydraattipitoisen ravinnon kanssa, koska insuliini tehostaa kreatiinin soluunottoa (Snow ja Murphy 2003). Kreatiinin käytön lopettamisen jälkeen lihasten kreatiinipitoisuus normalistuu noin kuukaudessa.

Kreatiinin vaikutuksia ravintolisänä on selvitelty sadoissa tutkimuksissa, ja tämä aine onkin eniten tutkittuja urheiluravintolisiä (Bemben ja Lamont 2005, Buford ym. 2007). Kreatiinin käytöllä lihaskuntoharjoittelun yhteydessä voidaan lisätä merkittävästi maksimi-voimaa, lihasmassaa ja rasvattoman kudoksen massaa ja parantaa sprinttisuorituksia (Volek ym. 1999, Bemben ja Lamont 2005, Buford ym. 2007). Tämä tapahtuu oletettavasti pääosin kreatiinifosfaattivarastojen kasvattamisen ja sitä kautta tehostuneen harjoittelun kautta (Volek ym. 1999). Meta-analyysin mukaan lihasvoiman on havaittu lisääntyvän keskimäärin 8 prosenttiyksikköä ja suorituskyvyn 14 prosenttiyksikköä enemmän kreatiinia saaneilla verrattuna lumevalmistetta saaneisiin (Rawson ja Volek 2003). Kreatiini lisää lihasten kokoa osittain kreatiinin osmoottisen vettä keräävän vaikutuksen kautta, mutta sen on myös todettu lisäävän ”lihaskantasolujen” eli satelliittisolujen ja lihasten supistuvien proteiinien määrää ihmisillä (Olsen ym. 2006). Nämä

YDINASIA

- ▶ Heraproteiinit ja kreatiini ovat suosittuja ravintolisiä erityisesti urheilijoiden keskuudessa.
- ▶ Heraproteiinit imeytyvät nopeasti, lisäävät lihasten proteiinisynteesiä ja näyttävät nopeuttavan palautumista kovasta fyysisestä harjoituksesta.
- ▶ Kreatiinin käytöllä lihaskuntoharjoittelun yhteydessä voidaan parantaa anaerobista suorituskykyä lyhytkestoisissa suorituksissa sekä kasvattaa lihasten kokoa ja voimaa.
- ▶ Heraproteiinilla ja kreatiinilla ei näyttäisi olevan merkittäviä haittavaikutuksia, kunhan huomoidaan munuaispotilaat ja pysytään suositetuissa annoksissa.

muutokset tapahtuvat mahdollisesti osittain suorilla mekanismeilla ja osittain epäsuorasti tehostuneen harjoittelun kautta. Kreatiinilla ei näyttäisi olevan suoranaista vaikutusta pitkäkestoiseen urheilu-suoritukseen, mutta sillä saattaa olla palautumista nopeuttava vaikutus myös aerobisissa lajeissa (Bemben ja Lamont 2005).

Turvallisuus

Ravintolisät on nimensä mukaisesti tarkoitettu täydentämään ruokavaliota. Ravintolisien käytön helppous ei saisi olla tekosyy luopua säännöllisestä ruokailusta. Koska ravintolisiltä ei vaadita lääkkeitä edellytettäviä laatuksiteerejä, mahdollisten kemiallisten epäpuhtauksien välttämiseksi olisi mielestämme järkevää käyttää länsimaisia valmisteita. Sama suositushan koskee monia luontaistuotteita.

Normaalin, melko vähän liikkuvan aikuisen proteiinintarpeena on pidetty noin määrää 0,8–1,1 g/kg. Kestävyysliikunnan harrastajilla tarve lisääntyy määrään 1,2–1,4 g/kg ja voimaharjoittelijoilla määrään 1,5–2,0 g/kg (Kreider ja Campbell 2009). Proteiinintarpeen sijaan olennaisempi asia on kuitenkin

optimaalinen saanti, ja se näyttää riippuvan esimerkiksi kokonaisenergiansaannista, liikunnan intensiteetistä, kestosta ja muodosta, ravinnon proteiinien laadusta, harjoittelutaustasta, sukupuolesta, iästä, ruokailun ajoituksesta ja yksilöllisestä tavoitteesta. Näillä proteiinimäärillä ($\leq 2,0$ g/kg) ei ole todettu olevan haitallisia vaikutuksia munuaisten toimintaan terveillä ihmisillä. Hyvin suurten proteiinimäärien (yli 3–4 g/kg) on spekuloitu mahdollisesti lisäävän glomeruluksen painetta ja hyperfiltraatiota (Martin ym. 2005). Täten tarkemman tutkimustiedon puuttuessa heraproteiiniannosten määrityksessä pitää huomioida myös ruoasta tulevan proteiinin määrä ja pyrittävä pysymään suositetuissa kokonaisuudessa. Munuaisten tai maksan vajaatoimintaa potevien täytyy olla tässä erityisen tarkkoja.

Kreatiini on ollut markkinoilla jo toistakymmentä vuotta ja käyttäjiä on ollut miljoonia. Kreatiiniin ei näyttäisi liittyvän muita merkittäviä haittavaikutuksia kuin lievä painonnousu nesteretention takia (noin 1–2 kg), sillä kreatiini sitoo vettä lihassoluihin (Balsom ym. 1993). Kreatiinin käyttöön ei näyttäisi myöskään liittyvän lihaskouristuksia, dehydraatiota

tai lämpöuupumusta (Lopez ym. 2009). Kreatiini hajoaa luustolihasissa ilman entsyymaattisia reaktioita kreatiiniiniksi, joka lopulta erittyy sellaisenaan virtsaan. Koska kreatiinin ravintolisä saattaa suurentaa hieman veren kreatiiniinipitoisuutta, on mahdollisia munuaisiin kohdistuvia haittavaikutuksia seurattu tutkimuksissa (Bemben ja Lamont 2005). Tällaisista haittoista on julkaistu yksittäisiä tapauselostuksia (Poortmans ja Francaux 2000), mutta laajemmissa selvityksissä ei kuitenkaan ole havaittu kreatiinin aiheuttavan munuaisten kuormittumista (Bemben ja Lamont 2005, Buford ym. 2007). Sen sijaan munuaisten vajaatoimintaa sairastaville kreatiinin käyttö saattaa olla haitallista, eikä sitä suositella heille (Poortmans ja Francaux 2000). Pitkäaikaisvaikutuksista useita vuosia kestävässä käytössä tarvitaan vielä lisää tietoa, mutta näyttää siltä, että pitkäkin käyttö on turvallista (Buford ym. 2007). Valtaosa kreatiinitutkimuksista on tehty nuorilla miehillä, joten kreatiinia pitäisi tutkia perusteellisemmin vielä naisilla ja vanhemmilla ihmisillä. Lisätutkimuksia odoteltaessa kreatiinia kannattaisi siis käyttää kuuriluonteisesti. Kreatiinivalmisteiden käyttömäärien osalta tulee myös noudattaa käyttöohjeita. ■

JAN SUNDELL, dosentti,
erikoislääkäri, vt. ylilääkäri
TYKS, Raision sairaala,
sisätautien klinikka
PL 43, 21201 Raisio

JUHA HULMI, LiTt, tutkijatohtori
Jyväskylän yliopisto,
liikuntabiologian laitos

JARI ROSSI, FT, yliopistonlehtori
Helsingin yliopisto,
Biolääketieteen laitos, anatomia

SIDONNAISUUDET

Kirjoittajilla ei ole sidonnaisuuksia

Summary

Whey protein and creatine as nutritional supplements

Nutritional supplements are very popular especially among athletes although some studies show either controversial or even negative results. However, whey protein and creatine seem to have positive effects on muscle size, strength and athletic performance without major adverse effects and high costs. Most studies have shown that supplementation of whey protein can enhance muscle growth in response to resistance training. Some studies also suggest that whey may enhance recovery from heavy exercise and possibly decrease muscle damage and soreness. Creatine supplementation increases the intracellular pool of phosphocreatine in skeletal muscle. Phosphocreatine provides a reserve of energy to rapidly regenerate ATP, which is consumed as a result of muscle contraction. Creatine has been studied in hundreds of clinical trials and has shown benefits including increased muscle strength, power and size.

KIRJALLISUUTTA

- Anthony JC, Yoshizawa F, Anthony TG, ym. Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of post-absorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *J Nutr* 2000;130:2413–9.
- Balsom PD, Harridge SD, Söderlund K, Sjödin B, Ekblom B. Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance. *Acta Physiol Scand* 1993;149:521–3.
- Bemben MG, Lamont HG. Creatine supplementation and exercise performance. *Sports Med* 2005;35:107–25.
- Biolo G, Maggi SP, Williams BD, Tipton KD, Wolfe RR. Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* 1995;268:E514–20.
- Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, Beaufrère B. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1997;94:14930–5.
- Buckley JD, Thomson RL, Coates AM, ym. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *J Sci Med Sport* 2010;13:178–81.
- Buford TW, Kreider RB, Stout JR, ym. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007;4:6.
- Casey A, Greenhaff PL. Does dietary creatine supplementation play a role in skeletal muscle metabolism and performance? *Am J Clin Nutr* 2000;72:607–17.
- Cribb PJ, Hayes A. Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:1918–25.
- Cribb PJ, Williams AD, Carey MF, Hayes A. The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition, and plasma glutamine. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006;16:494–509.
- Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, ym. Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol* 2001;535:301–11.
- Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol* 1993;75:712–9.
- Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, ym. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr* 2007;86:373–81.
- Hoffman JR, Ratamess NA, Tranchina CP, ym. Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids* 2010;38:771–8.
- Hulmi JJ, Kovanen V, Selänne H, ym. 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.
- Hulmi JJ, Lockwood CM, Stout JR. Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutr Metab* 2010;17:51.
- Hultman E, Söderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* 1996;81:232–7.
- Kreider RB, Campbell B. Protein for exercise and recovery. *Phys Sportsmed* 2009;37:13–21.
- Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, ym. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr* 2010;7:7.
- Levenhagen DK, Gresham JD, Carlsson 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:E982–93.
- Lopez RM, Casa DJ, McDermott BP, ym. Does creatine supplementation hinder exercise heat tolerance or hydration status? A systematic review with meta-analyses. *J Athl Train* 2009;44:215–23.
- Martin WF, Armstrong LE, Rodriguez NR. Dietary protein intake and renal function. *Nutr Metab* 2005;20:25.
- Maughan RJ. Creatine supplementation and exercise performance. *Int J Sport Nutr* 1995;5:94–101.
- Olsen S, Aagaard P, Kadi F, ym. Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. *J Physiol* 2006;573:525–34.
- Phillips SM, Tang JE, Moore DR. The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *J Am Coll Nutr* 2009;28:343–54.
- Poortmans JR, Francaux M. Adverse effects of creatine supplementation. *Sports Med* 2000;30:155–70.
- Rawson ER, Volek JS. Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *J Strength Cond Res* 2003;17:822–31.
- Snow RJ, Murphy RM. Factors influencing creatine loading into human skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev* 2003;31:154–8.
- Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, ym. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J Appl Physiol* 2009;107:987–92.
- Walker JB. Creatine: biosynthesis, regulation, and function. *Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol* 1979;50:177–242.
- Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, ym. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1147–56.