



## SPORMETRE

The Journal of Physical Education and Sport Sciences  
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi



DOI: 10.33689/spormetre.914142

Geliş Tarihi (Received): 12.04.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 02.08.2021

Online Yayın Tarihi (Published): 30.09.2021

### UYKU ÖNCESİ PROTEİN ALIMININ KAS PROTEİN SENTEZİ, KÜTLESİ VE KUVVETİ ÜZERİNE AKUT VE KRONİK ETKİLERİ

Tuğçe Nur ERDOĞMUŞ<sup>1\*</sup>, Dicle ARAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, ANKARA

**Öz:** Uyku öncesi protein alımı son yıllarda ilgi çekmeye başlayan bir konudur. Uykudan önce alınan proteinin, gece uykusu sırasında etkili bir şekilde sindirildiği ve emildiği, böylece gece boyunca kas protein sentez hızını artırdığı düşünülmektedir. Fiziksel olarak aktif bireyler ve sporcular fizyolojik adaptasyonlarını en üst düzeye çıkarmak ve performanslarını arttırmak istedikleri için, uyku öncesi protein alımının etkileri önemlidir. Bu derleme makalenin amacı, uyku öncesi protein alımının kas protein sentezi, kas kütlesi ve kuvveti üzerine yapılan güncel araştırmaları incelemek, akut ve kronik etkileri özetleyerek konuyla ilgili güncel ve derleyici bilgi sunmaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Protein sentezi, protein alımı, uyku, kas kütlesi, kas kuvveti, kas dayanıklılığı

### ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF PRE-SLEEP PROTEIN INTAKE ON MUSCLE PROTEIN SYNTHESIS, MASS AND STRENGTH

**Abstract:** Pre-sleep protein intake is a topic that has been studied frequently in the recent years. Protein taken before sleep is thought to be effectively digested and absorbed during nighttime sleep, thus increasing the muscle protein synthesis rate during the night. The effects of pre-sleep protein intake are substantial, as physically active individuals and athletes want to maximize their physiological adaptation and improve their performance. The purpose of the present review is to examine the current studies on muscle protein synthesis, muscle mass and strength of pre-sleep protein intake, and provide up-to-date and complementary information on the subject by summarizing the acute and chronic effects.

**Key Words:** Protein synthesis, protein intake, sleep, muscle mass, muscle strength, muscle endurance

## GİRİŞ

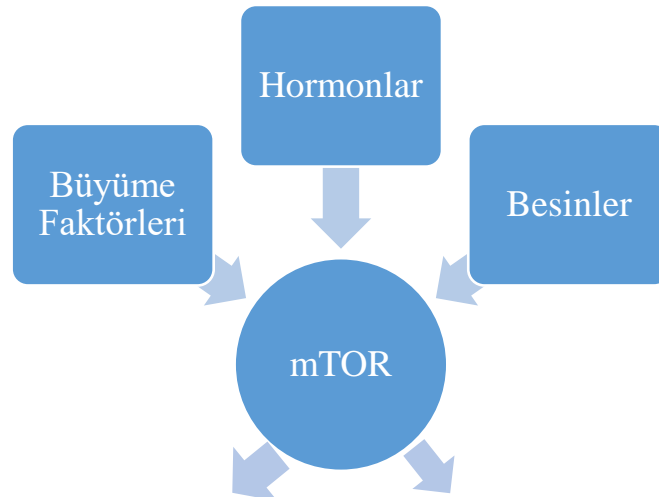
Egzersiz kas kütlesini, kas kuvvetini ve protein sentezini arttırmaktadır (Chen ve ark., 2017). İskelet kası, kas protein sentezi ve kas protein yıkımı gibi devamlı ve eşzamanlı döngüler yoluyla sürekli yeniden şekillenen elastik bir dokudur. Bu iki döngü arasındaki net denge, iskelet kasının toplam protein içeriğinin artmasını (hipertrofi) ya da azalmasını (atrofi) belirlemektedir (Moore ve ark., 2014). Kas kütlesinde büyüme, kasta net bir anabolizma olduğunda gerçekleşmektedir (Phillips, 1997). Başka bir deyişle, protein sentezi, protein yıkımından daha fazla ise (anabolizma), proteinler birikir ve kas kütlesi artar. Protein sentezi protein yıkımından daha az ise (katabolizma), kas kütlesinde kayıp meydana gelir. Bu durum, net protein dengesinden kaynaklanmaktadır (Deldicque ve Francaux, 2019). Kas dokusunun net protein dengesi, besin alınmadığında negatifte kalır (Phillips, 1997). Kas protein sentezini teşvik eden en önemli beslenme faktörlerinden biri tüketilen proteindir (Moore ve ark., 2014). Protein miktarı, kalitesi ve alım zamanı, kas protein dengesini düzenleyen ana faktörlerdir (Reis ve ark., 2020).

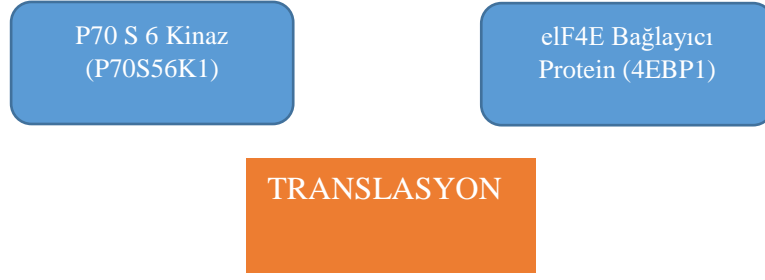
Uyku öncesi protein alımı son yıllarda ilgi çekmeye başlayan bir konudur. Bu makalede uyku öncesi protein alımının kas protein sentezi, kas kütlesi ve kuvveti üzerine yapılan güncel araştırmalar incelenmiş, akut ve kronik etkileri özetleyerek konuyla ilgili güncel ve derleyici bilgiler sunulmuştur. Bu nedenle ilk olarak kısaca, konunun fizyolojik temellerinin ve öneminin anlaşılabilmesi için, kas protein sentezi, protein kalitesi ve miktarından bahsedilecek ve uyku öncesi protein alımının protein sentezi, kas kütlesi ve kuvveti üzerine akut ve kronik etkilerini inceleyen araştırmalardan bahsedilecektir.

### Kas Protein Sentezi

Yorucu bir egzersiz sırasında genellikle kaslarda hasar oluşur ve bu hasar protein yıkımındaki artış yüzünden egzersizden sonra da devam edebilmektedir. Tam iyileşme için, protein yıkımını sınırlarken, protein sentezini başlatmak önemlidir (Ivy, 2004). Kas protein sentezi için yirmi aminoasidin yeterli miktarda bulunması gerekmektedir. Bunlardan dokuzu esansiyel aminoasittir, vücutta fizyolojik olarak yeterli miktarda üretilmemektedir. Dalı zincirli aminoasitler olan lösin, izolösin ve valin dokuz esansiyel aminoasidin üçüdür. Lösin aynı zamanda protein sentezi sürecine dâhil olan hücre içi sinyal yollarının bir düzenleyicisidir (Wolfe, 2017). Hücre içi sinyal yolları, beslenme ve hormonal durumu (insülin / IGF-I), enerji durumu ve aktiviteyi (AMP kinaz, fosfotidik asit) ve diğer çevresel stres araçları (glukokortikoidler, sitokinler) içeren çeşitli kimyasal sinyaller ile başlatılmaktadır (Anthony, 2016).

Karbonhidrat içeren veya içermeyen esansiyel aminoasitlerin alınmasının kas protein sentezini artırdığı gösterilmiştir (Fujita, 2007). Kas protein sentezindeki artışın mRNA translasyonunun başlama aşamasında kontrol edildiği görülmüştür (Anthony, 2016). Translasyonun başlaması, ribozomal kompleks birleşmesi ve hedef mRNA'nın bağlanması için gereken bir dizi olayı içermektedir. Çok sayıda başlatma faktörü ve sinyal molekülü, translasyonun başlamasını düzenlemektedir. mTOR proteini, translasyonun ana düzenleyicisidir. mTOR proteini iki protein kompleksi şeklindedir: mTORC1 ve mTORC2 (Drummond ve ark., 2009). Aktifleştirilmiş mTOR, eIF4E bağlayıcı proteinin (4EBP1) fosforilasyonunu indükleyerek (Diggle, 1996; Proud, 1997; von Manteuffel, 1996), p70 S6 kinazın fosforilasyonu ve aktivasyonu ile translasyonu (Proud, 1997; von Manteuffel, 1996) uyarılmaktadır. Besin ve aminoasit yokluğu p70 S6 kinazı inaktive ederek tam olarak anlaşılmayan bir mekanizma ile 4EBP1'in defosforilasyonunu teşvik etmektedir (Hara, 1998; Proud 2002) (Şekil 1). Besinler, özellikle dalı zincirli amino asitler, insülin / IGF-I-Akt'den bağımsız olarak mTORC1'i aktive ederler (Columbus, 2015; Duan, 2016). Aminoasitler bilinmeyen bir mekanizma ile mTOR'un fosforilasyonunu ve aktivasyonunu arttırmaktadır (Fujita ve ark., 2007). mTORC1, kas hipertrofisi ve kas protein sentezini uyarımda önemli bir rol oynamaktadır (Bodine, 2001).





**Şekil 1.** mTOR proteini besinler, hormonlar gibi kimyasal sinyaller ile uyarılmaktadır. Aktifleştirilmiş mTOR, 4EBP1 ve p70 S6 kinaz aracılığıyla translasyonu uyarmaktadır.

### **Protein Kalitesi**

Protein kalitesi, bir proteinin kas protein sentezini uyarma ve kas hipertrofisini teşvik etmede ne kadar etkili olduğunu göstermektedir (Lemon, 2000). Protein kalitesini belirlemek için, Kimyasal Skor, Protein Verimlilik Oranı, Biyolojik Değer, Protein Sindirilebilirliği-Düzeltilmiş Aminoasit Skoru (PDCAAS) ve Aminoasit Oksidasyonu Göstergesi (IAAO) gibi çeşitli yöntemler mevcuttur (Jager ve ark., 2017). Yüksek kaliteli bir protein, yüksek miktarda esansiyel amino asit (EAA) ve dallı zincirli amino asit (BCAA), özellikle proteinler için bir yapı bloğu olmasının yanı sıra kas protein sentezinde uyarıcı bir etkiye sahip olan lösin içerir (Tang, 2009; Tipton 1999).

### **Protein Çeşidi**

Protein hayvansal ve bitkisel birçok farklı kaynaktan sağlanabilmektedir. Hayvansal kaynaklar et, süt, yumurta vb. iken bitkisel kaynaklı olanlar ise tahıllar, baklagiller, tohumlar, kuru yemişler, sebzeler olabilmektedir (Benardot, 2006). Yumurta proteini (Moore, 2009), whey ve kazein proteini (Tipton, 2004), süt ve et proteini (Burd, 2015) ve soya proteini (Tang ve ark., 2009) gibi farklı protein kaynaklarının egzersiz sonrası kas protein sentezini uyardığı görülmüştür. Diyet proteinleri, aminoasit bileşimleri ve sindirim oranları açısından farklılık gösterdiği için (Moore ve ark. 2014) kas protein sentezini uyarma kapasiteleri de değişiklik göstermektedir (Trommelen ve van Loon, 2016). Örneğin hızlı sindirilen proteinler, whey (Boirie, 1997; Dangin, 2001; Dangin, 2003) ve soya (Bos, 2003) gibi, büyük ancak kısa süreli bir hiperaminoasidemi meydana getirerek bu durum vücut protein sentezini uyarmaktadır. Yavaş sindirilen proteinler, kazein (Boirie, 1997; Dangin, 2001; Dangin, 2003) ve süt (Fouillet, 2002) gibi, küçük ancak uzun süreli bir hiperaminoasidemi meydana getirerek vücut protein yıkımını engellemektedir (Burd ve ark., 2009).

Bir başka örnekte ise, süt proteininin soya proteinine kıyasla, direnç egzersizinden sonra daha fazla iskelet kası protein birikimini desteklediği görülmüştür (Wilkinson, 2007). Süt ve soya proteinlerinin metabolizmasındaki farklılığın sütün soyadan daha yavaş sindirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bos, 2003). Protein sindirim hızı, protein anabolizmasını düzenleyen bağımsız bir faktör olarak görünmektedir (Dangin, 2001). Bu nedenle, kas protein sentezini arttırmak için, whey gibi hızlı sindirilen, lösin açısından zengin protein kaynakları tüketilmelidir (Breen ve Churchward-Venne, 2012). Bu protein kaynaklarının karışımlarının da egzersiz sonrası kas protein sentezini desteklediği görülmüştür (Reidy ve ark., 2013).

### **Protein Miktarı**

Sporculara en yüksek kas protein sentezi için en uygun protein alımına ilişkin öneriler net değildir. Protein miktarı, sporcunun egzersiz hacmi, yaşı, vücut kompozisyonu, toplam enerji alımı ve antrenman durumu gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Genel öneriler, vücut ağırlığının kilogramı başına 0,25 g yüksek kaliteli protein veya günlük 20-40 g şeklindedir (Jager ve ark., 2017). Ancak bu miktar, özellikle spor dallarına göre farklılık göstermektedir. Bilindiği üzere sporcular; aktivitenin oluşturduğu doku hasarının yenilenmesi, aktivite sırasında ihtiyaç duyulan enerjinin bir miktarının proteinlerden karşılanması (özellikle de kas glikojen depoları boşaldığı zaman enerjinin % 5-15 oranında aminoasitlerden karşılanıyor olması) ve dayanıklılık aktivitelerinde az miktarda proteinin idrarla dışarı atılması gibi nedenlerden dolayı daha fazla proteine ihtiyaç duyarlar (Benardot, 2006). Bu nedenle kuvvet egzersizlerinde olduğu kadar dayanıklılık egzersizleri yapanların protein ihtiyaçları da fazla olmaktadır. Bu tür spor dallarında pozitif protein metabolizması için  $1,5 \text{ g.kg}^{-1}.\text{gün}^{-1}$  (Bucci, 2019) veya  $1,4 - 2 \text{ g.kg}^{-1}.\text{gün}^{-1}$  önerilmektedir (Jager ve ark., 2017).

### **Protein Alım Zamanı**

Alınan proteinin kalitesi, miktarı ve türüne ek olarak, protein alımının zamanlaması ve dağılımı da egzersiz sonrası kas protein sentezini değiştirmektedir. Toplam protein alımının üç ana öğüne eşit bir şekilde dağıtılması, kas protein sentezini, toplam protein alımının çoğunluğunun (>% 60) akşam öğününde tüketildiği dengesiz bir dağılıma göre daha etkili bir şekilde uyarmaktadır (Mamerow, 2014). Çalışmalar egzersiz öncesinde, egzersiz sırasında veya egzersiz sonrasında protein alımının kas protein sentezini uyardığını göstermiştir (Res ve ark., 2012). Egzersiz sonrası dönem genellikle besin zamanlamasının en kritik kısmı olarak kabul edilir (Aragon, 2013). Direnç egzersizi yapan bireylerde kas protein sentezinin, egzersiz sonrası protein alımı ile egzersiz öncesi alıma kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür (Drummond ve ark. 2009). Ancak mevcut veriler, kas protein sentezini maksimize etmek için ideal bir egzersiz sonrası zamanlamasına ilişkin tutarlı bir sonuç göstermemektedir (Aragon, 2013). Son yıllarda yapılan çalışmalarla, uyku öncesi protein alımının kas protein sentezini arttırmak için uygun bir yöntem olduğu görülmüştür (Saracino ve ark., 2020).

### **Uyku Öncesi Protein Alımı**

Uyku öncesi beslenme senelerdir yaygın olmasına rağmen, vücut kompozisyonu ve metabolizma üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle son zamanlarda dikkat çekmiştir. Uyku öncesi tüketilen öğünlerde yüksek kalorili, karbonhidrat - yağ açısından zengin makro besinlerin alımı, uyku öncesi yemenin olumsuz sonuçlarına yönelik çalışmaları arttırmıştır (Allman ve ark., 2020). Uykuya yakın saatlerde metabolik hız (Katayose, 2009) azaldığı için, geç saatlerde yiyecek tüketimi ile kilo alma potansiyeli bulunmaktadır. Bu yüzden, vücut ağırlığı düzenlemesi ile ilgilenen bireylerin uykuya yakın saatlerde yüksek enerji içeren besinleri tüketmemeleri önerilmiştir (Madzima ve ark., 2014).

Ancak fiziksel olarak aktif bireyler için durum böyle değildir. Fiziksel olarak aktif bireylerde uyku öncesi beslenmenin rolü büyük oranda keşfedilmemiştir ve sınırlı sayıda veri mevcuttur. Mevcut veriler ise, fiziksel olarak aktif bireylerin uykudan önce az miktarda, besleyici, yüksek proteinli bir içecek tüketmesinin avantajlı olabileceğini göstermektedir (Kinsey ve Ormsbee, 2015). Uyku öncesi protein alımı, iskelet kasının direnç egzersizi antrenmanına hem akut hem de uzun vadeli yanıtını uyarmak için etkili bir diyet stratejisidir (Res ve ark., 2012; Madzima ve ark., 2014). Uykudan önce alınan diyet proteininin mevcut etkilerinin, gece boyunca plazma aminoasit seviyesini arttırması ve bu artışın gece boyunca kas protein sentezini uyarması ile gerçekleştiği düşünülmektedir. Gece boyunca kas protein sentezinde ve ertesi sabah dinlenme metabolizmasında gerçekleşen kısa süreli artışların, vücut kompozisyonunun korunmasına ve

gelişmesine yardımcı olacağı, fiziksel olarak aktif bireylerde rekabet avantajı sağlayacağı varsayılmaktadır (Kinsey ve Ormsbee, 2015).

### **Uyku Öncesi Protein Alımının Kas Kütlesi ve Kuvveti Üzerine Etkileri**

Kas kütlesi ve kuvveti atletik performans (McGuigan, 2012) ve genel sağlık ve mortalite (Spahillari, 2016; Volaklis, 2015) ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, bu iki iskelet kası özelliğinin geliştirilmesi üst düzey sporculardan, antrenmansız yaşlı bireylere kadar her alanda esastır (Egan, 2013). İskelet kası hipertrofisi, kas boyutundaki artış olarak tanımlanmıştır. Kas boyutu, kas kütlesi ve / veya hacmi olarak açıklanmaktadır. Kuvvet ise çok yönlü bir beceridir (maksimal kuvvet, çabuk kuvvet, kuvvette devamlılık vb.) ve bir dış dirence karşı kuvvet üretme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Taber ve ark., 2019).

Uyku öncesi protein alımının kas üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkileri hakkında literatürde tam bir görüş birliği yoktur ve uyku öncesi protein alımının, gün içinde alınan proteine kıyasla daha faydalı olup olmadığı henüz belirlenmemiştir (Snijders ve ark., 2019). Kas protein sentezi ve performanstaki akut değişikliklerin, egzersizden saatler önce ve sonra beslenme yerine (Beelen 2008; Tipton, 2001), egzersize yakın zamanda beslenildiğinde (Cribb, 2006) optimize edildiği bilinmektedir. İlgili çekici ancak bilimsel destekten yoksun olan konu, uyku öncesi besin tüketiminin, fizyolojik adaptasyonları artırma potansiyeline sahip olup olmadığıdır (Kinsey ve Ormsbee, 2015). Uyku öncesi protein alımının, direnç egzersizi antrenmanı yapan genç erkeklerde iskelet kası kütlesi ve kuvvetini arttırdığı gösterilse de, bu durum yaşlı yetişkinlerde görülmemektedir (Snijders ve ark., 2019). Ancak yaşlı yetişkinlerde akşam yapılan fiziksel aktivite ile uyku öncesi protein alımının, gece boyunca kas proteininin sentezini arttırdığı ve bunun iskelet kası kütlesini korumaya yardımcı olabileceğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Holwerda ve ark., 2016).

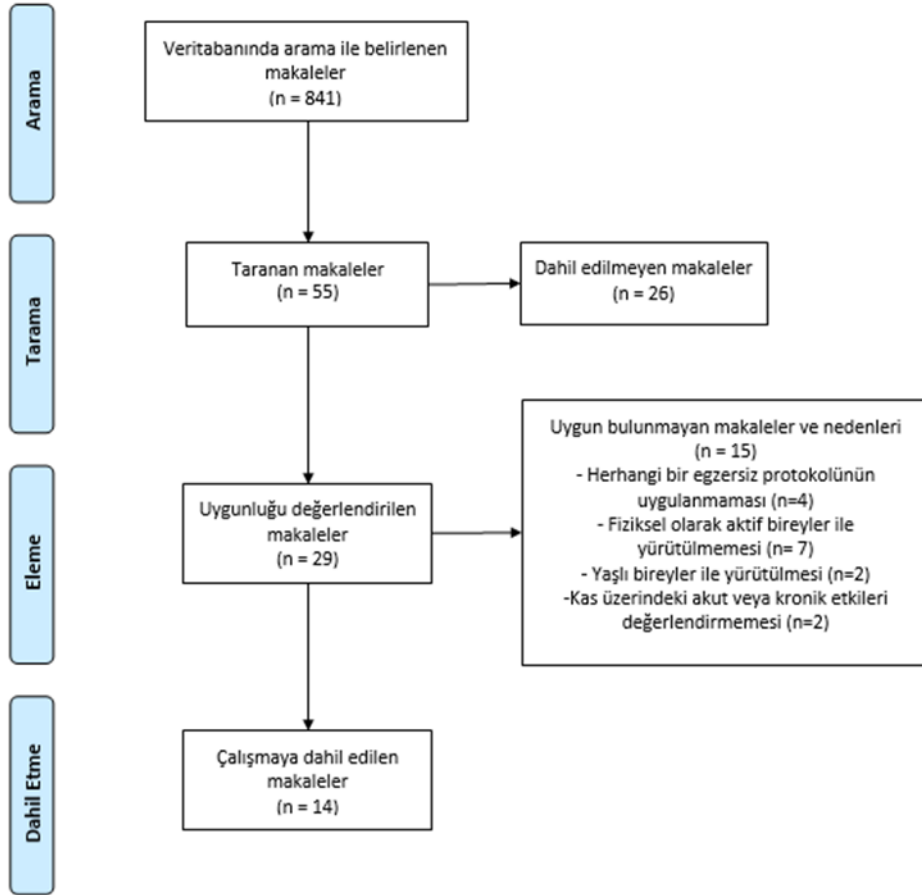
Fiziksel olarak aktif bireyler ve sporcular fizyolojik adaptasyonlarını en üst düzeye çıkarmak ve performanslarını arttırmak istedikleri için, uyku öncesi protein alımının etkileri önemlidir. Profesyonel futbolcular ile yapılan bir çalışmada, uykudan önce tüketilen 40 g kazein proteininin, gece oynanan bir futbol maçını izleyen 36 saatte kas fonksiyonunun iyileşmesini arttırdığı, aynı miktarda alınan karbonhidrata kıyasla daha hızlı yenilenme sağladığı görülmüştür (Abbott ve ark., 2019). Direnç egzersizi antrenmanı yapan aktif kadınlar ile yapılan bir çalışmada ise, farklı doz (24 ve 48 g) ve çeşitteki (whey ve kazein) proteinlerin uyku öncesi alımının etkileri incelenmiş ve yüksek doz kazeinin bazal metabolizma hızını arttırmada daha etkili olduğu görülmüştür (Madzima ve ark., 2018). Ancak araştırmalardan elde edilen sonuçlar farklılık göstermektedir. Örneğin direnç egzersizi antrenmanı yapan bireyler ile yapılan bir başka çalışmada, gece ve gündüz alınan kazein proteininin etkileri incelenmiştir ve performansta anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Reidy ve ark., 2013).

## **YÖNTEM**

### **Literatür Taraması**

Ocak 2021'de PubMed ve Web of Science veri tabanlarında sistematik bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Taramada, "pre-sleep (uyku öncesi) ve overnight (geceleyin) ve nighttime (gece vakti)" ve "muscle (kas)" ve "protein" anahtar sözcükleri ve kombinasyonları kullanılmıştır. Araştırmada gözden kaçmış olabilecek çalışmaları belirlemek için, seçilen makalelerin referansları da kontrol edilmiştir. Literatür taraması ile veri tabanlarında 841 çalışma tespit edilmiş, başlık ve özete göre yapılan ilk taramanın ardından 786 çalışma çıkarılmıştır. İkinci tarama ile yinelenen çalışmalar da çıkarılmış, 29 makalenin tam metni değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirme sonucu 15 çalışma, çalışmada herhangi bir egzersiz

protokolünün uygulanmaması (n= 4), çalışmanın fiziksel olarak aktif bireyler ile yürütülmemesi (n=7), çalışmanın yaşlı bireyler ile yürütülmesi (n=2) ve kas üzerindeki akut veya kronik etkileri değerlendirmemesi (n=2) nedenleriyle çıkarılmıştır. Çalışmaya uyku öncesi protein alımının kas protein sentezi, kas kütlesi veya kuvveti üzerine akut ya da kronik etkilerini değerlendiren, fiziksel olarak aktif yetişkin bireyler (18 yaşından büyük olanlar) ile yürütülen, herhangi bir egzersiz protokolünün uygulandığı çalışmalar dâhil edilmiştir. Sonuç olarak 14 makale çalışmaya alınmıştır. Makalelerin sekizi uyku öncesi protein alımının kas üzerindeki akut etkilerini değerlendirirken, altısı kronik etkileri incelemiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Akış şeması (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA).

## TARTIŞMA ve SONUÇ

### Uyku Öncesi Protein Alımının Kas Protein Sentezi, Kas Kütlesi ve Kuvveti Üzerine Akut Etkileri

Seçilen çalışmalarda uyku öncesi protein alımının kas üzerindeki akut etkilerini değerlendiren çalışmaların özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Uyku öncesi protein alımın kas kütlesi ve kuvveti, kas iyileşmesi, kas protein sentezi, ertesi sabah antrenman performansı gibi çeşitli özellikler üzerindeki akut etkileri konu alan çalışmaların sonuçları tutarsızlık göstermektedir. Abbott ve arkadaşları (2019), 23 yaş altı 10 profesyonel futbolcudan oluşan bir grup ile uykudan 30 dakika önce kazein proteini veya karbonhidrat alımının etkisini incelemiştir. Çalışmada futbolcuların normal antrenman programlarının dışında farklı bir program uygulanmamış ve diyetlerine müdahale edilmemiştir.

Her maç günü ve maçı takip eden iki gün (toplam 3 gün) besin alımlarını kaydetmeleri istenmiştir. Ayrıca test süresi boyunca toparlanma sürecinde herhangi bir yöntem kullanılmaları söylenmiştir. İyileşmeyi değerlendirmek için her maçtan önce ve futbol maçını izleyen 12, 36 ve 60. saatlerde yaylanarak sıçrama yüksekliği (counter movement jump, CMJ), reaktif kuvvet indeksi (RSI), kas ağrısı (MS) ölçülmüştür. Sonuç olarak, uykudan 30 dakika önce tüketilen 40 g kazein proteininin, futbol maçını izleyen 36. saatte kas iyileşmesini arttırdığı görülmüştür ( $p = 0,192$ ). Önceki çalışmalarla uyumlu olarak maçtan sonraki 2-3 gün içinde kas fonksiyonu azalmıştır ancak yaylanarak sıçrama ve reaktif kuvvet indeksi gibi performans özellikleri kazein tüketen grupta daha hızlı iyileşmiştir. Araştırmacılar mevcut sonuçların, protein alımının kas protein sentezi üzerindeki etkisini ve bu sentezin de kasların iyileşmesini sağlamasını göz önünde bulundurarak, protein alım zamanlaması ile değil, yüksek protein alımı nedeniyle olduğunu varsaymıştır.

Bu sonuçlar, Apweiler ve arkadaşları (2018) ve Saracino, Saylor ve arkadaşlarının (2020) çalışması ile farklılık göstermektedir. Her iki çalışmada da eksantrik egzersiz protokolü uygulanmıştır. Apweiler, Wallace ve arkadaşları, fiziksel olarak aktif kadın ve erkek katılımcıların, uykudan 30 dk önce 40 g kazein proteini veya 40 g karbonhidrat alımının kas hasarındaki iyileşme üzerine etkisini incelemiştir. Kas hasarı oluşması için, her bir katılımcı art arda üç sabah 07.30 ile 09.00 saatleri arasında, 60 cm yükseklikteki kutudan 100 derinlik sıçrama (drop jump-DJ) ardından dikey sıçrama gerçekleştirmiştir. Diyetlerine müdahale edilmemiştir. Basınç ağrı eşiği algometre, kas ağrısı görsel analog skala (VAS), maksimum izometrik kasılma gerinim ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada kas protein sentezi ve protein döngüsü ölçülmemiştir. Sonuç olarak uyku öncesi protein alımının, egzersizi takip eden 48 saat içinde kas iyileşmesine etkisi olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Araştırmacılar, sabah yapılan ve kas hasarına neden olan bir egzersizi izleyen 24 saat içinde, 1,5 g/kg protein alımının akut fonksiyonel iyileşmeyi en üst düzeye çıkarmak için yeterli olduğunu ve uyku öncesi kazein proteini alımının daha fazla fayda sağlamadığını düşünmektedir.

Saracino ve arkadaşları (2020), çalışmalarını 40-64 yaşlarındaki 27 erkek katılımcı ile yürütmüştür. Araştırmacılar, whey proteini ve bitkisel protein birleşiminin kas iyileşmesi üzerinde etkisini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Katılımcılar, uykudan 30 dk önce whey izolat ( $n = 6$ ), whey hidrolizat ( $n = 9$ ), pirinç-bezelye birleşimi ( $n = 6$ ) ve plasebo alanlar ( $n = 6$ ) olarak rastgele dört gruba ayrılmıştır. Çalışma 6 seanstan oluşmuştur. İlk iki seans alıştırmaya yapılmış ve temel ölçümler alınmıştır. 3. seansta maksimum eksantrik egzersiz programı gerçekleştirilmiştir. Eksantrik egzersiz programını takip eden 24. saatin ölçümleri 4. Seansta, 48. saatin ölçümleri 5. Seansta, 72. saatin ölçümleri 6. seansta alınmıştır. Kas işlevi için 5 kez (önce, sonra, 24.saat, 48.saat, 72.saat), kan değişkenleri için 7 kez (önce, sonra, 4. saat, 6. saat, 24. saat, 48. saat, 72. saat) ve kas ağrısı ve uyluk çevresi için 4 kez (önce, 24. saat, 48. saat, 72. saat) ölçüm alınmıştır. Çalışma süresinde diyet standardize edilmiştir (%15 protein, %55 karbonhidrat, %30 yağ). Sonuç olarak uyku öncesi protein alımının, egzersizi takip eden 72 saat içinde kas iyileşmesine etkisi olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Whey proteini ve bitkisel protein birleşimi arasında fark bulunmamıştır. Araştırmacılar, yaşlanma ile kas hasarı ve protein alımına verilen yanıtın değişmesi nedeniyle genç bireylerde görülen pozitif etkilerin daha yaşlı nüfusta görülmediğini düşünmüştür.

Kas protein sentezi ve protein dengesi üzerine etkileri inceleyen çalışmalar da çelişkili sonuçlar ortaya koymuştur. Res ve arkadaşları (2012), direnç antrenmanının ardındaki toparlanma döneminde uykudan 30 dk önce alınan proteinin, protein emilimi, sindirimi ve protein metabolizması üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmaya 20-24 yaş aralığında fiziksel olarak aktif 16 katılımcı alınmıştır. Katılımcılar uykudan 30 dk önce 40 g kazein proteini alanlar ve



plasebo alanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Diyet testten önceki akşam ve deney günü boyunca standardize edilmiştir (%13 protein, %57 karbonhidrat, %30 yağ). Her iki gruba da tek bir direnç egzersizi protokolü uygulanmış, direnç egzersizinden hemen sonra 20 g protein ve 60 g karbonhidrat almaları sağlanmıştır. Antrenmandan sonraki saatten başlayarak 12 saat boyunca arter kan örneği alınmıştır. Aynı zamanda uyku öncesi ve sonrası kas biyopsisi örneği alınmıştır. Çalışma sonunda, uykudan hemen önce alınan proteinin etkili bir şekilde sindirildiği ve emildiği, böylece kas protein sentezini uyardığı ve egzersiz sonrası toparlanma döneminde gece boyunca tüm vücut protein dengesini iyileştirdiği görülmüştür.

Ancak Trommelen ve arkadaşları (2018) bir başka çalışmada tam tersi sonuçlar elde etmiştir. Çalışmaya fiziksel olarak aktif 36 genç erkek alınmıştır. Katılımcılar uykudan hemen önce 30 g kazein proteini alanlar, 30 g kazein proteini ile 2 g kristalize lösin alanlar ve plasebo alanlar olarak rastgele üç gruba ayrılmıştır. Her gruptan aşırı fiziksel egzersizden kaçınmaları ve testten 2 gün öncesinden itibaren diyetlerini mümkün olduğu kadar standart tutmaları istenmiştir. Test günü diyetleri standardize edilmiştir (%13 protein, %62 karbonhidrat, %22 yağ). Test günü 19.45-20.45 saatleri arasında tek tip direnç egzersizi yapılmış ve katılımcıların hepsi egzersizden hemen sonra 20 g protein ve 45 g karbonhidrat almışlardır. Egzersiz protokolünü, 15 dk tempolu bisiklet, 6 x 10 yatay bacak pres ve 6 x 10 bacak ekstansiyonu oluşturmaktadır. Kas protein sentezi, izotropik izleyici kullanılarak ölçülmüştür. Spesifik proteinler, antikorlar ile gece boyunca inkübasyon yoluyla tespit edilmiştir (anti-mTOR, anti-P70S6K, anti-RS6). Çalışma sonucunda, vücut protein dengesinde iyileşme olsa da ( $p < 0,001$ ), kas protein sentezi, açlık-susama hissi ve ertesi sabah mTOR, P70S6K, RS6 aktivasyonunda değişiklik görülmemiştir ( $p > 0,05$ ). Bu sonucun önceki protein alımı ile kas protein sentez hızının 1-3 saat içinde başlangıç seviyesine dönmesi ya da kas protein sentezinin aksine miyofibriler ölçümden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Larsen ve arkadaşlarının (2019) çalışması da benzer bir sonuç ortaya koymuştur. Çalışmada uykudan önce alınan proteinin kas hasarı ve performans üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmaya 32 tecrübeli erkek koşucu alınmıştır. Araştırmacılar çalışmaya, östrojenin kas hasarı oluşturan egzersizin ardından serum kreatin kinaz seviyesini azaltabileceğini düşünerek kadın koşucu almamıştır. Katılımcılar uykudan hemen önce 0,5 g x kg whey izolat veya maltodekstrin içeren içeceği tüketenler olarak rastgele iki gruba ayrılmıştır. Çalışma boyunca diyet standardize edilmiştir. Gece sekizden sonra yalnızca su ve deney içeceği tüketilmesine izin verilmiştir. Sabah ve öğleden sonra iki kez olacak şekilde, 11 dayanıklılık antrenmanı seansı uygulanmıştır. Çalışmaya katılmadan önce, çalışmanın birinci günü ve sekizinci günü olmak üzere toplamda üç kez 5 km koşu testi yapılmıştır. 1, 4, 7 ve 8. gün sabahları kan örnekleri alınarak kas hasarı analiz edilmiştir (Kreatin kinaz, laktat dehidrogenaz, miyogloblin). Sonuç olarak, koşucuların motivasyonu, performansı ve kas hasarı üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki görülmemiştir.

Koşucularla yapılan bir başka çalışmada Ormsbee ve arkadaşları (2016) koşucu ve triatletlerden oluşan katılımcılarda, uykudan 30 dk önce alınan proteinin koşu performansı, metabolizma ve hidrasyon durumuna etkilerini gözlemlemişlerdir. Çalışmaya 20-40 yaşlarındaki 12 kadın koşucu ve triatlet alınmıştır. Katılımcılar uykudan 30 dk önce çikolatalı süt aracılığıyla süt proteini alanlar ve plasebo alanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Çalışma süresince koşucuların egzersiz programlarına ve diyetlerine müdahale edilmemiştir. Bir alıştırmaya ve iki test seansı olmak üzere toplam üç egzersiz seansı gerçekleştirilmiştir. Seanslar arasında toparlanmayı sağlamak için 72 saat beklenmiştir. Dinlenme oksijen tüketimini ve solunum değişim oranını (RER) değerlendirmek için metabolik başlık sistemi kullanılmıştır. Hidrasyon idrar çıkışı ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, süt proteini ertesi sabah bazal metabolizma hızı, oksijen



tüketimi ve karbonhidrat oksidasyonunu arttırmıştır ancak koşu performansında gelişme sağlamamıştır.

Uykudan önce alınan protein çeşidinin etkisini karşılaştıran bu çalışmaların yanında, Madzima ve arkadaşları (2018) hem protein çeşidi hem protein dozunun etkisi konu alan bir çalışma yürütmüştür. Çalışmaya 20-30 yaşlarındaki 9 kadın alınmıştır. Katılımcılar uykudan 30 dk önce, 24 g whey proteini alanlar, 24 g kazein proteini alanlar, 48 g whey proteini alanlar, 48 g kazein proteini alanlar ve plasebo alanlar olarak beş gruba ayrılmıştır. Çalışma 5 seanstan oluşmuştur. İlk seansta alıştırmaya yapılmış ve temel ölçümler alınmıştır. Diğer seanslarda metabolik test ve direnç antrenmanı testi uygulanmıştır. Direnç antrenmanı testinde, göğüs pres, bacak pres, aşağı çekme egzersizi, omuz pres, bacak ekstansiyon, bacak bükme hareketleri 2 x 10 şeklinde yapılmıştır. Ertesi sabah bazal metabolizma hızı indirekt kalorimetre ile ölçülmüştür. Sonuçlar, yalnızca 48 g kazein tüketiminin, ertesi sabah bazal metabolizma hızında bir artış sağladığını ancak antrenman performansında anlamlı bir değişiklik oluşturmadığını göstermiştir. Ek olarak, 48 g kazein alımı ile 48 g whey alımına kıyasla, daha yüksek yağ oksidasyonu görülse de, 24 g kazein alımı ile 24 g whey alımı kıyaslanınca sonuçlar tam tersidir. Araştırmacılar bu sonucu, yüksek dozlarda alınan kazein proteininin yağ oksidasyonunu whey proteininden daha fazla arttırabilmesine ve kazein proteininin whey proteinine göre yavaş sindirilmesi ile insülin tepkisine neden olabilmesine bağlamıştır.

**Tablo 1.** Uyku öncesi protein alımının akut etkileri üzerine yapılan çalışmalar.

Çalışma	Araştırma grubu	Araştırma Yöntemi	Sonuç
<b>Abbott ve ark., 2019</b>	10 profesyonel futbolcu	- Uykudan 30 dk önce alınan kazein proteininin kas hasarı üzerine etkisi incelenmiştir. - 40 g kazein veya 40 g karbonhidrat alan 2 gruba ayrılmıştır. - Mevcut antrenmanları uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Futbol maçından sonraki 36. saatte kas iyileşmesi artmıştır.
<b>Apweiler ve ark., 2018</b>	39 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Uykudan 30 dk önce alınan kazein proteininin kas hasarı üzerine etkisi incelenmiştir. - 40 g kazein veya 40 g maltodekstrin alan 2 gruba ayrılmıştır. - Eksantrik egzersiz programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Egzersizli takip eden 48 saat içinde kas iyileşmesi değişmemiştir.
<b>Larsen ve ark., 2019</b>	32 koşucu	- Uykudan hemen önce alınan proteinin kas hasarı ve performans üzerine etkileri incelenmiştir. - 0,5 g x kg whey izolat veya maltodekstrin içeren içeceği tüketenler olarak rastgele iki gruba ayrılmıştır. - Direnç antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Koşucuların motivasyonu, performansı ve kas iyileşmesi değişmemiştir.
<b>Madzima, Melonson ve ark., 2018</b>	9 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Uykudan 30 dk önce alınan çeşitli proteinlerin, ertesi sabah bazal metabolizma hızı ve performans üzerine etkileri incelenmiştir. - 24 g whey proteini alanlar, 24 g kazein proteini alanlar, 48 g whey proteini alanlar, 48 g kazein proteini alanlar ve plasebo alanlar olarak beş gruba ayrılmıştır. - Direnç antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	-Sadece 48 g kazein alımı ertesi sabah bazal metabolizma hızını artmıştır. -Performans değişmemiştir.
<b>Ormsbee ve ark., 2016</b>	12 koşucu ve triatlet	- Uykudan 30 dk önce alınan proteinin koşu performansı, metabolizma ve hidrasyon durumuna etkilerini incelemiştir. - Süt proteini alanlar ve plasebo alanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. - 10 km koşu bandında koşu gerçekleştirmişlerdir. - Diyet standardize edilmemiştir.	-Ertesi sabah bazal metabolizma hızı, oksijen tüketimi ve karbonhidrat oksidasyonu artmıştır. -Performans değişmemiştir.
<b>Saracino ve ark., 2020</b>	27 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Uykudan 30 dk önce alınan whey proteini ve bitkisel protein birleşiminin kas iyileşmesi üzerinde etkisi incelenmiştir. - Whey izolat, whey hidrolizat, pirinç-bezelye birleşimi ve plasebo alanlar olarak rastgele dört gruba ayrılmıştır. - Eksantrik egzersiz programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Egzersizli takip eden 72 saat içinde kas iyileşmesi değişmemiştir.

<b>Res ve ark., 2012</b>	16 fiziksel olarak aktif katılımcı	<ul style="list-style-type: none"><li>- Uykudan 30 dk önce alınan proteinin, protein sindirimi ve emilimi üzerindeki etkisini ve egzersiz sonrası toparlanma döneminde protein metabolizması incelenmiştir.</li><li>- 40 g kazein proteini alanlar veya plasebo alanlar olarak ikiye ayrılmıştır.</li><li>- Direnç antrenmanı programı uygulanmıştır.</li><li>- Diyet standardize edilmiştir.</li></ul>	Kas protein sentezi ve egzersiz sonrası toparlanma tüm vücut protein dengesi artmıştır.
<b>Trommelen ve ark., 2018</b>	36 fiziksel olarak aktif katılımcı	<ul style="list-style-type: none"><li>- Uykudan 30 dk önce alınan serbest lösin içeren ve içermeyen kazein proteininin egzersiz sonrası miyofibriler protein sentezi üzerine etkisi incelenmiştir.</li><li>- 30 g kazein proteini alanlar, 30 g kazein proteini ile 2 g kristalize lösin alanlar ve plasebo alanlar olarak rastgele üç gruba ayrılmıştır.</li><li>- Direnç antrenmanı programı uygulanmıştır.</li><li>- Diyet standardize edilmiştir.</li></ul>	Kas protein sentezi, açlık-susama hissi ve ertesi sabah mTOR, P70S6K, RS6 aktivasyonu değişmemiştir.

## Uyku Öncesi Protein Alımının Kas Protein Sentezi, Kas Kütlesi ve Kuvveti Üzerine Kronik Etkileri

Uyku öncesi protein alımının kas üzerindeki kronik etkilerini değerlendiren çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir.

Uyku öncesi protein alımının kas kütlesi, kas kuvveti ve performans üzerindeki kronik etkilerini inceleyen çalışmalar da farklılık göstermektedir. Snijders ve arkadaşları (2015), 20-25 yaşlarındaki fiziksel olarak aktif 44 erkek ile 12 hafta süren direnç egzersizi protokolü uygulamıştır. Katılımcıların 41’i çalışmayı tamamlamıştır. Katılımcılar uykudan hemen önce 27,5 g kazein proteini, 15 g karbonhidrat, 0,1 g yağ içeren bir protein takviyesi alan grup ve plasebo alan kontrol grubu olarak rastgele ikiye ayrılmıştır. Tüm katılımcıların antrenman gününden önceki akşam yemeği standardize edilmiştir. Ayrıca antrenman seansından hemen sonra bir peynirli sandviç, bir elma ve bir kalorisiz içecek tüketmişlerdir (37 g karbonhidrat, 10 g protein, 9 g yağ). Bunların dışında program boyunca diyetleri ve fiziksel aktiviteleri standardize edilmemiş, mevcut düzenlerine devam etmişlerdir. Direnç antrenmanı haftada 3 kez 12 hafta boyunca gerçekleştirilmiştir. Bisiklet ergometresinde 5 dk bir ısınmanın ardından 4 set bacak pres ve bacak ekstansiyon ile 2 set göğüs pres ve kürek çekme ya da 2 set aşağı çekme ve omuz pres uygulanmıştır. Her seans, bisiklet ergometresinde 5 dk soğuma ile sona ermiştir. Set tekrarları 10-15 tekrarla başlamış 8-10 tekrar ile devam etmiştir. Kas hipertrofisi, egzersizden önce ve sonra, tüm vücut (çift enerjili x-ışını absorpsiyometrisi), uzuv (bilgisayarlı tomografi taraması) ve kas lifi (kas biyopsisi örneği) ile değerlendirilmiştir. Kas kuvveti, 1 tekrarlı maksimum kuvvet testi ile düzenli olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, 27,5 g kazein proteini alan grupta, kontrol grubuna göre, kuadriceps kası kütlesi ve kuvveti, kas lifi boyutu (özellikle tip 2), bacak kuvveti ve tüm vücut yağsız kütlelerinin arttığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). Araştırmacılar literatürdeki tutarsızlığın araştırma tasarımındaki farklılıktan kaynaklandığını ve mevcut çalışmanın sonuçlarını seçilen protein takviyesinin türü, dozu ve zamanlamasının oluşturduğunu düşünmektedir.

Knuiman ve arkadaşları (2019), genç erkeklerden oluşan bir grup ile haftada 3 seanstan oluşan 10 haftalık dayanıklılık antrenmanı gerçekleştirmiştir. Katılımcılar egzersiz yapılan günlerde egzersizden hemen sonra ve haftanın her günü uykudan önce, kazein proteini alan protein grubu ve izokalorik karbonhidrat alan kontrol grubu olarak rastgele iki gruba ayrılmıştır. Tüm katılımcıların antrenman gününden önceki akşam yemeği standardize edilmiş (%15 protein, %55 karbonhidrat, %30 yağ) ve antrenmandan önceki 72 saat fiziksel aktiviteden kaçınmışlardır. Bunun dışında program boyunca diyetleri ve fiziksel aktiviteleri standardize edilmemiş, mevcut düzenlerine devam etmişlerdir. Dayanıklılık antrenmanı, 10 dk ısınmanın ardından 10 km zamana karşı yarış bisikleti ergometresi kullanılarak yapılmıştır. Her seans, bisiklet ergometresinde 10 dk soğuma ile sona ermiştir. Kas dayanıklılığı, izokinetik dinamometre ve vücut kompozisyonu çift enerjili x-ışını absorpsiyometrisi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kontrol grubuna kıyasla protein grubunda maksimal oksijen tüketim kapasitesinin önemli ölçüde arttığını gösterse de performans her iki grupta da benzer şekilde artmıştır. Protein takviyesinin maksimal oksijen tüketim kapasitesini artırma mekanizması, kardiyovasküler ve kas-iskelet sistemindeki adaptasyonlar ile açıklanmaktadır. Protein grubunda maksimal oksijen tüketim kapasitesinin artışına yağsız kütle artışı eşlik etmiştir ancak yağsız kütle kontrol grubunda değişmeden kalmıştır. Yağsız kütle, maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_{2\max}$ ) ile ilişkilendirilmiştir.

Benzer bir çalışmayı Jonvik ve arkadaşları (2019) da gerçekleştirmiştir. Çalışmaya 18-40 yaşlarındaki 60 erkek alınmış, 56’sı çalışmayı tamamlamıştır. Katılımcılar protein takviyesi

alanlar (28,7 g kazein, 0,3 g yağ, 2,6 g karbonhidrat) ve izokalorik plasebo alanlar (0,6 g protein, 2,4 g yağ, 25,8 g karbonhidrat) olarak rastgele iki gruba ayrılmıştır. Takviyeler egzersizden hemen sonra ve uykudan 15 dk önce alınmıştır. Ayrıca tüm katılımcılar egzersizden hemen sonra karbonhidrat açısından zengin atıştırılmalık (27,0-36,3 g karbonhidrat, 1,3-1,7 g protein, 0,4-0,9 g yağ) tüketmiştir. Bunun dışında program boyunca diyet standardize edilmemiş, mevcut düzenlerine devam etmişlerdir. Dayanıklılık antrenmanı 12 hafta boyunca haftada 3 gün bisiklet ergometresi kullanılarak yapılmıştır. Kas dayanıklılığı, izokinetik dinamometre ve vücut kompozisyonu çift enerjili x-ışını absorpsiyometrisi ile değerlendirilmiştir. Maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_{2\ max}$ ), güç çıkışı ( $W_{\max}$ ) ve kalp atış hızı ( $HR_{\max}$ ), manyetik bisiklet ergometresindeki testler ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, bacak yağsız kütlesi ve diz fleksör ve ekstansörlerinin maksimal izokinetik kuvvetinde önemli ölçüde artış görülmüş, bu sonucun antrenmandan kaynaklandığını düşünülmüştür. Sonuç olarak, maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_{2\ max}$ ) ve egzersiz performansında gelişmeler görülse de gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Joy ve arkadaşları çalışmasında (2018) direnç antrenmanı yapan bireylerde gün içinde alınan protein ile uykudan kısa bir süre önce alınan proteini karşılaştırmıştır. Çalışmaya 18-25 yaşlarındaki erkekler alınmıştır. Fiziksel olarak aktif 13 katılımcı, gündüze ve gece olarak iki gruba ayrılmıştır. Gündüz grubu, geceleri uykudan hemen önce 35 g maltodekstrin ve günün erken saatlerinde 35 g kazein proteini almıştır. Gece grubu, uykudan hemen önce 35 g kazein proteini ve günün erken saatlerinde 35 g maltodekstrin almıştır. 35 g kazein proteini 1 porsiyonda 35 g protein, <0,5 g yağ, <0,5 g laktoz içermektedir. 35 g maltodekstrin 1 porsiyonda 35 g karbonhidrat, <0,5 g yağ, <0,5 g protein içermektedir. Her iki grup da egzersiz sonrası 25 g whey proteini almıştır. Diyet, % 20 protein, % 52 karbonhidrat ve % 28 yağ olacak şekilde standardize edilmiştir. Direnç antrenmanı 10 hafta boyunca haftada 4 gün yapılmıştır. 2 gün hipertrofi, 2 gün kuvvet egzersizleri yapılmıştır. Yağ yüzdesi, yağ hacmi, ağırlık DEXA, kas kesit alanı ultrasonografi, kas kuvveti, 1 tekrarlı maksimum kuvvet testi ile düzenli olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak gruplar arasında antrenman hacmi, vücut kompozisyonu, kuvvet ve kas kesit alanı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Araştırmacılar, çalışmada yavaş sindirilen bir protein olan kazeinin kullanılmasının sonuçları etkilemiş olabileceğini düşünmektedir. Ayrıca, gündüz alınan kazeinin hiperaminoasidemiye etkisinin de buna neden olabileceği varsayılmıştır.

Benzer bir çalışmayı Antonio ve arkadaşları (2017) da gerçekleştirmiş, benzer sonuçları bulunmuştur. Çalışmaya 18-40 yaşlarındaki, bir yıldan fazla süredir, haftada 3 seanstan fazla direnç antrenmanı yapan 18 katılımcı ve 5 yıldan fazla antrenman geçmişi olan 8 katılımcı olmak üzere, toplam 26 antrenmanlı kadın ve erkek gönüllü alınmıştır. Katılımcılar gündüz ve akşam grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Gündüz grubu, öğle saat 12'den önce 54 g kazein proteini almıştır. Akşam grubu ise uykudan en fazla 90 dk önce 54 g kazein proteini almıştır. Günlük protein alımını önemli ölçüde arttıracığı için 54 gramlık doz seçilmiştir. Katılımcılara program boyunca normal antrenman programlarının dışında farklı bir program uygulanmamış ve katılımcıların diyetlerine müdahale edilmemiştir. Çalışma sekiz hafta sürmüştür. Sonuç olarak, gündüz ya da akşam 54 gram kazein proteini alımının vücut kompozisyonu, yağ kütlesi ve egzersiz performansı üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir. Sonuçların antrenman programının kontrol edilememesi, veri eksikliği ve çalışmanın kazeinin etkisini tam olarak belirlemek için uygun bir çalışma olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırmacılar tecrübeli bireylerde arttırılmış protein alımına yönelik bir diyet müdahalesinin antrenman değişikliği olmadan etkili olmayacağını düşünmektedir.

Vangsoe ve arkadaşları (2018), bu alanda yeni bir pencere açmış ve egzersizden sonra ve uykudan önce alınan böcek proteininin potansiyel etkilerini incelemiştir. 18-30 yaşlarındaki 18 genç erkek, sekiz hafta boyunca, haftada dört gün direnç antrenmanı yapmıştır. Katılımcılar, antrenmandan sonra 1 saat içinde ve antrenman günlerinde uykudan hemen önce, günde iki kez olmak üzere böcek proteini izolatu tüketen grup ve izokalorik karbonhidrat takviyesi tüketen grup olarak iki gruba ayrılmıştır. Program boyunca diyet standardize edilmemiş, mevcut düzenlerine devam etmişlerdir. Her antrenman seansından önce 5-10 dk hafif aerobik egzersiz ile ısınma yapılmıştır. Her hafta iki alt vücut, iki üst vücut antrenman seansından oluşmaktadır. Üst vücut ve alt vücut seansları arasında en az 48 saat ara bulunmaktadır. Alt vücut egzersizlerini, eğimli bacak pres, diz ekstansiyon, bacak bükme ve baldır kaldırma oluşturmaktadır. Üst vücut egzersizlerini, bench pres, telde sıkıştırma, aşağı çekme, oturarak kürek çekme, biceps bükme, triceps ekstansiyonu ve ayakta karın egzersizi oluşturmaktadır. Sekiz haftanın sonunda yağsız ve kemiksiz kütle ve kas kuvvetinde anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p < 0,05$ ). Araştırmacılar mevcut sonuçların, enerji dengesindeki gruplar arası farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşünmektedir. Ek olarak diyetin standardize edilmemesi ve egzersiz kontrolünün yapılmamasının etkileri de göz önünde bulundurulmuştur.

**Tablo 2.** Uyku öncesi protein alımının kronik etkileri üzerine yapılan çalışmalar.

Çalışma	Araştırma grubu	Araştırma Yöntemi	Sonuç
Joy ve ark., 2018	13 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Günün erken saatlerinde ve uykudan 30 dk önce tüketilen kazein proteininin vücut kompozisyonu, kas kuvveti ve kas hipertrofisine etkileri incelenmiştir. - Uykudan hemen önce 35 g maltodekstrin ve günün erken saatlerinde 35 g kazein proteini gündüz grubu ve uykudan hemen önce 35 g kazein proteini ve günün erken saatlerinde 35 g maltodekstrin alan gece grubu olarak ikiye ayrılmıştır. - 10 hafta boyunca direnç antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmiştir.	Vücut kompozisyonu, kuvvet ve kas kesit alanı değişmemiştir.
Knuiman ve ark., 2019	44 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Egzersizden sonra ve uykudan önce alınan protein desteğinin, maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_2 \max$ ) ve egzersiz performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. - 28,7 g kazein proteini alan protein grubu ve izokalorik karbonhidrat alan kontrol grubu olarak iki gruba ayrılmıştır. - 10 hafta boyunca dayanıklılık antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmiştir.	Maksimal oksijen tüketim kapasitesi ve yağsız kütle artmıştır.
Antonio ve ark., 2017	26 antrenmanlı katılımcı	- Sabah ve akşam saatlerinde alınan kazein proteininin vücut kompozisyonu ve egzersiz performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. - Öğle saat 12'den önce 54 g kazein alan gündüz grubu ve uykudan önce 54 g kazein alan akşam grubu olarak ikiye ayrılmıştır. - 8 hafta boyunca mevcut antrenmanları uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Vücut kompozisyonu, yağ kütlesi ve egzersiz performansı değişmemiştir.
Snijders ve ark., 2015	44 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Uykudan hemen önce alınan kazein proteininin kas kütlesi ve kuvvetine etkileri incelenmiştir. - 27,5 g kazein proteini alan grup ve plasebo alan kontrol grubu olarak rastgele ikiye ayrılmıştır. - 12 hafta boyunca direnç antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Kuadriceps kası kütlesi ve kuvveti, kas lifi boyutu, bacak kuvveti ve tüm vücut yağsız kütlesi artmıştır.
Vangsoe ve ark., 2018	18 antrenmanlı katılımcı	- Böcek proteininin kas hipertrofisi ve kuvvetine potansiyel etkileri incelenmiştir. - Egzersizden 1 saat sonra ve uykudan önce böcek proteini izolatu tüketen grup ve izokalorik karbonhidrat takviyesi tüketen grup olarak iki gruba ayrılmıştır. - 8 hafta boyunca direnç antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Yağsız ve kemiksiz kütle ve kas kuvveti değişmemiştir.
Jonvik ve ark., 2019	60 fiziksel olarak aktif katılımcı	- Egzersizden hemen sonra ve uykudan 15 dk önce alınan protein desteğinin maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_2 \max$ ) ve egzersiz performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. - Katılımcılar protein takviyesi alanlar (28,7 g kazein, 0,3 g yağ, 2,6 g karbonhidrat) ve izokalorik plasebo alanlar (0,6 g protein, 2,4 g yağ, 25,8 g karbonhidrat) olarak rastgele iki gruba ayrılmıştır. - 12 hafta boyunca dayanıklılık antrenmanı programı uygulanmıştır. - Diyet standardize edilmemiştir.	Maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_2 \max$ ) ve egzersiz performansı değişmemiştir.



## ÖNERİLER

Mevcut sonuçlara göre uykudan 30 dk önce alınan 25-50 g proteinin, gece uykusu sırasında etkili bir şekilde sindirildiği ve emildiği, böylece gece boyunca kas protein sentez hızını artırdığı ve egzersiz sonrası toparlanma döneminde gece boyunca tüm vücut protein dengesini iyileştirdiği görülmüştür (Res ve ark., 2012). Ertesi sabah bazal metabolizma hızı, yağ ve karbonhidrat oksidasyonu ve maksimal oksijen tüketiminde artış görülse de performans üzerinde gelişme sağlamamıştır (Knuiman ve ark., 2019; Madzima ve ark., 2018; Ormsbee ve ark., 2016). Bazı çalışmalarda kas kütlesi ve kuvveti, kas lifi boyutu ve tüm vücut yağsız kütesinin arttığı bulunmuştur (Snijders ve ark., 2015). Egzersiz sonrası kas hasarı üzerinde olumlu etkiler görülmüştür (Abbott ve ark., 2019). Çalışmaların büyük bir kısmı direnç antrenmanı programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle dayanıklılık antrenmanı ile alınan uyku öncesi proteinin, kas üzerindeki etkilerini anlamak için yapılan az sayıdaki çalışmanın (Jonvik ve ark., 2019; Knuiman ve ark., 2019) artmasına ihtiyaç vardır.

Kazein proteini tüketilen çalışmalarda (Abbott ve ark., 2019; Knuiman ve ark., 2019; Snijders ve ark., 2015) whey proteini tüketilen çalışmalara (Larsen ve ark., 2019; Saracino ve ark., 2020) göre daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumun nedeni, kazein proteininin whey proteinine göre daha yavaş sindirilmesi ve uzun süreli bir hiperaminoasidemi meydana getirerek vücut protein yıkımını engellemesi, yüksek dozlarda alınan kazein proteininin yağ oksidasyonunu whey proteininden daha fazla arttırabilmesi olabilir. Bu nedenle uyku öncesi protein alımında kazein proteini whey proteinine göre avantajlı ve uygun görünmektedir.

Mevcut sonuçlara göre alınması gereken protein miktarı belirsizdir. Bazı çalışmalarda düşük dozlarda olumlu etkiler görülmüşken (Knuiman ve ark., 2019; Snijders ve ark., 2015), bazılarında yalnızca yüksek dozlarda görülmüş (Madzima ve ark., 2018) ya da yüksek dozlarda dahi değişiklik görülmemiştir (Antonio ve ark., 2017; Apweiler ve ark., 2018). Bu durum kullanılan proteinin çeşidi ve kalitesinden kaynaklanabilir. Bunun yanı sıra, uyku öncesi alınan proteinin kalitesinin protein sentezi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada (Trommelen ve ark., 2018), gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Literatürdeki tutarsızlık veri eksikliği, antrenman programının tasarımı, antrenman programının kontrol edilmemesi, katılımcıların antrenman durumu ve beslenme alışkanlıkları, protein dozu, çeşidi ve kalitesi, çalışma süresi, örneklem büyüklüğü gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Bunlara ek olarak, çalışmaların büyük çoğunluğu erkek katılımcılar ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle uyku öncesi protein alımının kadınlar üzerindeki etkileri hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Aynı şekilde çalışmaların çoğu fiziksel olarak aktif bireylerle gerçekleştirildiği için profesyonel sporcular ile yapılan çalışmaların da artması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

Abbott, W., Brett, A., Cockburn, E., Clifford, T. (2019). Presleep Casein Protein Ingestion: Acceleration of Functional Recovery in Professional Soccer Players. *International journal of sports physiology and performance*, 14(3), 385–391. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0385>

Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J. (2013). Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window?. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-5>

Allman, B. R., Morrissey, M. C., Kim, J. S., Panton, L. B., Contreras, R. J., Hickner, R. C., Ormsbee, M. J. (2020). Lipolysis and Fat Oxidation Are Not Altered with Presleep Compared with Daytime Casein Protein Intake in Resistance-Trained Women. *The Journal of nutrition*, 150(1), 47–54. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz186>

- Anthony T. G. (2016). Mechanisms of protein balance in skeletal muscle. *Domestic animal endocrinology*, 56 Suppl(Suppl), S23–S32. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.02.012>
- Apweiler, E., Wallace, D., Stansfield, S., Allerton, D. M., Brown, M. A., Stevenson, E. J., Clifford, T. (2018). Pre-Bed Casein Protein Supplementation Does Not Enhance Acute Functional Recovery in Physically Active Males and Females When Exercise is Performed in the Morning. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.3390/sports7010005>
- Beelen, M., Tieland, M., Gijzen, A. P., Vandereyt, H., Kies, A. K., Kuipers, H., Saris, W. H., Koopman, R., van Loon, L. J. (2008). Coingestion of carbohydrate and protein hydrolysate stimulates muscle protein synthesis during exercise in young men, with no further increase during subsequent overnight recovery. *The Journal of nutrition*, 138(11), 2198–2204. <https://doi.org/10.3945/jn.108.092924>
- Benardot, D. (2006) Advanced Sports Nutrition. *Human Kinetics*, in Champaign, IL. First edition. s: 32.
- Bodine, S. C., Stitt, T. N., Gonzalez, M., Kline, W. O., Stover, G. L., Bauerlein, R., Zlotchenko, E., Scrimgeour, A., Lawrence, J. C., Glass, D. J., Yancopoulos, G. D. (2001). Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nature cell biology*, 3(11), 1014–1019. <https://doi.org/10.1038/ncb1101-1014>.
- Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., Maubois, J. L., Beaufrère, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(26), 14930–14935. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930>
- Bos, C., Metges, C. C., Gaudichon, C., Petzke, K. J., Pueyo, M. E., Morens, C., Everwand, J., Benamouzig, R., Tomé, D. (2003). Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *The Journal of nutrition*, 133(5), 1308–1315. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1308>
- Breen, L., Churchward-Venne, T. A. (2012). Leucine: a nutrient 'trigger' for muscle anabolism, but what more?. *The Journal of physiology*, 590(9), 2065–2066. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.230631>
- Bucci, L. (1993). Nutrients as Ergogenic Aids for Sports and Exercise (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003068051>
- Burd, N. A., Tang, J. E., Moore, D. R., Phillips, S. M. (2009). Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 106(5), 1692–1701. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91351.2008>
- Burd, N. A., Gorissen, S. H., van Vliet, S., Snijders, T., van Loon, L. J. (2015). Differences in postprandial protein handling after beef compared with milk ingestion during postexercise recovery: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 102(4), 828–836. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.103184>
- Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y. J., Ho, S. Y., Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(4), 827–832. <https://doi.org/10.1111/jgs.14722>
- Columbus, D. A., Fiorotto, M. L., Davis, T. A. (2015). Leucine is a major regulator of muscle protein synthesis in neonates. *Amino acids*, 47(2), 259–270. <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1866-0>
- Cribb, P. J., Hayes, A. (2006). Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(11), 1918–1925. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233790.08788.3e>
- Dangin, M., Boirie, Y., Garcia-Rodenas, C., Gachon, P., Fauquant, J., Callier, P., Ballèvre, O., Beaufrère, B. (2001). The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 280(2), E340–E348. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.280.2.E340>

- Dangin, M., Guillet, C., Garcia-Rodenas, C., Gachon, P., Bouteloup-Demange, C., Reiffers-Magnani, K., Fauquant, J., Ballèvre, O., Beaufrère, B. (2003). The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *The Journal of physiology*, 549(Pt 2), 635–644. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.036897>
- Diggle, T. A., Moule, S. K., Avison, M. B., Flynn, A., Foulstone, E. J., Proud, C. G., Denton, R. M. (1996). Both rapamycin-sensitive and -insensitive pathways are involved in the phosphorylation of the initiation factor-4E-binding protein (4E-BP1) in response to insulin in rat epididymal fat-cells. *The Biochemical journal*, 316 ( Pt 2)(Pt 2), 447–453. <https://doi.org/10.1042/bj3160447>
- Drummond, M. J., Dreyer, H. C., Fry, C. S., Glynn, E. L., Rasmussen, B. B. (2009). Nutritional and contractile regulation of human skeletal muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 106(4), 1374–1384. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91397.2008>
- Duan, Y., Li, F., Li, Y., Tang, Y., Kong, X., Feng, Z., Anthony, T. G., Watford, M., Hou, Y., Wu, G., Yin, Y. (2016). The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism. *Amino acids*, 48(1), 41–51. <https://doi.org/10.1007/s00726-015-2067-1>
- Egan, B., Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell metabolism*, 17(2), 162–184. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>
- Fouillet, H., Mariotti, F., Gaudichon, C., Bos, C., Tomé, D. (2002). Peripheral and splanchnic metabolism of dietary nitrogen are differently affected by the protein source in humans as assessed by compartmental modeling. *The Journal of nutrition*, 132(1), 125–133. <https://doi.org/10.1093/jn/132.1.125>
- Francaux, M., Deldicque, L. (2019). Exercise and the control of muscle mass in human. *Pflugers Archiv: European journal of physiology*, 471(3), 397–411. <https://doi.org/10.1007/s00424-018-2217-x>
- Fujita, S., Dreyer, H. C., Drummond, M. J., Glynn, E. L., Cadenas, J. G., Yoshizawa, F., Volpi, E., Rasmussen, B. B. (2007). Nutrient signalling in the regulation of human muscle protein synthesis. *The Journal of physiology*, 582(Pt 2), 813–823. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.134593>
- Hara, K., Yonezawa, K., Weng, Q. P., Kozłowski, M. T., Belham, C., Avruch, J. (1998). Amino acid sufficiency and mTOR regulate p70 S6 kinase and eIF-4E BP1 through a common effector mechanism. *The Journal of biological chemistry*, 273(23), 14484–14494. <https://doi.org/10.1074/jbc.273.23.14484>
- Holwerda, A. M., Kouw, I. W., Trommelen, J., Halson, S. L., Wodzig, W. K., Verdijk, L. B., van Loon, L. J. (2016). Physical Activity Performed in the Evening Increases the Overnight Muscle Protein Synthetic Response to Presleep Protein Ingestion in Older Men. *The Journal of nutrition*, 146(7), 1307–1314. <https://doi.org/10.3945/jn.116.230086>
- Ivy J. L. (2004). Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of sports science & medicine*, 3(3), 131–138.
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., Hoffman, J. R., Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Jonvik, K. L., Paulussen, K., Danen, S. L., Ceelen, I., Horstman, A. M., Wardenaar, F. C., VAN Loon, L., VAN Dijk, J. W. (2019). Protein Supplementation Does Not Augment Adaptations to Endurance Exercise Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(10), 2041–2049. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002028>
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Peacock, C., Silver, T. (2017). Casein Protein Supplementation in Trained Men and Women: Morning versus Evening. *International journal of exercise science*, 10(3), 479–486.
- Joy, J. M., Vogel, R. M., Shane Broughton, K., Kudla, U., Kerr, N. Y., Davison, J. M., Wildman, R., DiMarco, N. M. (2018). Daytime and nighttime casein supplements similarly increase muscle size and strength in response to

resistance training earlier in the day: a preliminary investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0228-9>

Katayose, Y., Tasaki, M., Ogata, H., Nakata, Y., Tokuyama, K., Satoh, M. (2009). Metabolic rate and fuel utilization during sleep assessed by whole-body indirect calorimetry. *Metabolism: clinical and experimental*, 58(7), 920–926. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.02.025>

Kinsey, A. W., Ormsbee, M. J. (2015). The health impact of nighttime eating: old and new perspectives. *Nutrients*, 7(4), 2648–2662. <https://doi.org/10.3390/nu7042648>

Knuiman, P., van Loon, L., Wouters, J., Hopman, M., Mensink, M. (2019). Protein supplementation elicits greater gains in maximal oxygen uptake capacity and stimulates lean mass accretion during prolonged endurance training: a double-blind randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 110(2), 508–518. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz093>

Larsen, M. S., Clausen, D., Jørgensen, A. A., Mikkelsen, U. R., Hansen, M. (2019). Presleep Protein Supplementation Does Not Improve Recovery During Consecutive Days of Intense Endurance Training: A Randomized Controlled Trial. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(4), 426–434. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0286>

Lemon P. W. (2000). Beyond the zone: protein needs of active individuals. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(5 Suppl), 513S–521S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718974>

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. *The British journal of nutrition*, 111(1), 71–77. <https://doi.org/10.1017/S000711451300192X>

Madzima, T. A., Melanson, J. T., Black, J. R., Nepocatych, S. (2018). Pre-Sleep Consumption of Casein and Whey Protein: Effects on Morning Metabolism and Resistance Exercise Performance in Active Women. *Nutrients*, 10(9), 1273. <https://doi.org/10.3390/nu10091273>

Mamerow, M. M., Mettler, J. A., English, K. L., Casperson, S. L., Arentson-Lantz, E., Sheffield-Moore, M., Layman, D. K., Paddon-Jones, D. (2014). Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *The Journal of nutrition*, 144(6), 876–880. <https://doi.org/10.3945/jn.113.185280>

McGuigan, M. R., Wright, G. A., Fleck, S. J. (2012). Strength training for athletes: does it really help sports performance?. *International journal of sports physiology and performance*, 7(1), 2–5. <https://doi.org/10.1123/ijspp.7.1.2>

Moore, D. R., Camera, D. M., Areta, J. L., Hawley, J. A. (2014). Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 39(9), 987–997. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0591>

Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., Prior, T., Tarnopolsky, M. A., Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American journal of clinical nutrition*, 89(1), 161–168. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401>

Ormsbee, M. J., Gorman, K. A., Miller, E. A., Baur, D. A., Eckel, L. A., Contreras, R. J., Panton, L. B., Spicer, M. T. (2016). Nighttime feeding likely alters morning metabolism but not exercise performance in female athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 41(7), 719–727. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0526>

Proud C. G. (2002). Regulation of mammalian translation factors by nutrients. *European journal of biochemistry*, 269(22), 5338–5349. <https://doi.org/10.1046/j.1432-1033.2002.03292.x>

Proud, C. G., Denton, R. M. (1997). Molecular mechanisms for the control of translation by insulin. *The Biochemical journal*, 328 (Pt 2)(Pt 2), 329–341. <https://doi.org/10.1042/bj3280329>

- Reidy, P. T., Walker, D. K., Dickinson, J. M., Gundermann, D. M., Drummond, M. J., Timmerman, K. L., Fry, C. S., Borack, M. S., Cope, M. B., Mukherjea, R., Jennings, K., Volpi, E., Rasmussen, B. B. (2013). Protein blend ingestion following resistance exercise promotes human muscle protein synthesis. *The Journal of nutrition*, 143(4), 410–416. <https://doi.org/10.3945/jn.112.168021>
- Reis, C., Loureiro, L., Roschel, H., da Costa, T. (2021). Effects of pre-sleep protein consumption on muscle-related outcomes- A systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 24(2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.07.016>
- Res, P. T., Groen, B., Pennings, B., Beelen, M., Wallis, G. A., Gijssen, A. P., Senden, J. M., VAN Loon, L. J. (2012). Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(8), 1560–1569. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824cc363>
- Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A., Wolf, S. E., Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *The American journal of physiology*, 273(1 Pt 1), E99–E107. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.273.1.E99>
- Saracino, P. G., Saylor, H. E., Hanna, B. R., Hickner, R. C., Kim, J. S., Ormsbee, M. J. (2020). Effects of Pre-Sleep Whey vs. Plant-Based Protein Consumption on Muscle Recovery Following Damaging Morning Exercise. *Nutrients*, 12(7), 2049. <https://doi.org/10.3390/nu12072049>
- Snijders, T., Res, P. T., Smeets, J. S., van Vliet, S., van Kranenburg, J., Maase, K., Kies, A. K., Verdijk, L. B., van Loon, L. J. (2015). Protein Ingestion before Sleep Increases Muscle Mass and Strength Gains during Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Healthy Young Men. *The Journal of nutrition*, 145(6), 1178–1184. <https://doi.org/10.3945/jn.114.208371>
- Snijders, T., Trommelen, J., Kouw, I., Holwerda, A. M., Verdijk, L. B., van Loon, L. (2019). The Impact of Pre-sleep Protein Ingestion on the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise in Humans: An Update. *Frontiers in nutrition*, 6, 17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00017>
- Spahillari, A., Mukamal, K. J., DeFilippi, C., Kizer, J. R., Gottdiener, J. S., Djoussé, L., Lyles, M. F., Bartz, T. M., Murthy, V. L., Shah, R. V. (2016). The association of lean and fat mass with all-cause mortality in older adults: The Cardiovascular Health Study. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases : NMCD*, 26(11), 1039–1047. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.06.011>
- Taber, C. B., Vigotsky, A., Nuckols, G., Haun, C. T. (2019). Exercise-Induced Myofibrillar Hypertrophy is a Contributory Cause of Gains in Muscle Strength. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(7), 993–997. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01107-8>
- 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. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 107(3), 987–992. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00076.2009>
- 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. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(12), 2073–2081. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000147582.99810.c5>
- Tipton, K. D., Ferrando, A. A., Phillips, S. M., Doyle, D., Jr, Wolfe, R. R. (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *The American journal of physiology*, 276(4), E628–E634. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1999.276.4.E628>
- Tipton, K. D., Rasmussen, B. B., Miller, S. L., Wolf, S. E., Owens-Stovall, S. K., Petrini, B. E., Wolfe, R. R. (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 281(2), E197–E206. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.281.2.E197>
- Trommelen, J., Kouw, I., Holwerda, A. M., Snijders, T., Halson, S. L., Rollo, I., Verdijk, L. B., van Loon, L. (2018). Presleep dietary protein-derived amino acids are incorporated in myofibrillar protein during postexercise

overnight recovery. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 314(5), E457–E467. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00273.2016>

Trommelen, J., van Loon, L. J. (2016). Pre-Sleep Protein Ingestion to Improve the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise Training. *Nutrients*, 8(12), 763. <https://doi.org/10.3390/nu8120763>

Vangsoe, M. T., Joergensen, M. S., Heckmann, L. L., Hansen, M. (2018). Effects of Insect Protein Supplementation during Resistance Training on Changes in Muscle Mass and Strength in Young Men. *Nutrients*, 10(3), 335. <https://doi.org/10.3390/nu10030335>

Volaklis, K. A., Halle, M., & Meisinger, C. (2015). Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *European journal of internal medicine*, 26(5), 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2015.04.013>

von Manteuffel, S. R., Gingras, A. C., Ming, X. F., Sonenberg, N., Thomas, G. (1996). 4E-BP1 phosphorylation is mediated by the FRAP-p70s6k pathway and is independent of mitogen-activated protein kinase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(9), 4076–4080. <https://doi.org/10.1073/pnas.93.9.4076>

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. *The American journal of clinical nutrition*, 85(4), 1031–1040. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.4.1031>

Wolfe R. R. (2017). Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: myth or reality?. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 30. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0184-9>