



PROTEİN VE EGZERSİZ-YENİ YAKLAŞIMLAR

Günay ESKİCİ*^{ID}

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, ÇANAKKALE

Öz: Çoğu sporcu, atletik başarısı için, proteinlerin anahtar rol oynadığını düşünmektedir. Özellikle kuvvet sporcuları, ekstra protein alımının, başarılarını artıracaklarına inanmakta ve gereksinimden fazla protein tüketme yoluna gitmektedir. Gereksinimden fazla tüketilen protein bazı olumsuzlukları (diğer besin öğelerinde yetersiz tüketim, oksidasyonda artış, idrarla kalsiyum kaybı,...) beraberinde getirmekle birlikte, protein kalitesi yüksek gıdaları tüketmenin daha fazla yarar sağladığını bilmek önem taşımaktadır. Protein kalitesini değerlendirme yöntemlerinden biri, protein sindirilebilirliği düzeltilmiş aminoasit skorudur (Protein Digestibility- Corrected Amino Acid Score-PDCAAS). Süt proteinleri (kazein, whey) ve soyanın PDCAAS skoru yüksek olmakla birlikte özellikle whey proteinin, kas doku sentezinde ve onarımındaki etkinliği kazein ve soyadan yüksektir. Bu durum bir dallı zincirli aminoasit olan lösin kaynaklanmakla birlikte whey proteindeki lösin sirkülasyonu kazein ve soyadan daha yüksektir. Sıvı bazlı süt ürünleri içerisindeki lösinin, hücre büyümesi ve metabolizması üzerinde önemli role sahip olan mTOR (Rapamisin protein kompleksinin memeli hedefi) olarak adlandırılan protein kinaz enzimini aktive ettiği ve kas protein sentezi ve gücünde artış sağladığı vurgulanmaktadır. Sindirimi daha uzun sürdüğünden uykudan 30 dakika önce 30-40 g kazein proteininin alınmasının ise, kas protein sentezini artırdığı yönünde çalışmalar mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: Protein, whey, lösin, kazein, Mtor

PROTEIN AND EXERCISE: NEW APPROACHES

Abstract: Most athletes believe that proteins play a key role in their athletic success. Strength athletes in particular believe that extra protein intake will increase their success and consume more protein than necessary. It is important to know that consuming foods with high protein quality is more beneficial, although some of the protein consumed more than necessity may lead to some disadvantages (poor consumption of other nutrients, increased oxidation, loss of calcium in the urine, etc.). One of the methods to assess protein quality is the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS). Although the PDCAAS score of milk proteins (casein, whey) and soybean is high, the activity of whey protein in muscle tissue synthesis and repair is higher than casein and soybean. This is due to leucine, a branched chain amino acid, but the leucine circulation in whey protein is higher than casein and soy. It is emphasized that leucine in liquid-based dairy products activates the protein kinase enzyme called Mtor (the mammalian target of rapamycin), which has an important role on cell growth and metabolism and increases muscle protein synthesis and strength. Since it takes longer to digest, 30-40 g casein protein intake 30 minutes before sleep increases muscle protein synthesis.

Key Words: Protein, whey, leucine, casein, mTOR

GİRİŞ

Proteinler, sporcularda performansın artmasında, sağlığın korunmasında kritik öneme sahiptir ve çoğu sporcu için sporda başarının anahtarı olarak düşünülmektedir (Benardot, 2000; Ersoy, 2013; Manore ve Thompson, 2000). Vücutta kas dokusunun onarımı ve korunması gibi birçok

önemli görevde rol aldığından, diyetin karbonhidrat yönünden yeterli olması ve proteinin enerji için kullanımının en az düzeyde tutulması istenmektedir.

Dayanıklılık ve kuvvet sporu yapan müsabaka sporcularında, fazla proteine gereksinim duyulmakla birlikte maraton sporcularında, protein bazı durumlarda kan şekerinin devamlılığını sağlamada enerji kaynağı olarak kullanılan bir besin ögesi olabilmektedir (Manore ve Thompson, 2000). Bu sebeple dayanıklılık sporcularında protein gereksinimi yüksek olmaktadır (Benardot, 2000; Eberle, 2007).

Dayanıklılık sporcularında, egzersiz sırasında aminoasitler okside olmakta, egzersize bağlı kas hasarı oluşmakta özellikle yokuş aşağı koşu gibi eksantrik kas kasılmasının görüldüğü egzersizlerde travma söz konusu olabilmektedir. Proteinin enerjiye katkısı normalde %5 veya daha az olurken uzun süreli yüksek şiddetli sporlarda, enerjiye katkısı %15 seviyelerine çıkmaktadır (Eberle, 2007). Buna karşın protein/aminoasit suplemanlarını daha çok tercih eden ve gereksinimin üzerinde protein tüketme yoluna gidenler, daha çok kuvvet/güç sporcuları olmaktadır (Benardot, 2000).

YÖNTEM

Araştırma için, bilimsel beslenme/spor beslenmesi kitaplarından ve makalelerinden yararlanılmıştır. Literatür araştırması, 2000’li yıllar ağırlıklı olmak üzere 1990-2019 yıllarını kapsayan geniş bir zaman dilimine yayılarak günümüzde sporcularda proteinlerin önemine yönelik araştırılan yeni konuları kapsamaktadır. Literatür taramasında ELSEVIER Science Direct (SciVerse), Taylor & Francis, EBSCOhost – Academic Search Complete, PubMed and SpringerLink, Google Scholar veri tabanlarından yararlanılmıştır.

Protein Metabolizması

Proteinler, karbon, hidrojen ve oksijenden, bazı durumlarda da sülfürden oluşan bileşiklerdir. Proteinlerin yapıtaşı aminoasitlerdir. Protein içeren bir besin tüketildiğinde, protein aminoasitlere parçalanır, aminoasit havuzunda toplanır. Aminoasitler, vücut tarafından kullanılarak protein haline dönüştürülmekte, kas, hormon ve enzimlerin yapısına katılmaktadır (Benardot, 2000). Aminoasitlerin bazıları diğer aminoasitlerden sentezlenebilirken, bazı aminoasitlerin (elzem aminoasitler) ise mutlaka dışarıdan alınması gereklidir (Benardot, 2000; Benardot, 2012; Ryan, 2012). Bir kısım aminoasit ise karbonhidrat, yağ ve amonyaktan metabolizma sonucu oluşmaktadır. Bu aminoasitler, elzem olmayan aminoasitlerdir, dışarıdan besinlerle alınmasa dahi vücut tarafından sentezlenmektedir. Elzem olarak adlandırdığımız aminoasitlerin ise, besinlerimizle mutlaka alınması gereklidir (Benardot, 2000).

Proteinin en iyi kaynakları et (sığır, tavuk, balık,..), soya fasulyesi ve kuru fasulye gibi besinlerdir. Et gibi hayvansal protein kaynaklarında, elzem aminoasit örüntüsü arzu edilir düzeyde olmasına karşın soya fasulyesi gibi bitkisel protein kaynaklarında istenen aminoasit örüntüsünü sağlamak için birkaç besin karıştırılarak tüketim gerçekleştirilmelidir. Örneğin, bezelye ile pirinç ya da mısır ile bezelye birlikte tüketildiğinde aminoasit dengesinde artış olmaktadır (Benardot, 2000).

Buna karşın hem elzem hem de elzem olmayan aminoasitler vücut için kritik öneme sahiptir (Benardot, 2012). Elzem ve elzem olmayan aminoasitler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Elzem ve elzem olmayan aminoasitler (Benardot, 2012)

Elzem olmayan aminoasitler (İnsan vücudunda diğer aminoasitler tarafından sentezlenebilen)		Elzem aminoasitler (İnsan tarafından sentezlenmeyen ve besinlerle alınması zorunlu olanlar)	
Aminoasit	Kısaltma	Aminoasit	Kısaltma
Alanin	Ala	Histidin ^a	His
Arginin ^{CE}	Arg	İzoloysin ^{BC}	Ile
Asparajin	Asn	Lösin ^{BC}	Leu
Aspartik asit	Asp	Lizin	Lys
Sistein ^{CE}	Cys	Metionin	Met
Glutamik asit	Glu	Fenilalanin	Phe
Glutamin ^{CE}	Gln	Treonin	Thr
Glisin	Gly	Triptofan	Trp
Prolin ^{CE}	Pro	Valin ^{BC}	Val
Serin	Ser		
Tirozin ^{CE}	Tyr		

BC; Dali zincirli aminoasitler

CE; Duruma göre elzem aminoasit (Belirli metabolik durumlarda bu aminoasitlerin tüketimi elzem olabilir)

^aHistidin; Diyetle yer almadığında ve protein yetersizlik durumlarında diğer 8 elzem aminoasit gibi elzem olabilmektedir.

Normal aktiviteye sahip yetişkin bireyler için günlük alınması gerekli olan elzem aminoasit içeriği Tablo 2’de verilmiştir. Fiziksel aktiviteye bağlı olarak özellikle sporcularda gereksinimlerde artış söz konusudur.

Tablo 2. Yetişkin bireyler için elzem aminoasit (EAA) gereksinimi (Baysal, 2018)

EAA	Gereksinim (mg/kg)
İzolösin	10
Lösin	14
Lizin	12
Metionin+sistein	13
Fenilalanin+tirozin	14
Treonin	7
Triptofan	4
Valin	10
Toplam EAA	84

Protein Fonksiyonları

Vücuda alınan protein, aminoasit şeklinde sindirilir ve aminoasit havuzunda birbirine dönüşümü gerçekleşir. Dokular vücudun ihtiyaç duyduğu (kas, saç, tırnak, hormon, enzim...) özel proteinleri sentezlemek için, havuz içerisinden aminoasitleri alır. Vücudun enerji ihtiyacını karşılamak için kullandığı diğer yakıtlar (karbonhidrat ve yağ) yetersiz ise, bu aminoasit havuzunda deaminasyon yolu ile proteinlerden enerji dönüşümü gerçekleşir (Benardot, 2012).

Proteinlerin başlıca önemli fonksiyonları şunlardır;

- Protein, enerji reaksiyonları için karbon kaynağı sağlayabilir. Belirli aminoasitler, glikoza dönüşerek, ATP için metabolize olabilir ya da yağ olarak depolanır.
- Kan ve vücut dokularının osmolaritesi ve sıvı hacmi için önemli yere sahiptir. Bu fonksiyonu ile sıvı dengesini sağlamada kritik öneme sahiptir.
- Amfoter özelliğe sahiptir ve optimal kan PH seviyesinin sağlanmasına yardımcı olur.
- Proteinlerden oluşan enzimler, sindirim ve diğer birçok hücrel faaliyete katılır.
- Organ (kalp, karaciğer, pankreas...), kas ve kemiklerden oluşan birçok vücut dokusu için önemli bir bileşendir.

- Kandaki maddeler için taşıyıcıdır. Örneğin, transferin, demiri taşıyan proteindir (Benardot, 2012).
- Büyüme destekler, kas, bağ dokusu, deri, saç, tırnak gibi dokularda ve kas dokusunda onarım ile yenilenme sağlar.
- Vücutta karbonhidratların depolanması ve kullanılması gibi bazı önemli olaylarda görev alan enzimlerin, hormonların ve nörotransmitterlerin yapısına katılır.
- Antikorlar yardımı ile bağışıklık sisteminde önemli görevler üstlenmiştir.
- Karbonhidrat depoları azaldığında, özellikle dayanıklılık egzersizlerinde yakıt kaynağı olarak kullanılır.
- Vücutta sıvı dengesini sağlamada kritik öneme sahiptir (Manore ve Thompson, 2000; Ryan, 2012).

Proteinlerin yapıtaşı aminoasitler, aynı zamanda vücutta birçok önemli görevi olan nörotransmitterlerin yapısına katılmaktadır. Nörotransmitterlerin vücuttaki görevleri, Tablo 3’de özetlenmiştir.

Tablo 3. Aminoasitlerden oluşan nörotransmitterler ve görevleri (Benardot, 2012)

Aminoasit	Üretilen nörotransmitter	Görevleri
Triptofan	Serotonin Melatonin	Ruhsal durum, ağrı, besin alımı, uyarılma
Tirozin Fenilalanin	Dopamin Norepinefrin Epinefrin	Motor fonksiyon, ruhsal durum, uyarılma, dikkat, anksiyete
Histidin	Histamin	Besin alımı, uyarılma, termoregülasyon
Arginin	Nitrik oksit	Anksiyete, uyanıklık, bellek/hafıza
Treonin	Glisin	Motor fonksiyon

Özetle, protein hem sağlık hem de performans için önemli yere sahiptir (Ryan, 2012). Proteinlerin fonksiyonlarına göre sınıflaması Tablo 4’te özetlenmiştir.

Tablo 4. Aminoasit ve protein fonksiyonları (Ryan, 2012)

İşlevsel proteinler (Hemoglobin, hormon, enzim üretimi, normal kan osmolaritesi, enerji kaynağı olarak kullanım)	Enzimler Antikorlar Taşıyıcı proteinler Hormonlar
Yapısal proteinler (Hücre yapısına katılım, doku onarımı, gelişmesi ve yenilenmesi)	Kas, tendon ve bağ dokusu Deri Kemik ve diş dokusu Saç ve tırnaklar

Protein Gereksinimi

Günlük protein gereksinimi, kuvvet, hız ve dayanıklılık antrenmanlarına bağlı olarak artış göstermektedir. Enerji alımı, egzersizin şiddet ve süresi, cinsiyet, yaş, protein gereksinimini etkileyen etmenlerdendir (Fink ve Mikesky, 2018; Jager ve ark., 2017; Kreider ve ark., 2010; Phillips ve Van Loon, 2011).

Sporcularda protein gereksiniminin, sporcu olmayanlardan yüksek olmasının başlıca nedenleri;

- Egzersiz sırasında aminoasitler, %5-15 oranında yakıt kaynağı olarak kullanılabilir. Dayanıklılık egzersizlerinde, kuvvet egzersizlerine oranla kas glikojen depolarında daha fazla boşalma görülmekle birlikte, protein kullanımının da daha fazla olduğu belirtilmektedir.

- Egzersiz kas hasarına sebep olduğundan, kas doku onarımı için proteine gereksinim vardır.
- Dayanıklılık egzersizlerinde, idrar ile bir miktar protein kaybı söz konusu olmaktadır (Benardot, 2000; Benardot, 2012).
- Protein, kasta protein sentezini destekleyerek kas protein yıkımını azaltan ve kas hasarını onaran önemli bir besin ögesidir (Phillips ve Van Loon, 2011).

DRI ve RDA tarafından, 19 yaş ve üzeri bireyler için belirtilen, protein gereksinimi 0.8 g/kg/gün'dür (Benardot, 2012; Jager ve ark., 2017) Kuvvet antrenmanı yapan çoğu sporcu için bu düzeyde bir öneri, ancak bir öğün beslenmeye karşılık gelmektedir (Phillips ve Van Loon, 2011). Bu nedenle, çoğu kuvvet sporcusu, daha fazla protein almak için protein ya da aminoasit suplemaları tüketmektedir (Benardot, 2012). Genel olarak, kuvvet ve dayanıklılık egzersizlerini yapan sporcuların protein gereksinimi sedanter bireylerden yüksektir. Artmış protein gereksinimi, kas dokusunun yenilenmesi ve kas hasarının onarılması için önem taşımaktadır (Phillips ve Van Loon, 2011). Daha önceki önerilerde spor yapan bireyler için nitrojen dengesinde devamlılık sağlamak adına yaklaşık 1.2–1.3 g/kg/gün protein önerisinde bulunurken, son bilgilerde enerjisi kısıtlı diyet tüketen kişilerde kas kütlelerinin korunumu için daha fazla miktarda yaklaşık 1.4-2.0 g/kg/gün protein tüketilmelidir önerisinde bulunmaktadır. Direnç antrenmanı ile birlikte yüksek protein alınmasının (>3 g/kg/gün), vücut kompozisyonunda olumlu etkisi olacağı belirtilir. Her 3-4 saatte bir protein içeren besinlerin tüketilmesi ayrıca yarar sağlar (Jager ve ark., 2017; Kerkick ve ark., 2018).

Sporcularda kas protein sentezini maksimize etmek için genel öneri mutlaka 0.25-0.55 g/kg (20-40 g) **“yüksek kalite protein”** tüketilmesidir. Bu protein, elzem aminoasitlerden oluşmalı ve özellikle 700-3000 mg oranında **“lösin”** içermesi daha da fayda sağlamaktadır. Daha yüksek oranda protein (~40 g), yaşlı bireylerde kas protein sentezini maksimize etmek için önemlidir. Kas protein yıkımı söz konusu olduğunda ise gereksinimde artış (~70 g) söz konusu olabilir (Jager ve ark., 2017).

Hipokalorik dönemlerde direnç antrenmanı yapan kişilerde yağsız vücut ağırlığını maksimuma çıkarmak için daha yüksek protein alımı (2.3–3.1 g/kg yağsız kütle/gün) gerekebilir (Kerkick ve ark., 2018).

Düşük protein diyeti (0.86 g/kg/gün), orta düzey protein (1.4 g/kg/gün) ve yüksek düzeyde protein (2.4 g/kg/gün) alımının kuvvet sporcularında, vücut protein sentezi üzerindeki etkisinin kıyaslandığı bir çalışmada, düşük protein alanlarda vücut protein sentezinin azaldığı, orta ve yüksek düzeyde protein alımında ise herhangi bir farklılık oluşmadığı belirlenmiştir. Ancak fazla protein alımına bağlı olarak aminoasit oksidasyonunun arttığı belirlenmiştir (Tarnopolsky ve ark., 1992).

Genç erkek bireylere, kuvvet egzersizini takiben 0-40 g arasında değişen oranda yumurta proteini içirilmiş ve kas protein sentezi ölçülmüştür. Çalışma sonunda kas protein sentezinde en yüksek artış ~20 g protein alımından sonra görülmüş, fazla protein tüketiminin ise oksidasyonu artırdığı belirlenmiştir. Direnç egzersizini takiben maksimal protein sentezi sağlamak için 20-25 g yüksek kaliteli protein tüketmek gerektiği sonucuna varılmıştır (Moore ve ark., 2009).

Dayanıklılık sporcuları, kuvvet sporcuları ile kıyaslandıklarında daha az kas külesine ve daha ince bir görünüme sahip olmalarına karşın, protein gereksinimleri (g/kg), hemen hemen kuvvet sporcularına eşit düzeyde olmaktadır (Benardot, 2012). Ultramaraton koşucularına yönelik yayınlanan bildiride maraton koşucularında yağsız kütlelerin devamlılığını sağlamak ve

toparlanmayı desteklemek için ~1.6 g/kg/gün protein tüketiminin yeterli olduğu, ancak enerji gereksiniminin artmasına bağlı olarak 2.5 g/kg/gün seviyesine çıkarılması gerektiği vurgulanmaktadır (Tiller ve ark., 2019). Bazı çalışmalarda ise, dayanıklılık sporcularının, kuvvet sporcularından daha fazla proteine ihtiyacı olduğu (g/kg) ve dayanıklılık aktiviteleri sırasında proteinin bir miktar yıkıma uğrayabileceği belirtilmiştir (Hoffman ve Falvo, 2004). Özellikle son yıllarda gündeme gelen düşük karbonhidrat tüketilerek yapılan antrenmanlarda proteine olan gereksinimin arttığı ve bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerektiği vurgusu yapılmaktadır (Gillen ve ark., 2019). Dayanıklılık egzersizlerinde, özellikle lösin oksidasyonu arttığından dayanıklılık sporcularının protein gereksinimi sedanter bireylerden fazla olmaktadır (Phillips ve Van Loon, 2011).

Protein Tüketim Zamanı

Kuvvet antrenmanı sonrası, 24 saat boyunca iskelet kası, protein ve aminoasitlere daha duyarlıdır (Jager ve ark., 2017). Laboratuvar çalışmaları, egzersiz uyarını ile 20-40 g yüksek kalite proteinin (10-12 g elzem aminoasit, 1-3 g lösin), toparlanma aşamasının erken dönemlerinde (0-2 saat içinde) tüketilmesinin kas protein sentezini optimal düzeye çıkarmak için gerekli olduğuna işaret eder (Jager ve ark., 2017; Thomas ve ark., 2016). Ancak sporcunun vücut ölçüsü göz önüne alınmalıdır. Yüksek miktarda protein (>40 g) tüketilmesi, kas protein sentezini desteklemez ancak tedbir amaçlı büyük vücut cüssesine sahip sporcularda ve kilo kaybı dönemlerinde tercih edilebilir. Egzersize bağlı protein sentezindeki artış, protein alımının zamanlamasına (egzersizden sonraki 24 saat) ve proteinin kalitesine bağlıdır. Protein alımının zamanlaması, kas protein sentezini etkilemesine karşın, kas kütlesi ve kuvvet değişimlerine etkisi çok net değildir. Fakat uzun süreli yapılan bazı çalışmalarda, egzersiz sonrası ilk saatlerde protein alınmasının, kas kütlesini ve kuvvetini artırdığı yönünde bulgular mevcuttur (Thomas ve ark., 2016).

Geleneksel protein alım önerileri, gün boyunca alınan protein miktarına (g/kg) odaklanmıştır. Yeni öneriler, antrenmana kas uyumunun her 3-5 saat ara ile öğün tüketilmesi ve egzersiz sonrası hedeflenen 0.3 g/kg tüketim ile maksimum düzeye çıkarılmasının altını çizmektedir (Thomas ve ark., 2016).

Yapılan son çalışmalar, egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında karbonhidrat + protein kombinasyonlarının kas hasarının en az düzeyde gerçekleşmesini, kas glikojen yenilenme hızını artırdığını ve kas protein sentezinin artmasına daha fazla katkıda bulunduğunu göstermektedir (Jager ve ark., 2017; Kerksick ve ark., 2008; Kerksick ve ark., 2018; Thomas ve ark., 2016).

Uyku Öncesi Protein Alımı

Son çalışmalar, uyku öncesi akşam yemeğinden 2 saat sonra ve yatmadan 30 dakika önce sıvı protein alımının, kas protein sentezi ve toparlanma üzerinde olumlu etkisi olduğu üzerinde yoğunlaşmaktadır (Kinsey ve Ormsbee, 2015; Trommelen ve Van Loon, 2016; Thomas ve ark., 2016). Yapılan birkaç çalışmada, 30-40 g kazein proteininin uykudan 30 dakika önce alınmasının kas protein sentezini artırdığı belirlenmiştir (Roberts ve ark., 2010; Thomas ve ark., 2016). Bir başka çalışmada uykudan 30 dakika önce alınan 30 g whey, 30 g kazein ve 33 g karbonhidratın her biri plasebo ile karşılaştırıldığında sabah ölçülen dinlenme metabolik hız üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermiştir (Madzima ve ark., 2014).

Uykudan önce alınan proteinin, gece uykusu sırasında etkili bir şekilde sindirildiği ve emildiği, böylece gece boyunca kas protein sentez hızını artırdığı belirtilmektedir. Uykudan önce protein tüketiminin, ertesi gün kahvaltıda iştahı azalttığı, uzun süreli kuvvet antrenmanı ile uygulandığında, kas kütlesi ve kuvvetinde artış sağladığı vurgulanır. Sonuç olarak, uykudan

önce protein alımı, gece boyunca uyku sırasında kas protein sentezi oranlarını artırmak için etkili bir girişimsel stratejidir ve direnç tipi antrenmanlarda iskelet kası adaptif yanıtını desteklemek için uygulanabilir (Snijders ve ark., 2019). Uyku öncesi kazein protein alımı (30-40 g), lipolizi etkilemeden kas protein sentez oranında ve metabolik hızda artış sağlar (Jager ve ark., 2017).

Protein Kalitesi

Diyet proteini, yüksek kaliteli protein kaynağından oluşmalıdır. Protein kalitesini değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmasına karşın son yıllarda önem kazanan en etkili yöntem, Protein sindirilebilirliği düzeltilmiş aminoasit skorudur (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score-PDCAAS) (Phillips ve Van Loon, 2011). PDCAAS, FAO/WHO tarafından insan beslenmesinde önemli bir yere sahip, protein kalitesini ölçmek için geliştirilen bir yöntemdir. Metot, test proteindeki elzem aminoasit miktarı ile referans (örnek) proteindeki aminoasit içeriğini karşılaştırma temeline dayanmaktadır. %100'den daha yüksek PDCAAS değeri kabul edilemez. PDCAAS formülü aşağıda verilmiştir (Schaafsma, 2000).

$$\text{PDCAAS}(\%) = \frac{1 \text{ g test proteinin aminoasit miktarı (mg)}}{1 \text{ g referans proteinin aminoasit miktarı (mg)}} \times \text{ fekal sindirilebilirlik}(\%) \times 100$$

Tablo 5. Bazı protein kaynakları için proteinin elverişlilik oranı (PER) fekal sindirilebilirlik, aminoasit skoru (AAS) ve PDCAAS değeri (Schaafsma, 2000)

Protein	PER	Sindirilebilirlik	AAS (%)	PDCAAS
Yumurta	3.8	98	121	118
İnek sütü	3.1	95	127	121
Dana eti	2.9	98	94	92
Soya	2.1	95	96	91
Buğday	1.5	91	47	42

PDCAAS değeri, 1 ya da 1'e çok yakın olan değerler yüksek kaliteli protein olarak sınıflandırılmaktadır. Süt (süt proteinleri; kazein, whey), yumurta ve et gibi hayvansal ürünlerin protein kalitesi yüksektir. İzole soya proteininin (anti besinsel bileşenler ortadan kaldırıldığında), PDCAAS skoru 1'dir. İzole süt proteini kazein ve whey için PDCAAS skoru; ~1.2 olmaktadır. PDCAAS skoru yüksek proteinlerin tüketimi kas protein sentezini artırmakta, kas protein yıkımını ve kas hasarını azaltmaktadır (Phillips ve Van Loon, 2011).

Özellikle izole whey proteinde, elzem aminoasit içeriği, dallı zincirli aminoasit (Branched-Chain Amino Acids- BCAAs) ve PDCAAS değeri yüksektir. Tahıllarda ise bu değer 0.52, beyaz glutende 0.25 civarındadır. Ticari olarak kullanılan proteinler daha çok whey ve kazein formundadır. Bu iki tip proteinin sindirim hızları birbirinden farklıdır. Kazeinin sindirimi, whey proteine oranla daha yavaştır (Campbell ve ark., 2007).

Bazı çalışmalarda, whey ve kazeinin kan aminoasit etkisi farklı, kas protein dengesi aynı bulunmasına karşın (Tipton ve ark., 2004) bazı çalışmalarda ise, whey proteinin, protein sentezine katkısı daha fazla olarak saptanmıştır (Dangin ve ark., 2003).

Süt proteininin, eşit protein ve makro besin enerjisi içeren soya proteini ile kıyaslandığında, özellikle kuvvet egzersizi sonrasında kas protein sentezini daha çok artırdığı ve kasta hipertrofiye yol açtığı belirlenmiştir (Kreider ve ark., 2010; Phillips ve Van Loon, 2011; Wilkinson ve ark., 2007). Süt proteininin aynı düzeyde protein içeren soyadan üstünlüğü, içindeki dallı zincirli aminoasitlerden özellikle de lösinden kaynaklanmaktadır (Kreider ve ark., 2010; Phillips ve Van Loon, 2011). Kronik antrenman yapanlar üzerinde yapılan çalışmalar,

kuvvet egzersizleri sonrası süt bazlı protein tüketiminin kas gücünü ve vücut bileşimini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir (Thomas ve ark., 2016).

BCAA, protein sentezini artırdığı, protein yıkımını azalttığı, kas yorgunluğunu önlediği ile ilgili çalışmalar bulunmakla birlikte (Blomstrand ve ark., 2006; Louard ve ark., 1990; Ra ve ark., 2018) fiziksel performansı geliştirdiği ve egzersiz sırasında beyine triptofan girişini azaltarak, sinir sistemi yorgunluğunu önlediği belirlenmiştir (Blomstrand, 2006; Choi ve ark., 2013; Kerksick ve ark., 2018). Mental yorgunluğu önlemesi dolayısıyla, dayanıklılık sporcuları için önemli yere sahiptir. BCAAs, kasta depo edilir, glikoza dönüşebilir ve uzun süreli egzersizlerde, yakıt kaynağı olarak kullanılabilir (Eberle, 2007).

Lösin

Lösin, sporcularda performansı geliştirmek amacıyla önerilen, kas sentezinde, degradasyonu azaltmada ve protein sentezini artırmada önemli bir yere sahip olan, özellikle kuvvet/güç sporcuları arasında kullanımı yaygın olan, dallı zincirli bir aminoasittir (Elango ve ark., 2012; Kreider ve ark., 2010; Nair ve Short, 2005; Phillips ve Van Loon, 2011).

Süt proteinleri, lösinden zengindir ve bu durum kas protein sentezini uyarıcı ve kasta hipertrofi sağlayıcı bir etmendir (Kreider ve ark., 2010; Phillips ve Van Loon, 2011;). Lösinin sportif performans üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır ve bu durum, lösinin sporcular arasında supleman desteği olarak kullanımını artırmıştır (Pencharz PB ve ark., 2012).

Lösin, kasta glikojen sentezini uyarır. Yorucu bir aerobik egzersiz sonrasında glikojen depolarında ve iskelet kasının lösin seviyesinde azalma oluşur. Lösin içeriğinin toplam proteinin %5-10'u düzeyinde olması önerilir. Lösin gereksiniminin, şiddetli antrenmanlarda 14 mg/kg'dan 45 mg/kg ve üzerine çıkabileceği belirtilmiştir. Anaerobik koşu egzersizinden 50 dakika önce tüketilen 200 mg/kg lösin suplemanının performansı etkilemediği belirlenmesine karşın, 5 haftalık kuvvet/güç antrenmanı süresince verilen 50 mg/kg lösin suplemanının (protein;1.26 g/kg) sporcularda serum lösin seviyesindeki azalmayı önlediği belirlenmiştir. Dayanıklılık egzersizleri öncesinde ve sırasında, BCAAs tüketiminin (lösin %30-35) hem protein yıkımını azalttığı hem de mental ve fiziksel performansı geliştirdiği kanıtlanmıştır (Mero ve ark., 1997; Mero, 1999).

Ancak, tüketimde üst sınırın ne olması gerektiği konusunda yeterli veri yoktur. Sağlıklı erkek bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada lösin için üst sınır 550 mg/kg/gün ya da 39 g/gün olarak belirlenmiştir (Pencharz ve ark., 2012). Ancak uzun süreli lösin suplemanına yönelik çalışma bulunmamaktadır. Farklı çalışmalarda, üst limit 500 mg/kg/gün (35 g/gün) olarak belirtilmiştir (Elango ve ark., 2012; Laboute ve ark., 2013).

Sporcularda protein tüketimi ~2 g/kg/gün'dür ve lösin ~%15'ini oluşturmalıdır. Buna göre 80 kg olan bir sporcu için lösin alımı 300 mg/kg/gün olarak belirlenir. Genel öneri 250-300 mg/kg/gün olmakta, >550 mg/kg/gün tüketimin ise oksidatif etki göstereceği belirtilmektedir (Pencharz ve ark., 2012).

Süt Proteinleri (Whey-Kazein) ve Soyanın Lösin Yönünden Karşılaştırılması

Whey protein, özellikle lösinden zengindir ve soya ile kıyaslandığında kas protein sentezini artırma yeteneği daha fazladır. Buna karşın eğer lösin içeriği tek başına kas protein sentezini artırıcı tek etmen ise, bu durum soyanın kazeinden, whey proteinin soyadan daha etkili olduğu sonucunu açıklamaz. Burada önemli olan bir başka faktör, lösinin sirkülasyonudur (Phillips ve Van Loon, 2011).

Whey proteininin tüketimini takiben lösün sirkülasyonu en hızlı, soyada orta düzeyde, kazeinde ise en düşük düzeydedir (Tang ve ark., 2009).

Kazeinin lösün içeriği soyadan yüksek olmasına karşın, kazein midede kolaylıkla sindirilemediğinden lösünün sirkülasyonu yavaştır. Hidrolize kazeinin ise, sindirimi ve dolayısıyla aminoasit dönüşümü daha hızlı olacağından, kas protein sentezi için hidrolize olmayan kazeine nazaran daha etkili olduğu belirlenmiştir (Phillips ve Van Loon, 2011).

Kuvvet egzersizinin 45. dakikasından itibaren verilen üç farklı içeceğin (CHO, CHO+P, CHO+P+Lösün) vücut protein dengesi ve protein oksidasyonu üzerindeki etkisi kıyaslanmıştır. CHO+P+Lösün karışımı, tek başına CHO ve CHO+P içecekleri ile kıyaslandığında, plazma insülin yanıtını ve protein dengesini artırmış, protein oksidasyonunu ise azaltmıştır (Koopman ve ark., 2005). Egzersiz sonrası kompleks protein içeceği tüketmek, izokalorik karbonhidrat içeceğine nazaran performans üzerinde daha etkili olmuştur (Lynch, 2013).

Lösün suplemanına yönelik yapılan çalışmalarda, özellikle whey proteini ile birlikte alınmasının performansı olumlu etkilediği, vücut yağsız doku kütlesi ile birlikte dayanıklılığı artırdığı ve egzersize bağlı kas hasarını azalttığı vurgulanmıştır (Coburn ve ark., 2006; Mero, 1999; Pitkänen ve ark., 2003; Shimomura ve ark., 2010; Walker ve ark., 2010).

Antrenmana Moleküler Cevap: mTOR Aktivitesi ve Lösün İlişkisi

Geçtiğimiz 10 yıl içinde yapılan moleküler çalışma sonuçları, kasın antrenman kaynaklı protein sentez artışının tek ve en önemli düzenleyicisinin mTOR (Mamalian target of rapamycin-Rapamisin protein kompleksinin memeli hedefi) olarak adlandırılan protein kinaz enzime bağlı olduğunu göstermiştir. Kuvvet antrenmanından önce immün sistemi baskılayan rapamisin (mTOR'u bloke eden) verilirse, protein sentezinde artış olmaz. Bu durum kuvvet egzersizi sonrası kas protein sentezinin artışı için mTOR gerektiğini açıklar. Sporcu ve antrenörler mTOR aktivitesini artırmaya çalışmalıdır (Ersoy, 2016).

mTOR aktivitesini artırmak için sadece ağırlık kaldırarak yapılan kuvvet antrenmanları yeterli değildir. Eğer sporcu antrenmanı aç iken yaparsa, mTOR aktivitesi ve protein sentezindeki artış optimal düzeye ulaşmaz ve ayrıca protein dengesi negatif olur. mTOR aktivitesi ve protein sentezini maksimum düzeye çıkarmak ve kasın protein dengesini pozitif yöne kaydırmak için sadece mekanik olarak kasa yüklenmek değil, aminoasit içeriği zengin bir diyet tüketmek gerekir. Yeni protein sentezi için tüm aminoasitler gerekli olsa da mTOR aktivitesi için sadece birine gereksinim vardır. Bu önemli aminoasit, dallı zincirli yapısı olan lösündür. Lösünün çok önemli olma nedeni, kas hücrelerinin lösün düzeyini algılayan sensörler içermesidir. Bu aminoasit sensörü Rag proteini diye adlandırılan taşıma proteinleri aracılığıyla mTOR'u aktive eder, protein sentezi artar. Kas hücreleri büyür ve güçlü hale gelir (Ersoy, 2016).

Farklı protein kaynakları ile yapılan çalışmalarda, sporcunun soya ve kazeine kıyasla whey (peynir altı suyu) tükettiğinde, lösünün kan düzeyini artırdığı ve bu artışın uzun sürdüğü belirlenmiştir (Ersoy, 2016). Süt ve süt ürünlerinden sağlanan proteinler diğer test edilen proteinlerden daha üstündür. Bunun nedeni, sıvı bazlı süt ürünleri içerisinde bulunan lösün ve dallı zincirli amino asitlerin emilim ve sindirim özelliğidir. Diğer beslenme stratejilerinin, yani yüksek kaliteli protein kaynaklarının (yumurta, kırmızı et, konsantre bitkisel proteinler) ve karışık/çeşitli diyet tüketmenin, çeşitli tipteki egzersizleri takiben kasın antrenman kaynaklı protein sentez artışının tek ve en önemli düzenleyicisi olan mTOR'u ve kas protein sentezini

uyardığı konusundaki bilgileri artırmak için yeni çalışmalara gereksinim vardır (Thomas ve ark., 2016).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük enerji ve besin öğelerinin karşılanması, performansı etkileyen önemli bir etmendir. Vücutta birçok önemli fonksiyonu bulunan protein, sporcuların beslenmesinde önemli bir yere sahiptir.

- Protein gereksinimi, yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, antrenman şiddeti ve yoğunluğu gibi birçok etmeden etkilenmekle birlikte çoğu sporda kas kütlelerinin korunumu için 1.4-2.0 g/kg/gün protein önerisinde bulunmaktadır. Düşük karbonhidrat tüketimi ile antrenman yapan dayanıklılık sporcularında protein gereksiniminde artış olacağı belirtilir. Ultramaraton koşucularında yağsız kütlelerin devamlılığı ve toparlanmayı desteklemek için ~1.6 g/kg/gün protein tüketiminin yeterli olduğu, ancak enerji gereksiniminin artmasına bağlı olarak 2.5 g/kg/gün düzeyinde alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Hipokalorik periyotta direnç antrenmanı yapan bireylerde yağsız kütle kazanımı için daha yüksek protein alımı (2.3-3.1 g/yağsız kütle kg/gün) önerilir. Kas protein sentezini maksimize etmek için alınacak proteinin 0.25-0.55 g/kg yüksek kaliteli protein kaynaklarından seçilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.
- Protein tüketim zamanının kas protein sentezini etkilemesine ve antrenmandan hemen sonra alınan proteinin kas kütlelerini ve kuvvetini artırdığı belirtilmesine karşın yeni öneriler, proteinin gün boyunca her 3-5 saat ara ile öğünlerde alınması gerektiğini ve egzersiz sonrası özellikle 0.3 g/kg protein tüketimine dikkat edilmesi gerektiğini vurgular.
- Son yıllarda özellikle protein miktarından ziyade protein kalitesinin önemli olduğuna yönelik görüşler savunulmakta ve PDCAAS skoru ~1'e yakın olan besinlerde, protein kalitesinin yüksek olduğu vurgulanmaktadır. Whey ve kazein için PDCAAS skoru ~1.2, soya da ise 1'dir. Ancak yapılan çalışmalarda süt proteinleri whey ve kazeinin, soyaya nazaran protein sentezini daha çok artırdığı ve kasta hipertrofi sağlamada daha etkili olduğu ve bu etkinin süt proteinlerindeki dallı zincirli aminoasitlerden özellikle de lösin kaynaklandığı belirtilmektedir.
- Lösin, sporcularda performansı geliştirmek amacıyla önerilen, kas sentezinde, degradasyonu azaltmada ve protein sentezini artırmada önemli bir yere sahip olan, dallı zincirli bir aminoasittir. Son araştırmalarda, sıvı bazlı süt ürünleri içerisindeki lösinin, hücre büyümesi ve metabolizması üzerinde önemli role sahip olan mTOR olarak adlandırılan protein kinaz enzimini aktive ettiği ve kas protein sentezi ve kuvvetinde artış sağladığı belirtilmektedir.
- Whey proteininin tüketimini takiben lösin sirkülasyonu en hızlı, soyada orta düzeyde, kazeinde ise en düşük düzeydedir.
- Kazeinin lösin içeriği soyadan yüksek olmasına karşın, kazein midede kolaylıkla sindirilemediğinden lösinin sirkülasyonu yavaştır. Sindirimi daha uzun sürdüğünden uykudan 30 dakika önce, 30-40 g kazein proteini alınmasının ise, kas protein sentezini artırdığı yönünde yeni çalışmalar mevcuttur.

Tüm bilgiler ışığında, sporcuların sağlık ve performansları açısından doğru bilgileri edinmeleri ve davranışlarına yansıtılabilmeleri adına hem sporcuların hem de sporcularla yakın iletişimde olan, yönlendirmede bulunan antrenörlerin beslenme konusunda bilgi düzeylerinin artırılmasının son derece önemli olduğu bir kez daha gündeme gelmektedir. Protein gereksinimi karşılanırken protein kalitesine ve sindirilebilirliğine gereken önem verilmeli ve bu konudaki bilinçlendirilme konunun uzmanı spor diyetisyenleri tarafından yapılmalıdır.

KISALTMALAR

DRI ; Diyet Referans Alım düzeyi (Dietary Protein Intakes)
RDA ; Önerilen referans düzeyi (Recommended Dietary Allowances)
BCAAs; Dallı zincirli aminoasitler (Branched chain amino acid)
mTOR ; Rapamisin protein kompleksinin memeli hedefi (Mamalian target of rapamycin)
CHO ; Karbonhidrat
P ; Protein

KAYNAKLAR

- Baysal, A. (2018). *Beslenme*. 18th ed. Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Benardot, D. (2012). *Advanced Sports Nutrition*. 2nd ed. Human Kinetics, Canada, USA.
- Benardot, D. (2000). *Nutrition for Serious Athletes*. Human Kinetics, USA.
- Blomstrand, E., Eliasson, J., Karlsson, H.K., Köhnke, R. (2006). Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. *J Nutr*, 136(1 Suppl), 269-273.
- Blomstrand, E. (2006). A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *J Nutr*, 136(2), 544-547.
- Campbell, B., Kreider, R.B., Ziegenfuss, T., La Bounty, P., Roberts, M., Burke, D., et al. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*, 4(1), 8.
- Choi, S., Disilvio, B., Fernstrom, M.H., Fernstrom, J.D. (2013). Oral branched-chain amino acid supplements that reduce brain serotonin during exercise in rats also lower brain catecholamines. *Amino Acids*, 45(5), 1133-1142.
- Coburn, J.W., Housh, D.J., Housh, T.J., Malek, M.H., Beck, T.W., Cramer, J.T., et al. (2006). Effects of leucine and whey protein supplementation during eight weeks of unilateral resistance training. *J Strength Cond Res*, 20, 284-291.
- Dangin, M., Guillet, C., Garcia-Rodenas, C., Gachon, P., Bouteloup-Demange, C., Reiffers-Magnani, K., et al. (2003) The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J Physiol*, 549 (Pt 2), 635-644.
- Eberle, S.G. (2007). *Endurance Sports Nutrition*. 2nd ed. Human Kinetics, Canada: USA.
- Elango, R., Chapman, K., Rafii, M., Ball, R.O., Pencharz, P.B. (2012). Determination of the tolerable upper intake level of leucine in acute dietary studies in young men. *Am J Clin Nutr*, 96(4), 759-767.
- Ersoy, G. (2013). *Fiziksel Uygunluk (Fitnes) Spor ve Beslenme ile İlgili Temel Öğretiler*. Ata Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Ersoy, G. (2016). *Fiziksel Uygunluk (Fitnes) Spor ve Beslenme ile İlgili Temel Öğretiler*. 2. Baskı. Ata Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Fink, H.H., Mikesky A.E. (2018). *Practical Applications in Sports Nutrition*. Fifth Ed. Jones and Bartlett Publishers, Canada: USA.
- Gillen, J.B., West, D.W.D., Williamson E.P., Fung H.J.W., Moore D.R. (2019). Low-Carbohydrate Training Increases Protein Requirements of Endurance Athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 51(11),2294-2301.
- Hoffman, J.R., Falvo, M.J. (2004). Protein-Which is Best? *J Sports Sci Med*, 3(3), 118-130.
- Jager, R., Kerksick, C.M., Campbell, B., Cribb, P.J., Wells, S.D., Skwiat, T.M. et al. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*, Jun 20, 14, 20.
- Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., et al. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *Int J Soc Sports Nutr*, 5, 17.

Kerksick, C.M., Wilborn, C.D., Roberts, M.D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S.M., Jäger, R., et al. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*, Aug 1,15(1),38.

Kinsey, A.W., Ormsbee, M.J. (2015). The health impact of nighttime eating: old and new perspectives. *Nutrients*, 7, 2648–2662.

Koopman, R., Wagenmakers, A.J., Manders, R.J., Zorenc, A.H., Senden, J.M., Gorselink, M., et al. (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 288(4), 645-653.

Kreider, R.B., Wilborn, C.D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A.L., Collins, R., et al. (2010). ISSN exercise and sport nutrition review: research and recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*, Feb 2,7,7.

Laboute, E., France, J., Trouve, P., Puig, P.L., Boireau, M., Blanchard, A. (2013). Rehabilitation and leucine supplementation as possible contributors to an athlete's muscle strength in the reathletization phase following anterior cruciate ligament surgery. *Ann Phys Rehabil Med*, 56(2),102-112.

Louard, R.J., Barrett, E.J., Gelfand, R.A. (1990). Effect of infused branched-chain amino acids on muscle and whole-body amino acid metabolism in man. *Clin Sci (Lond)*, 79(5),457-466.

Lynch, S. (2013). The differential effects of a complex protein drink versus isocaloric carbohydrate drink on performance indices following high-intensity resistance training: a two arm crossover design. *J Int Soc Sports Nutr*, Jun 12,10,31.

Madzima, T.A., Panton, L.B., Fretti, S.K., Kinsey, A.W., Ormsbee, M.J. (2014). Night-time consumption of protein or carbohydrate results in increased morning resting energy expenditure in active college-aged men. *Br J Nutr*, 111, 71–77.

Manore, M., Thompson, J. (2000). *Sport Nutrition for Health and Performance*. Human Kinetics, USA.

Mero, A., Pitkänen, H., Oja, S.S., Komi, P.V., Pöntinen, P., Takala, T. (1997). Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male powerathletes during training. *J Sports Med Phys Fitness*, 37(2), 137-145.

Mero, A. (1999). Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med*, 27(6),347-358.

Moore, D.R., Robinson, M.J., Fry, J.L., Tang, J.E., Glover, E.I., Wilkinson, S.B., et al. (2009). Ingested protein doseresponse of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr*, 89(1), 161-168.

Nair, K.S., Short, K.R. (2005). Hormonal and signalling role of branched-chain amino acids. *J Nutr*,135,1547-1552.

Pencharz, P.B., Elango, R., Ball R.O. (2012). Determination of the tolerable upper intake level of leucine in adult men. *J Nutr*, 142(12), 2220-2224.

Phillips, S.M., Van Loon, L.J.C. (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sport Sci*, 29(Suppl 1), 29-38.

Pitkänen, H.T., Oja, S.S., Rusko, H., Nummela, A., Komi, P.V., Saransaari, P., et al. (2003). A. Leucine supplementation does not enhance acute strength or running performance but affects serum amino acid concentration. *Amino Acids*, 25,85–94.

Ra, S.G., Miyazaki, T., Kojima, R., Komine, S., Ishikura, K., Kawanaka, K., et al. (2018). Effect of BCAA supplement timing on exercise-induced muscle soreness and damage: a pilot placebo-controlled double-blind study. *J Sports Med Phys Fitness*, 58(11),1582-1591.

Roberts, B.M., Helms, E.R, Trexler, E.T., Fitschen, P.J. (2020). Nutritional Recommendations for Physique Athletes. *J Hum Kinet*, 71,79-108.

Ryan, M. (2012). *Sports Nutrition for Endurance Athletes*. 3rd ed. Velopress, Colorado, USA.

Schaafsma, G. (2000). The protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score. *J Nutr*, 130,1865-1867.

Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., et al. (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 20, 236–244.

Snijders, T., Trommelen, J., Kouw, I.W.K., Holwerda, A.M., Verdijk, L.B., van Loon, L.J.C. (2019) The Impact of Pre-sleep Protein Ingestion on the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise in Humans: An Update. *Front Nutr*, Mar 6,6,17.

Tang, J.E., Moore, D.R., Kujbida, G.W., Tarnopolsky, M.A., Phillips, S.M. (2009). 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 (1985)*, 107(3), 987-992.

Tarnopolsky, M.A., Atkinson, S.A., MacDougall, J.D., Chesley, A., Phillips, S., Swarcz, H.P. (1992). Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol (1985)*, 73(5), 1986-1995.

Thomas, D.T., Erdman, K.A., Burke, L.M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet*, 116(3), 501-528.

Tiller, N.B., Roberts, J.D., Beasley, L., Chapman, S., Pinto, J.M., Smith, L., et al. (2019). International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *J Int Soc Sports Nutr*, 16(1),50.

Tipton, K.D., Elliott, T.A., Cree, M.G., Wolf, S.E., Sanford, A.P., Wolfe, R.R. (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 36(12), 2073-2081.

Trommelen, J, Van Loon, L.J. (2016). Pre-sleep protein ingestion to improve the skeletal muscle adaptive response to exercise training. *Nutrients*, 8,12.

Walker, T.B., Smith, J., Herrera, M., Lebeque, B., Pinchak, A., Fischer, J. (2010). The influence of 8 weeks of whey-protein and leucine supplementation on physical and cognitive performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 20, 409–417.

Wilkinson, S.B., Tarnopolsky, M.A., Macdonald, M.J., Macdonald, J.R., Armstrong, D., Phillips, S.M. (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr*, 85(4),1031-1040.