



T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ANTRENMAN VE HAREKET ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**LÖSİN TAKVİYESİNİN KUVVET PERFORMANSI**  
**ÜZERİNDEKİ KRONİK ETKİSİ: SİSTEMATİK İNCELEME**  
**VE META-ANALİZ**

**Alican KARAIŞLI**

**ARALIK 2024**

**DENİZLİ**

T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LÖSİN TAKVİYESİNİN KUVVET PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ  
KRONİK ETKİSİ: SİSTEMATİK İNCELEME VE META-ANALİZ

ANTRENMAN VE HAREKET ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alican KARAIŞLI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fatih GÜR

Denizli, 2024

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırılmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

Öğrenci Adı Soyadı : Alican KARAIŞLI

İmza :

## ÖZET

### LÖSİN TAKVİYESİNİN KUVVET PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ KRONİK ETKİSİ: SİSTEMATİK İNCELEME VE META-ANALİZ

Alican KARAIŞLI

Yüksek Lisans Tezi, Antrenman ve Hareket Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Fatih GÜR

Aralık 2024, 92 Sayfa

Lösın, kas protein sentezini artırma ve mTOR sinyal yolunu aktive etme kapasitesiyle dikkat çeken bir amino asittir. Bu meta-analiz, lösın ve metabolitlerinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerini sistematik bir yaklaşımla değerlendirmektedir. PRISMA kılavuzuna uygun şekilde yapılan literatür taramasında Web of Science, PubMed, Academic Search Ultimate, Scopus veritabanlarında 366 çalışma incelenmiş, uygunluk kriterlerini sağlayan 20 çalışma meta-analize dahil edilmiştir. Bulgular, lösın takviyesinin üst vücut maksimum kuvvetinde anlamlı bir etki sağladığını göstermektedir (SMD = 0,24; %95 CI: 0,008–0,48;  $I^2 = \%25,1$ ). Bu düşük heterojenlik düzeyi, analizlerin güvenilirliğini desteklemektedir. Buna karşın, alt vücut kuvveti (SMD = 0,17; %95 CI: -0,26 ila 0,61), tüm vücut kuvveti (SMD = 0,17; %95 CI: -0,24 ila 0,59), hipertrofi (SMD = 0,07; %95 CI: -0,17 ila 0,32) ve güç performansı (SMD = 0,37; %95 CI: -0,05 ila 0,79) analizlerinde küçük ancak anlamlı olmayan etkiler tespit edilmiştir. Alt vücut kuvveti analizlerindeki yüksek heterojenlik oranı ( $I^2 = \%68,8$ ), metodolojik çeşitlilik ve katılımcı gruplarındaki farklılıklarla ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık, hipertrofi ( $I^2 = \%9,08$ ) ve güç performansı ( $I^2 = \%17,6$ ) gibi parametrelerde düşük heterojenlik seviyeleri elde edilmiştir. Sonuçlar, lösın takviyesinin etkilerinin bireysel farklılıklar, antrenman düzeyi, dozaj ve metabolit türü gibi faktörlere bağlı olduğunu göstermektedir. Özellikle antrenmansız bireylerin katılım sağladığı çalışmalarda lösın daha belirgin etkiler sağlamıştır. Gelecekte, bu faktörlerin alt grup analizleriyle daha detaylı incelenmesi ve metodolojik açıdan tutarlı protokollerin benimsenmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Lösın, HMB, Kuvvet Performansı, Meta-analiz, Spor Beslenmesi

## ABSTRACT

### CHRONIC EFFECT OF LEUCINE SUPPLEMENTATION ON STRENGTH PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

KARAIŞLI, Alican

Master Thesis, Department of Training and Movement

Thesis Advisor: Doç.Dr. Fatih GÜR

December 2024, 92 Pages

Leucine is an amino acid that stands out with its capacity to increase muscle protein synthesis and activate the mTOR signaling pathway. This meta-analysis systematically evaluates the chronic effects of leucine and its metabolites on strength performance. In the literature search conducted in accordance with the PRISMA guideline, 366 studies were examined in Web of Science, PubMed, Academic Search Ultimate, and Scopus databases, and 20 studies that met the eligibility criteria were included in the meta-analysis. The findings show that leucine supplementation provides a significant effect on upper body maximum strength (SMD = 0.24; 95% CI: 0.008–0.48;  $I^2 = 25.1\%$ ). This low level of heterogeneity supports the reliability of the analyses. In contrast, small but non-significant effects were found in the analyses of lower-body strength (SMD = 0.17; 95% CI: -0.26 to 0.61), whole-body strength (SMD = 0.17; 95% CI: -0.24 to 0.59), hypertrophy (SMD = 0.07; 95% CI: -0.17 to 0.32), and power performance (SMD = 0.37; 95% CI: -0.05 to 0.79). The high heterogeneity rate in the lower body strength analyses ( $I^2 = 68.8\%$ ) was related to methodological variation and differences in the participant groups. In contrast, low heterogeneity levels were obtained in parameters such as hypertrophy ( $I^2 = 9.08\%$ ) and power performance ( $I^2 = 17.6\%$ ). The results show that the effects of leucine supplementation depend on factors such as individual differences, training level, dosage and metabolite type. Leucine provided more pronounced effects, especially in studies involving untrained individuals. In the future, it is recommended that these factors be examined in more detail by subgroup analyses and methodologically consistent protocols be adopted.

**Keywords:** Leucine, HMB, Strength Performance, Meta-analysis, Sports Nutrition

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının tamamlanmasında değerli katkılarını ve desteğini esirgemeyen, yol gösterici danışmanım Doç. Dr. Fatih GÜR'e en derin teşekkürlerimi sunarım. Sayın hocam, bilgeliğiniz, sabrınız ve her daim cesaret verici tavrınız sayesinde bu çalışmayı en iyi şekilde yürütme şansını elde ettim. Akademik kariyerimde yolumu aydınlattığınız ve her adımda yanımda olduğunuz için size minnettarım.

Tezimin hazırlanmasında emeği geçen Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesindeki tüm hocalarıma ve yüksek lisans eğitimime aynı anda başladığım tüm arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür etmek isterim. Sizlerin desteği ve önerileri, bu çalışmanın her aşamasında bana güç verdi.

Aileme, özellikle anne ve babam Nermin-Ahmet KARAIŞLI'ya sonsuz sevgileri, sabırları ve teşvikleri için sonsuz teşekkürler. Her zaman yanımda oldunuz ve en zor anlarımda bana güç verdiniz. Sizlerin varlığı, bu tezin başarısındaki en büyük etkenlerden biridir.

Son olarak, bana her daim inanan, destek olan ve bu süreçte yanımda olan tüm dostlarıma teşekkür ederim. Hepinize minnettarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	1
1. GİRİŞ .....	2
1.1. Amaçlar .....	3
2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1. Sportif Performans .....	4
2.2. Antrenman Kavramı ve Teorisi.....	5
2.3. Antrenmanın Öğeleri.....	6
2.3.1. Antrenmanın Kapsamı.....	7
2.3.2. Antrenman Sıklığı .....	8
2.3.3. Antrenman Şiddeti.....	8
2.4. Temel Motorik Özellik Olarak Kuvvet.....	9
2.4.1. Kuvvet Çeşitleri .....	9
2.4.1.1. Maksimal Kuvvet.....	10
2.4.1.2. Patlayıcı (Çabuk) Kuvvet.....	11
2.5. Kuvvet Antrenmanı Türleri.....	13
2.5.1. Vücut Ağırlığı Antrenmanları .....	13
2.5.2. Ağırlık Makineleri Antrenmanları .....	14
2.5.3. Serbest Ağırlık Antrenmanları .....	15
2.6. Sportif Performans ve Beslenme.....	16
2.6.1. Proteinler .....	18
2.6.1.1. Amino asitler.....	22
2.6.1.2. Dallı Zincirli Amino asitler (BCAA).....	25
2.6.1.3. Dallı Zincirli Amino asit: Lösin.....	26
2.7. Lösin ve Metabolitleri .....	27
2.7.1. HMB (Hidroksi Metilbütirat).....	29
2.8. Lösin ve Kuvvet Antrenmanları.....	31

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	32
3.1. Literatür Tarama Stratejisi .....	33
3.2 Uygunluk Kriterleri.....	33
3.3. Veri Çıkarma.....	34
3.4. Risk of Bias Değerlendirilmesi .....	35
3.5. Veri Sentezinin Yorumlanması ve Sunumu.....	35
4. BULGULAR.....	37
4.1. Arama Sonuçları.....	37
4.2 Risk of Bias Değerlendirilmesi .....	50
7. KAYNAKLAR .....	70
8. ÖZGEÇMİŞ .....	82



**ŞEKİLLER DİZİNİ****Sayfa**

<b>Şekil 2.1.</b> İskelet kasındaki protein döngüsünün ve amino asitlerin çeşitli metabolik şeması.....	20
<b>Şekil 2.2.</b> Dinlenme, direnç egzersizi sırasında ve sonrasında amino asit alımının kas protein sentezi, yıkımı ve net protein dengesi üzerindeki etkileri... ..	21
<b>Şekil 2.3.</b> BCAA'ların viseral dokulardan iskelet kasına taşınması ve kas dokusunda protein sentezi, enerji üretimi, alanin ve glutamin sentezinde kullanımı .....	26
<b>Şekil 2.4.</b> Lösin Metabolizmasının Biyokimyasal Aşamaları.....	28
<b>Şekil 2.5.</b> Lösin Metabolizmasında HMB Sentezi.....	30
<b>Şekil 2.6.</b> Arama sürecinin akış şeması (Prisma akış şeması). .....	39
<b>Şekil 2.7.</b> Risk of Bias değerlendirilmesi. ....	50

**TABLolar DİZİNİ****Sayfa**

<b>Tablo 4.1.</b> Dahil edilen çalışmaların özetleri.....	40
---	----

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

$\alpha$ -HICA	Alfa Hidroksi-İzo-kaproik asit
$\alpha$ -KIC	Alfa-Ketoizokaproat
asetil-CoA	Asetil Koenzim A
BCAA	Dallı Zincirli Amino Asit
BCAT	Dallı Zincirli Amino Asit Aminotransferaz
EAA	Esansiyel Amino Asitler
EIMD	Egzersize Bağlı Kas Hasarı
HMB	Hidroksi Metilbütürat
HMB-Ca	Hidroksi Metilbütürat Kalsiyum
HMB-FA	Hidroksi Metilbütürat Serbest Asit
HMG-CoA	$\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metilglutaril Koenzim A
IVA-CoA	İzovaleril Koenzim A
Leu	Lösin
MPS	Kas Protein Sentezi
mTOR	Rapamisinin Memeli Hedefi
RET	DirençEgzersizi Antrenmanı
RM	Tekrar Maksimum
TCA	Trikarboksilik Asit

## 1. GİRİŞ

Sporcuların performanslarını artırmak ve iyileştirmek amacıyla beslenme ve takviyelerin rolü, spor bilimi alanında önemli bir odak noktası olmuştur. Bu alandaki çalışmalar, sporcunun güç, dayanıklılık, toparlanma süreçleri ve kas adaptasyonları üzerinde besin takviyelerinin etkisini anlamak için yoğunlaşmıştır. Amino asitlerin, özellikle de dallı zincirli amino asitlerin (BCAA), egzersiz performansı ve sonrasındaki toparlanma üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, sporcuların antrenman performanslarını optimize etme çabalarını şekillendirmektedir.

Bu çalışmanın odak noktası, sporcularda lösin takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesidir. Lösin, esansiyel bir amino asit olup, özellikle kas protein sentezi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Layman, 2003). Ancak, lösin takviyelerinin kuvvet antrenmanları sonrası performans üzerindeki etkilerini inceleyen kapsamlı araştırmalar sınırlıdır. Bu eksiklik, sporcuların beslenme rejimlerini optimize etme çabalarında bir boşluk yaratmaktadır.

Güncel literatür, BCAA'ların egzersiz sırasındaki performans artışına ve yorgunluğun gecikmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Shimomura ve ark., 2010). Ancak, lösinin kuvvet antrenmanları sonrası kronik etkilerine odaklanan kapsamlı meta analizlerin eksikliği mevcuttur. Bu tez çalışması, lösin takviyelerinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini performans bağlamında inceleyerek, literatürdeki bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Sporcuların antrenman sonrası toparlanma ve kas adaptasyonlarını hızlandırmak için beslenme takviyelerine olan ilgisi artmaktadır. Bu bağlamda, lösinin, protein sentezi ve kas adaptasyonları üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde araştırılması, sporcu performansını optimize etme hedefinde kilit bir rol oynayabilir. Bu tez, lösin takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamak için yapılan bir adımdır ve spor bilimi alanındaki bilgiyi genişletme amacını taşımaktadır.

## 1.1. Amaçlar

"Lösin Takviyesinin Kuvvet Performansı Üzerindeki Kronik Etkisi: Sistemik Bir İnceleme ve Meta-Analiz" başlıklı bu yüksek lisans tezinin amacı, lösin takviyesinin özellikle kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisine ilişkin mevcut araştırmaları sistemik olarak gözden geçirmek ve analiz etmektir. Nihai amaç, lösin takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerine ilişkin mevcut bilgi durumuna kapsamlı bir genel bakış sağlamaktır. Bu, analiz edilen çalışmalarda gözlemlenen kuvvet ile ilgili parametrelerdeki tutarlı kalıpları, korelasyonları veya önemli değişiklikleri tanımlamayı içerir. Bulgular, spor beslenmesi ve takviyesi alanındaki mevcut bilgi birikimine katkıda bulunmayı ve potansiyel olarak gelecekteki araştırmalara veya sporcular, antrenörler veya kuvvete dayalı faaliyetlerde bulunan bireyler için pratik uygulamalara rehberlik edebilecek içgörüler sunmayı amaçlamaktadır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Sportif Performans

Spor bireylerin fiziksel ve zihinsel sağlıklarını geliştirme, sosyal etkileşimi teşvik etme ve motor becerilerini ilerletme konularında önemli bir rol oynayan çok yönlü bir olgudur. Spor, bireylerin bedensel sağlıklarını korumanın yanı sıra zihinsel kapasitelerini geliştirme ve bu iki alan arasındaki dengeyi sağlama konusunda etkili bir araçtır. Aynı zamanda spor, bireylerin duygusal gelişimini destekler, özsaygılarını artırır ve stresle başa çıkmalarına yardımcı olur (Lloret ve ark., 2021).

Motor beceriler açısından bakıldığında, spor bireylerin koordinasyon, denge ve fiziksel dayanıklılıklarını geliştirmelerini sağlar. Bu, genel sağlık ve yaşam kalitesini artırmada önemli bir role sahiptir (Lloyd ve Oliver, 2012). Zihinsel düzeyde spor, hedef belirleme, öz disiplin, konsantrasyon ve stratejik düşünme gibi becerilerin gelişimine katkıda bulunur. Bu sayede bireyler, yaşamları boyunca bu becerileri kullanarak başarı elde etme yeteneklerini artırır (Gould ve ark, 2002). Pedagojik açıdan bakıldığında, spor eğitimi bireylerin disiplin, işbirliği ve liderlik gibi önemli sosyal becerileri öğrenmelerine katkı sağlar. Aynı zamanda takım sporları veya grup aktiviteleri aracılığıyla toplumsal uyum, empati ve iletişim becerileri kazandırır (Lloret ve ark., 2021).

Günümüzde sporun yaygınlaşması ve spor yapan bireylerin sayısının artması, sportif performans kavramının ve onu etkileyen faktörlerin önemini büyük ölçüde artırmıştır. Sportif performans, bireylerin katıldıkları spor etkinliklerinde sergiledikleri hem fiziksel hem de zihinsel becerilerin bütünü olarak tanımlanır (Costigan ve ark. 2015).

Sportif performans, sporcuların rekabetçi bir ortamda sergiledikleri yeteneklerin sonucunda elde ettikleri başarıları içerir. Bu başarılar, sporcuların fiziksel becerileri ve

zihinsel hazırlıkları sayesinde ortaya çıkar. Sportif performans, bir spor dalına, disipline veya etkinliğe özgü gereksinimlere ve beklentilere bağlı olarak farklılık gösterir (Bompa ve ark, 2009)

Sportif performansın geliştirilmesi, düzenli ve planlı antrenmanlarla mümkün hale gelir. Sporcular, fiziksel yeteneklerini artırmak, teknik becerilerini geliştirmek ve zihinsel hazırlıklarını optimize etmek için antrenmanlar yaparlar (Dinç,2019).

## **2.2. Antrenman Kavramı ve Teorisi**

Antrenman, bireyin fiziksel ve zihinsel yeteneklerini geliştirmek amacıyla düzenli olarak gerçekleştirdiği bir süreçtir (Kraemer ve Häkkinen, 2008). Bu süreç, bireyin bedenini ve zihnini çeşitli yüklemelere maruz bırakarak, sürekli bir etkinlik ve uyarım içerir. Antrenman sadece bedeni değil, aynı zamanda zihni de içeren bütünsel bir gelişim sürecidir (Tenenbaum ve Eklund, 2007). Antrenmanın temel prensiplerinden biri, sürekli ve çeşitli yüklemelerin kullanılmasıdır. Bu, antrenmanın monotonluğa düşmesini engeller ve bireyin sadece belirli bir beceriye odaklanmasını değil, aynı zamanda genel olarak beden ve zihin kapasitesini geliştirmesini sağlar. Örneğin, kuvvet antrenmanı, dayanıklılık antrenmanı, esneklik çalışmaları ve zihinsel egzersizler, antrenmanın bu çeşitliliğini destekleyen uygulamalara örnek olarak verilebilir (Bompa ve Haff, 2013).

Bu sürekli etkinlik, bireyin sadece fiziksel dayanıklılığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda zihinsel dayanıklılığı da güçlendirir (Cashmore, 2008). Antrenman, bireyin hedeflerine ulaşma sürecinde karşılaşılabileceği zorluklara karşı adaptasyon yeteneğini artırarak, genel yaşam kalitesini yükseltir (Baechle ve Earle, 2008). Sonuç olarak, antrenman kavramı, bireyin beden ve zihin kapasitesini sürekli olarak geliştiren dinamik ve bütünsel bir süreçtir. Bu süreçte çeşitlilik ve düzenlilik, etkili bir antrenman programının temel unsurlarını oluşturur (Bompa ve Haff, 2013).

Bir başka tanıma göre; antrenman; ruhsal ve bedensel gelişimi desteklemek, bedeni dinç ve sağlıklı tutmak amacıyla planlı, kapsamlı ve belirli bir sıklık ve tekrarı içeren hareketlerin koordineli bir biçimde gerçekleştirilmesidir. Bu antrenman anlayışı,

esneklik, güç, çeviklik, dayanıklılık gibi temel motor becerileri geliştirmeyi amaçlayan sürekli egzersiz türlerinin birleşiminden meydana gelir (Ardıç, 2012).

Antrenman, belirli bir spor dalında yapılan ya da fiziksel performansı artırmak amacıyla yapılan planlı, sistematik egzersizler bütünüdür. Bu egzersizler, belirli spor becerilerini geliştirmek, dayanıklılığı artırmak, gücü veya esnekliği iyileştirmek gibi hedeflere yönelik olmak ile birlikte sporcuların performanslarını artırarak en iyi seviyeye çıkarmak için, genellikle belirli bir program çerçevesinde yapılan egzersiz rutinlerini içerir (Açıkada, 2018).

Antrenman, bedenin fiziksel dayanıklılığını artırmak, esneklik, güç, çeviklik gibi temel motor becerileri geliştirmek ve aynı zamanda zihinsel kapasiteyi güçlendirmek amacıyla planlı ve sürekli bir biçimde gerçekleştirilen koordineli hareketlerden oluşan bütünsel bir süreç olarak öne çıkar. Bu süreç, çeşitlilik ve düzenlilik içeren antrenman öğeleriyle desteklenir. Bu öğeler, antrenman programının tasarlanması ve uygulanmasında rehberlik sağlar. Her biri, bireyin ihtiyaçlarına ve hedeflerine uygun şekilde düzenlenmelidir (Williams ve Wilkins, 1991).

### **2.3. Antrenmanın Öğeleri**

Antrenmanın temel öğelerini kapsam, sıklık ve şiddet olarak özetleyebiliriz. Antrenmanın öğeleri, bir antrenman programının temelini oluşturur ve antrenmanın etkinliğini, güvenliğini ve kişisel hedeflere ulaşmada başarıyı etkiler (Kraemer ve Häkkinen, 2008).

Antrenmanın kapsamı, sıklığı ve şiddeti, belirli hedeflere ulaşmada kritiktir. Doğru kapsam, belirlenen hedeflere yönelik egzersizlerin seçilmesini sağlar. Doğru sıklık ve şiddet ise, performans artışı ve hedeflere ulaşmada önemlidir. Antrenmanın doğru bir kapsam ve şiddetle yapılması, sakatlık riskini azaltabilir. Teknik doğruluk ve uygun ağırlıkların kullanılması, sakatlıkları önlemeye yardımcı olur (Zatsiorsky ve Kraemer, 2020). Kapsam, sıklık ve şiddet, vücudun belirli egzersizlere veya yüklenmelere nasıl adapte olduğunu belirlemekle birlikte programın doğru şekilde düzenlenmesine yardımcı olarak, vücudun gelişimine ve istenen adaptasyonlara uyum sağlanmasına yardımcı



olmaktadır (Baechle ve Earle, 2008). Düzenli bir antrenman programı, motivasyonu ve disiplini artırır. Kapsam, sıklık ve Şiddet, bireyin belirlediği kişisel hedeflerle uyumlu olarak ilerler ise, doğru seviyede zorluk ve uygun zamanlama ile birleŐerek hedeflere ulaşmayı kolaylaştırır (Washburn, 2021).

Bu ögelerin dengeli ve doğru bir Şekilde planlanması, antrenmanın verimli olmasını sağlar ve istenen sonuÇların elde edilmesine yardımcı olur. Bu nedenle, antrenman programı oluŐturulurken kapsam, sıklık ve Şiddet gibi ögelerin dikkatlice ele alınması önemlidir.

### **2.3.1. Antrenmanın Kapsamı**

Antrenmanın kapsamı, temelde gelişim iÇin gereken teknik, beceri, taktik ve özellikle fiziksel performansın ilerlemesi iÇin önemli olan bir  lŐüdür. Kapsam, antrenmanın süresi olarak yanlış bir Şekilde sadece zamanı ifade etmez; aslında planlanmış ve düzenlenmiŐ farklı bileŐenlerin senkronize bir Şekilde birleştirilmiş halidir (Clark ve Corn, 2008). Bu bileŐenler, antrenmanın uzunluğu, her bir sette kaldırılan ağırlık ya da kat edilen mesafe, belirli bir zaman diliminde gerŐekleŐtirilen egzersizlerin veya teknik/taktik ŐalıŐmaların tekrar sayısı gibi  lŐ lebilir niteliklerdir (Bompa, 1996).

Antrenmanın kapsamı, bu unsurların dikkatlice entegre edilmesiyle birlikte, sporcu performansının ve geliŐiminin temel bir belirleyicisi olarak ortaya Çıkar. Bu kapsamlı yaklaşım, spor bilimleri disiplinindeki g lŐ  teorik temellere dayanarak, antrenmanın sadece fiziksel değil, aynı zamanda zihinsel, taktiksel ve teknik boyutlarını da iÇeren bir bütün olarak ele alınmasını vurgular (Cashmore, 2008). Bu bağlamda, antrenmanın etkili bir Şekilde planlanması ve uygulanması, sporcuların potansiyellerini maksimize etmeleri ve performanslarını sürekli olarak geliŐtirmeleri aÇısından kritik bir rol oynar (Stone, 2007)

### 2.3.2. Antrenman Sıklığı

Spor performansının etkili bir biçimde artırılması ve atletin optimal düzeyde hazırlanması, antrenman sıklığının belirlenmesinde yatan temel unsurlardan biridir. Antrenman sıklığı, belirli bir zaman aralığında gerçekleştirilen antrenman sayısını ifade eder ve sporcu için yeni bir antrenmana adaptasyon sürecini yönetme konusunda kritik bir role sahiptir (Bompa ve Buzzichelli, 2021). Antrenman sıklığının optimal bir düzeyde belirlenmesi, sporcu üzerindeki yüklenme ile dinlenme arasında uyum sağlamayı hedefler. Bu, sporcunun performansını sürdürülebilir bir biçimde artırmasına olanak tanır ve aşırı yorgunluk gibi olumsuz etkilerin minimize edilmesini sağlar (Washburn, 2021).

Optimal bir antrenman yoğunluğunun, olumlu adaptasyonları tetikleyerek sporcu performansını geliştirdiğini göstermektedir. Bu bağlamda, antrenman sıklığının belirlenmesi, sporcunun fiziksel kapasitesini artırarak, dayanıklılığını optimize ederek ve sporcular arasında rekabet avantajı sağlayarak spordan elde edilen faydaları en üst düzeye çıkarmayı amaçlar (Williams ve Wilkins, 1991). Sonuç olarak, antrenman sıklığının bilinçli bir şekilde yönetilmesi, spor bilimine önemli katkılarda bulunan ve sporcunun uzun vadeli başarısını etkileyen temel bir stratejidir.

### 2.3.3. Antrenman Şiddeti

Antrenman şiddeti, spor performansının kilit bir yönünü oluşturan ve hareketlerin uygulanma hızı, aralıkların değişimi ve tekrarlar arasındaki dinlenme süresi ile sıkı bir ilişkiye sahip olan önemli bir parametredir (Kraemer ve Häkkinen, 2008). Bu bağlamda, antrenman şiddeti, uygulanan dirençlerin miktarının hassas bir şekilde belirlenmesiyle yakından ilişkilidir. Antrenman şiddeti, sporcuların fiziksel yeteneklerini geliştirmek, dayanıklılıklarını optimize etmek ve spesifik hareketler üzerinde kontrollü bir etki sağlamak amacıyla hassas bir biçimde yönetilmelidir. Bu, sporcunun performansını artırmak ve potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için kritik bir faktördür (Stone, 2007).

Antrenman şiddetinin etkili bir şekilde belirlenmesi, sporcunun adaptasyon sürecini optimize etmeye yönelik önemli bir stratejidir. Bu, sporcuların belirli hareketleri daha etkili bir şekilde gerçekleştirmelerine, kas kütlelerini artırmalarına ve spor

disiplinlerinde rekabet avantajı elde etmelerine olanak tanır. Ayrıca, antrenman şiddetinin doğru bir şekilde ayarlanması, sporcuların aşırı yorgunluk ve sakatlık riskini minimize ederek uzun vadeli başarılarını destekler (Bompa, 1996).

Sonuç olarak, antrenman şiddeti, spor bilimindeki ilerlemeleri güçlendiren ve sporcunun performans potansiyelini etkileyen kritik bir parametre olarak ön plana çıkmaktadır (Liu Y, ve ark, 2022).

## **2.4. Temel Motorik Özellik Olarak Kuvvet**

Spor bilimleri ve fizyoloji bağlamında, "kuvvet" genellikle bir kasın bir dirence karşı koyabilme veya bir kasın bir direnci aşma kapasitesi olarak tanımlanır (Brown, 2007). Bu terim, kasların bir dirence karşı gerçekleştirdiği kasılma ve kasılma yeteneğiyle ilgilidir. Kuvvet, kasların belirli bir dış direnci aşmak veya hareket ettirmek amacıyla oluşturduğu en yüksek kasılma kapasitesidir. (Rhea ve ark, 2003).

Bu direnç, vücut ağırlığı, serbest ağırlıklar (halterler), makineler veya diğer egzersiz ekipmanları tarafından sağlanabilir. Kuvvet, bir kişinin günlük aktivitelerini yerine getirme, spor performansını artırma veya direnç antrenmanlarındaki ilerlemeyi değerlendirme bağlamında önemlidir. Fizik tedavi, rehabilitasyon, spor performansı artırma ve genel sağlığı iyileştirme amacıyla kuvvet antrenmanları sıkça kullanılır (Westcott, 2012). Bu bağlamda, kuvvet, kasların belirli bir işi başarma yeteneği olarak değerlendirilir ve genellikle ölçülebilir metriklerle, örneğin kilogram cinsinden ağırlıkların kaldırılması veya belirli bir egzersizin tekrar sayısı ile ifade edilir. (Lippincott ve Wilkins, 2013)

### **2.4.1. Kuvvet Çeşitleri**

Kuvvet, kasların mekanik gerilim oluşturarak hareket üretme kapasitesini ifade eder ve çeşitli spor dallarında performansın temel belirleyicisidir. Fizyolojik ve biyomekanik açıdan bakıldığında, kuvvet çeşitleri genellikle maksimum kuvvet, patlayıcı

kuvvet (güç) ve dayanıklılık kuvveti olarak sınıflandırılabilir. Maksimum kuvvet, bir kasın ya da kas grubunun tek seferde üretebileceği en yüksek kuvvet olarak tanımlanır ve genellikle düşük hızda yüksek direnç karşısında ölçülür. Patlayıcı kuvvet ise, kasların kısa sürede maksimum kuvvet üretme kapasitesi olarak tanımlanır ve hızlı kuvvet üretimi gerektiren sporlar için kritik öneme sahiptir. Dayanıklılık kuvveti ise, kasların uzun süre boyunca belirli bir kuvveti sürdürebilme kapasitesidir ve dayanıklılık gerektiren aktivitelerde performansı belirler (Suchomel ve ark. 2016).

Kuvvet çeşitleri, antrenman programlarının tasarımında büyük rol oynar ve sporcuların performanslarını optimize etmek için belirli kuvvet türlerinin hedeflenmesi gerekir. Örneğin, patlayıcı kuvvet geliştirilmesi gereken spor dallarında, pliometrik antrenmanlar ve hızlı direnç uygulamaları ön plana çıkarken, maksimum kuvvetin hedeflendiği sporlarda yüksek dirençle yapılan antrenmanlar tercih edilmektedir. Ayrıca, dayanıklılık gerektiren spor dallarında ise daha düşük dirençle yapılan uzun süreli kuvvet antrenmanları kullanılır (Cormie ve ark. 2011). Bu kuvvet çeşitlerinin her biri, belirli bir performans bileşenini geliştirmek için özel antrenman stratejileri gerektirir ve sporcuların hedeflerine ulaşmalarında önemli bir rol oynar.

#### **2.4.1.1. Maksimal Kuvvet**

Maksimal kuvvet, bir kas veya kas grubunun tek bir seferde üretebileceği en yüksek kuvvet miktarı olarak tanımlanır ve kuvvet antrenmanlarının temel hedeflerinden biridir. Maksimal kuvvet, spor performansını belirleyen en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilir, çünkü daha yüksek bir maksimal kuvvet seviyesi, hem patlayıcı kuvvet hem de dayanıklılık kuvveti gelişimi için bir temel oluşturur. Maksimal kuvvetin geliştirilmesi, ağırlık antrenmanı ve direnç egzersizleri gibi yöntemlerle sağlanır ve özellikle yüksek dirençle düşük tekrarlı antrenmanlar maksimal kuvvet artışını destekler (Suchomel ve ark. 2018).

Maksimal kuvvet, farklı spor dallarında atletik performansı önemli ölçüde etkiler. Özellikle güç gerektiren sporlar, ağır yüklerin kaldırılmasını veya itme-çekme hareketlerini içerdiğinde, yüksek bir maksimal kuvvet seviyesine sahip olmak, sporcunun performansını doğrudan artırabilir. Örneğin, bir halterci için maksimal kuvvet, kaldırabileceği en ağır ağırlık miktarını belirlerken, bir sprinter için patlayıcı kuvvet

üretme kapasitesinin temelini oluşturur. Maksimal kuvvet antrenmanları, nöromusküler adaptasyonları teşvik ederek kas liflerinin daha etkin bir şekilde çalışmasını sağlar ve bu da performansın optimize edilmesine yardımcı olur (Haff & Nimphius, 2012).

Maksimal kuvvetin gelişimi, yalnızca kas kütlesi artışı ile değil, aynı zamanda sinir-kas koordinasyonunun ve motor birim aktivasyonunun iyileştirilmesiyle de ilişkilidir. Bu adaptasyonlar, kasların daha fazla motor birimi aynı anda aktive etmesini sağlar ve böylece kaslar daha büyük bir kuvvet üretebilir. Ayrıca, maksimal kuvvet antrenmanları, kas-iskelet sistemi üzerinde mekanik stres oluşturarak kemik yoğunluğunu artırabilir ve sakatlanma riskini azaltabilir. Dolayısıyla, maksimal kuvvetin geliştirilmesi, yalnızca sportif performansı değil, aynı zamanda genel fiziksel sağlığı ve dayanıklılığı da artırır (Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

#### **2.4.1.2. Patlayıcı (Çabuk) Kuvvet**

Patlayıcı kuvvet bir diğer adıyla çabuk kuvvet, bir kasın veya kas grubunun mümkün olan en kısa sürede maksimum kuvvet üretme yeteneği olarak tanımlanır ve spor performansında kritik bir rol oynar. Özellikle sprint, atlama, fırlatma ve benzeri yüksek hız gerektiren aktivitelerde, patlayıcı kuvvet sporcunun başarılı olabilmesi için temel bir bileşendir. Patlayıcı kuvvet, kuvvetin hızla üretilme kapasitesi anlamına gelir ve bu kapasite, kasın elastik özellikleri, motor birim aktivasyonu ve nöromusküler koordinasyon gibi faktörler tarafından belirlenir. Spor performansını optimize etmek isteyen antrenörler ve sporcular için, patlayıcı kuvveti geliştirmek, hızlı kasılma yeteneğini artırmak anlamına gelir (Newton & Kraemer, 1994).

Patlayıcı kuvvet, pliometrik antrenmanlar, balistik egzersizler ve dirençli sprint çalışmaları gibi yüksek hızda gerçekleştirilen kuvvet antrenmanları ile geliştirilebilir. Bu tür antrenmanlar, kas-tendon ünitesinin esnekliğini ve reaktif kuvvet üretme kapasitesini artırarak, hareketlerin daha hızlı ve güçlü yapılmasına olanak tanır. Örneğin, bir basketbolcunun çabuk kuvveti, kısa sürede daha yükseğe sıçrayabilme kapasitesini artırır, bu da oyun sırasında ribaund alma veya blok yapma gibi becerilerde avantaj sağlar. Patlayıcı kuvvetin geliştirilmesi, aynı zamanda motor birimlerin senkronize bir şekilde aktive edilmesiyle, kasların hareket başlangıcında maksimum kuvvet üretmesini sağlar (Cormie ve ark. 2011).

Patlayıcı kuvvet, sporcunun hem patlayıcı güç hem de hız performansını artırmasına olanak tanır. Bu kuvvet türü, genellikle maksimum kuvvetten farklı bir antrenman yaklaşımı gerektirir; düşük dirençle yüksek hızda yapılan tekrarlar ve pliometrik hareketler, patlayıcılığın en etkili şekilde geliştirilmesine yardımcı olur. Bu nedenle, sporcuların çabuk kuvveti geliştirmek için özel olarak tasarlanmış antrenman programlarına dahil olmaları, performanslarının çeşitli yönlerini optimize etmelerine katkı sağlar. Patlayıcı kuvvet antrenmanı, yalnızca sporcuların performansını artırmakla kalmaz, aynı zamanda hız, güç ve koordinasyonun daha iyi entegre edilmesini sağlayarak genel atletik becerilerin gelişimini destekler (Young, 2006).

#### **2.4.1.3. Dayanıklılık Kuvveti (Kassal Dayanıklılık)**

Dayanıklılık kuvveti, kasların uzun süre boyunca belirli bir kuvvet uygulama kapasitesini ifade eder ve genellikle dayanıklılık sporlarıyla ilişkilidir. Bu kuvvet türü, özellikle uzun süreli egzersizlerde veya tekrarlı hareketlerde, kasların yorgunluğa karşı direnç göstermesi açısından büyük önem taşır. Dayanıklılık kuvveti, kasların oksijen kullanım kapasitesini artırarak, kas liflerinin enerji üretimini optimize eder ve bu sayede sporcunun daha uzun süre performans sergilemesine olanak tanır (Jones & Carter, 2000). Özellikle maraton koşusu, bisiklet, yüzme gibi spor dallarında dayanıklılık kuvveti, sporcunun başarısını belirleyen temel faktörlerden biridir.

Dayanıklılık kuvvetinin geliştirilmesi için, düşük-orta yoğunlukta ancak uzun süreli egzersiz programları tercih edilir. Bu egzersizlerde genellikle yüksek tekrarlı ve düşük ağırlıklı antrenmanlar kullanılır, bu da kasların hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini verimli bir şekilde kullanmasına yardımcı olur. Dayanıklılık kuvveti antrenmanları, kaslarda yorgunluğa karşı direnci artırırken aynı zamanda kalp ve dolaşım sistemlerinin kapasitesini de artırır. Yapılan araştırmalar, dayanıklılık kuvvetinin geliştirilmesinin spor performansını optimize etmekle kalmadığını, aynı zamanda sakatlanma riskini de azalttığını göstermektedir (García-Pallarés & Izquierdo, 2011).

Dayanıklılık kuvveti antrenmanlarının bir diğer önemli faydası, kasların toparlanma sürecini hızlandırmasıdır. Dayanıklılık antrenmanları sırasında kaslar, daha düşük yoğunluklarda çalışarak laktat birikimini azaltır ve böylece yorgunluk hissi geciktirilir. Bu durum, sporcunun bir sonraki antrenman veya yarışmaya daha kısa sürede

hazır olmasını sağlar (Rønnestad ve ark. 2012). Ayrıca dayanıklılık kuvveti, kasların zamanla adaptasyon göstermesine olanak tanır ve bu süreçte kas liflerinin verimliliği artar. Bu adaptasyonlar, sporcunun performansını sürdürülebilir bir şekilde yükseltir ve uzun vadeli başarıyı destekler (Maughan ve ark. 2000).

## **2.5. Kuvvet Antrenmanı Türleri**

Literatür açısından, kas kuvveti bir sporcunun vücut hareketlerini etkili bir şekilde gerçekleştirmesi için gereken kuvveti ifade eder. Yüksek kas kuvveti, performansı artırabilir, sakatlık riskini azaltabilir, dayanıklılığı artırabilir ve hızlı, çevik tepkileri destekleyebilir (Baechle, 2008). Bu nedenle, sporcular kas kuvvetini artırmak için özel antrenman programlarına katılır. Bu programlar, ağırlık kaldırma ve direnç antrenmanları gibi egzersizleri içerir. Kas kuvveti, bir sporcu için başarıya ulaşmasında kritik bir faktördür (Young, 2006). Bu anlamda son yıllarda kuvvet antrenmanlarından alınan faydaları maksimize etmek için farklı ekipman kullanımları yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Geleneksel ekipmanlara (halter, dambıllar, elastik bantlar, ağırlık makineleri ve sağlık topları vs.), titreşim aletleri, dengesiz yüzey içerikli ekipmanlar, kettlebell ve TRX çekme kayışı gibi ekipmanlar eklenmiştir (Lloyd ve ark, 2014).

### **2.5.1. Vücut Ağırlığı Antrenmanları**

Vücut ağırlığı antrenmanı, tarih boyunca var olan bir antrenman pratiğidir ve eski medeniyetlerden günümüze kadar uzanır. Antik Yunanlılar, Romalılar ve Mısırlılar tarafından tercih edilen bu antrenman yöntemi, günümüzde hala Birleşik Devletler ordusu gibi kurumlar tarafından kullanılmaktadır. Temelde, vücut ağırlığı antrenmanı, vücudu yer çekimine karşı bir direnç aracı olarak kullanarak çalıştırmayı içeren bir egzersiz biçimidir. Bu geleneksel antrenman yöntemi, basit ve etkili olmasıyla bilinir ve fiziksel gücü artırmak, dayanıklılığı geliştirmek ve genel fitness seviyesini yükseltmek için kullanılır (Harrison, 2010). Vücut ağırlığı antrenmanının çeşitli formları arasında jimnastik, şınav, mekik ve çömelleme hareketlerini içerir. Jimnastik, bedenin kendi

ağırlığıyla çalışarak güç ve esneklik geliştirmeyi amaçlayan bir antrenman şeklidir. Sıçrama antrenmanları, hız ve patlayıcı güç kazanmayı hedeflerken, yoga ise zihin ile beden arasındaki bağlantıyı arttıran bir vücut ağırlığı antrenmanı biçimidir (Baechle, 2008). Vücut ağırlığı antrenmanı teknik ve doğru ilerleme konusunda beceri gerektirse de, özel ekipman veya bunu yapmak için belirli bir yer gerektirmez (Chu, 1996).

Vücut ağırlığı antrenmanı etkili bir kuvvet ve kondisyon aracıdır . Geleneksel ağırlık antrenmanında olduğu gibi, doğru şekilde uygulandığında hem fiziksel güç hem de dayanıklılık açısından olumlu sonuçlar doğurabilir (Harrison, 2010).

### **2.5.2. Ağırlık Makineleri Antrenmanları**

Makine tabanlı kuvvet antrenmanları, egzersiz makinelerinin kullanıldığı ve makinelerdeki dirençler ile çalışmanın amaçlandığı antrenman programlarıdır. Bu makineler, spesifik kas gruplarını hedef almak için tasarlanmıştır ve genellikle bir dizi ağırlık bloğu, kablo sistem ve hidrolik sistemler gibi direnç sağlayan mekanizmalarla donatılmıştır. Vücut ağırlığının yerine makinelerin sabit dirençleri kullanılarak, istenen kas gruplarına yüksek kontrollü bir yüklenme yapılabilir (Lennon ve ark, 2010). Makine tabanlı kuvvet antrenmanları, kas gücü, dayanıklılık veya kas kütlesini artırmak için kullanılabilir ve genellikle belli bir hareketi öğrenmek veya uygulamak daha kolay olduğundan, yeni başlayanlar için tercih edilebilirliği fazladır (Johnen ve ark, 2018).

Ağırlık egzersiz makineleri, kuvvet antrenmanları için güvenli bir ortam sağlayarak kullanıcıların çeşitli avantajlardan faydalanmasını sağlar. Bu makineler, kullanıcıların egzersizleri kolayca öğrenmelerine ve uygulamalarına imkan tanırken, ağırlık değişimini hızlı bir şekilde ayarlamak da son derece pratiktir. Ancak, bu makinelerin dezavantajları da göz ardı edilmemelidir. Kullanıcıların farklı antropometrik özelliklerine uyum sağlamakta sınırlı olabilirler ve bazen doğal hareketlerin kısıtlanmasına neden olabilirler. Ayrıca, serbest ağırlık egzersizlerinde olduğu gibi, nöromüsküler aktivasyonu ve doğal hareketlerle ilişkili olan dengeyi ve stabilizasyonu desteklemekte sınırlı kalabilirler. Bu durum, kullanıcıların tam potansiyellerini ortaya koymalarını engelleyebilir (American College of Sports Medicine, 2009).



Sonuç olarak, ağırlık makineleri, kullanıcıların çeşitli kas gruplarını hedef alarak güçlenmelerine ve kas kütlesini artırmalarına olanak tanır. Ayrıca, bu makineler, egzersiz programlarını düzenlemeyi ve belirli hedeflere ulaşmayı kolaylaştırır. Fakat, serbest ağırlık egzersizleri kadar doğal hareketlere izin verme ve dengeleyici kasları hedefleme konusunda bazı sınırlamalara sahip olabilirler.

### 2.5.3. Serbest Ağırlık Antrenmanları

Serbest ağırlık antrenmanları, vücut ağırlığının ötesinde ağırlıkların kullanılmasıyla gerçekleştirilen kuvvet antrenmanı yöntemleridir. Bu antrenmanlar, genellikle serbest ağırlık ekipmanları, halter, dambıl, direnç lastikleri ve kettlebell gibi araçlarla yapılmaktadır. Squat, deadlift, bench press gibi temel ağırlık kaldırma hareketleri, serbest ağırlık antrenmanlarının temelini oluşturur (Garhammer J, 1981). Serbest ağırlık çalışmalarının bazı avantaj ve dezavantajları vardır; avantajlar arasında, temel bileşen hareketlerinin birden fazla kas grubunu aynı anda hedeflemesi ve bütünlüklü güç kazandırması bulunmaktadır. Ayrıca, serbest ağırlıkların kullanımı, vücudun doğal hareket paternlerini taklit eder, bu da günlük aktivitelerde ve spor performansında daha iyi bir transfer sağlar (Stone ve ark, 2007). Bununla birlikte, dezavantajlar da mevcuttur. Özellikle, bazı serbest ağırlık hareketlerinin doğru form ve teknik gerektirmesi, yanlış yapılan hareketlerin yaralanma riskini artırabileceği anlamına gelir. Ayrıca, başlangıç seviyesindeki bireyler için yüksek ağırlıkların kullanılması zor olabilir ve antrenmanı sınırlayıcı olabilir. Bununla birlikte, serbest ağırlık antrenmanlarının etkili bir şekilde uygulanması için doğru teknik, yeterli ağırlık ve uygun ekipman gerektiği unutulmamalıdır (Haugen ve ark, 2023). Başlangıç seviyesinde olanlar, profesyonel rehberlik ve doğru eğitimle bu antrenmanları güvenli bir şekilde uygulayabilirler. Bu nedenle, farklı antrenman türlerinin avantaj ve dezavantajlarının incelenmesi, hangi antrenman metodunun daha etkin olduğunu anlamak için önemli bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir.

Prieto ve Sedlacek'in 2021'deki çalışması, genç erkeklerde sekiz haftalık serbest ağırlıklı kuvvet antrenmanının, diğer egzersiz yöntemlerine göre daha fazla güç artışı ve yağsız doku gelişimiyle ilişkilendirilirken, vücut ağırlığı merkezli egzersizin belirgin etki göstermediğini ancak adaptasyon süreçlerinin tam olarak anlaşılabilmesi için daha geniş

bir perspektif gerektiğini vurgulamıştır (Prieto & Sedlacek, 2021). Başka bir araştırma, serbest ağırlık ve makine antrenmanlarının kas gücü ve kütlelerinde benzer etkilere sahip olduğunu, ancak serbest ağırlıkların özellikle erkeklerde serbest testosteron seviyelerini daha fazla artırdığını göstermiştir (Schwanbeck ve ark, 2020). Yapılan bir başka çalışmada ise makinelerle ve serbest ağırlıklarla yapılan direnç egzersizlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, serbest ağırlık egzersizlerinin katılımcılar arasında daha yüksek keyif ve aktivasyon seviyeleriyle ilişkilendirildiği tespit edilmiştir (Carraro, 2018). Başka bir çalışmada ise, serbest ağırlık ve makine tabanlı antrenmanların anlık etkilerini incelemiş ve bilişsel performansı karşılaştırmıştır. Sonuçlar, genelde gruplar arasında büyük farklılık göstermese de, serbest ağırlık egzersizinin bilişsel testlerde daha iyi performans sergilediğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, serbest ağırlık antrenmanlarının özellikle bilişsel kontrol üzerinde daha etkili olabileceğini işaret ederken, daha fazla araştırma gerekliliğini vurgulanmıştır (Wilke ve ark, 2020).

Serbest ağırlık, ağırlık makineleri ve vücut ağırlığıyla yapılan antrenmanlar, farklılıklarıyla birlikte genellikle antrenman programlarında çeşitlilik ve adaptasyonun anahtarı olarak görülebilir. Her biri, kas gelişimi, güç artışı, fiziksel form ve bilişsel yetenekler üzerinde farklı etkiler sağlayabilir. Bu yöntemlerin kombinasyonu, bireylerin ihtiyaçlarına ve hedeflerine yönelik optimal bir antrenman programı oluşturmak için kullanılabilir.

## **2.6. Sportif Performans ve Beslenme**

Sporcu beslenmesi, sporcuların performanslarını optimize etmek, iyileşmeyi desteklemek, yaralanma riskini azaltmak ve genel sağlık durumlarını korumak için özel olarak tasarlanmış bir beslenme yaklaşımıdır. Bu, sporcuların fiziksel aktiviteleri, antrenmanları, ve rekabetleri için ihtiyaç duydukları enerjiyi, besinleri ve sıvıları doğru miktarlarda ve doğru zamanlarda alarak sağlamayı amaçlar. Sporcu beslenmesi, genellikle bir spor hekimi, diyetisyen veya beslenme uzmanı tarafından yönetilir ve kişiselleştirilmiş bir yaklaşımı içerir. Sporcuların ihtiyaçları, spor dalı, antrenman düzeni, yoğunluk ve süresi, vücut kompozisyonu, performans hedefleri ve kişisel özelliklerine göre değişiklik gösterebilir (Güneş, 2005).

Sporcu beslenmesi, performansın artırılması ve sağlıklı bir fiziksel durumun sürdürülmesi için kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda, sporcu beslenmesi birkaç temel prensibe dayanmaktadır. İlk olarak, sporcuların fiziksel aktiviteleri için gerekli enerjinin dengelenmesi, antrenman sıklığı ve yoğunluğuna uygun bir biçimde sağlanmalıdır. Besin çeşitliliği de büyük önem taşır; vücuda gerekli olan tüm besin maddelerini karşılayacak şekilde farklı besin gruplarından beslenme, dengeli bir beslenme planının temelidir (Potgieter, 2013). Ayrıca, sporcuların sıvı alımı, terleme ve antrenman sırasında yaşanan su kaybı göz önüne alınarak doğru şekilde yönetilmelidir. Antrenman veya yarışma öncesi-sonrası beslenme stratejileri, performansı artırırken iyileşmeyi hızlandırır ve yorgunluğu azaltır; bu süreçlerdeki beslenme, sporcuların hedeflerine yönelik olmalıdır (Maughan, 2013). Son olarak, suplementasyon yoluyla eksik besin öğelerini tamamlama veya belirli hedeflere ulaşma gereksinimi doğabilir; ancak bu takviyelerin kontrollü bir şekilde ve uzman gözetiminde kullanılması hayati önem taşır (Güneş, 2005). Sporcu beslenmesi, her sporcunun bireysel ihtiyaçlarına uygun şekilde kişiselleştirilmiş bir yaklaşım gerektirir ve genellikle zaman içinde ve antrenman programlarına göre değişebilir. Bu, sporcunun performansını en üst seviyeye çıkarmak ve sağlıklı bir şekilde rekabet etmesini sağlamak için hayati önem taşır.

Doğru beslenme, antrenman sonrası iyileşmeyi hızlandırabilir; protein, karbonhidrat ve sağlıklı yağların uygun alımı, kas onarımı ve dokuların yenilenmesini destekleyebilir (Driskell ve Wolinsky, 2002). Aynı zamanda, besin öğeleri olan proteinler, karbonhidratlar, yağlar, vitaminler ve mineraller, spor performansını etkileyen faktörlerde kritik bir rol oynar; vücut bu besinlerle antrenmanlardan daha fazla fayda sağlar. Hidrasyon seviyelerinin doğru tutulması, sporcuların dayanıklılığını ve performansını etkiler; yeterli sıvı alımı, antrenman ve yarışmalarda daha iyi bir performans sergilemelerine yardımcı olabilir (Bagchi ve ark, 2018).

Son olarak, yeterli ve dengeli beslenme, kas ve kemik sağlığını destekler, bu da yaralanma riskini azaltabilir ve sporcuların antrenmanlara devam etmesini sağlayabilir. Dolayısıyla, doğru beslenme ve sporcu beslenmesi, sportif performans üzerinde önemli bir etkiye sahiptir; sporcuların ihtiyaçlarına uygun beslenmeleri, performanslarını artırabilir ve genel sağlık durumlarını olumlu yönde etkileyebilir (Güneş, 2005).

### 2.6.1. Proteinler

Proteinler, canlı organizmalarda temel yapı taşları olan büyük ve karmaşık moleküllerdir; bu moleküller, hücrelerin yapısal bileşenlerini oluşturur, dokuların sağlıklı işlevlerini yerine getirir ve amino asitlerin farklı kombinasyonları ve sıralamalarıyla çeşitli protein yapılarını meydana getirirler (Bean, 2020). Proteinler, çeşitli biyolojik işlevlere sahiptir. Enzimler, hormonlar, antikolar, yapısal proteinler (örneğin kas liflerinde bulunan aktin ve miyozin gibi), taşıyıcı proteinler (hemoglobun gibi) ve birçok diğere biyolojik işlevleri yerine getiren protein türleri bulunmaktadır. Beslenme açısından da, insanlar ve diğere canlılar için proteinler temel bir besindir. Proteinler, vücudun büyümesi, gelişmesi, onarılması ve normal işlevlerini sürdürebilmesi için gereklidir. (George, 2015).

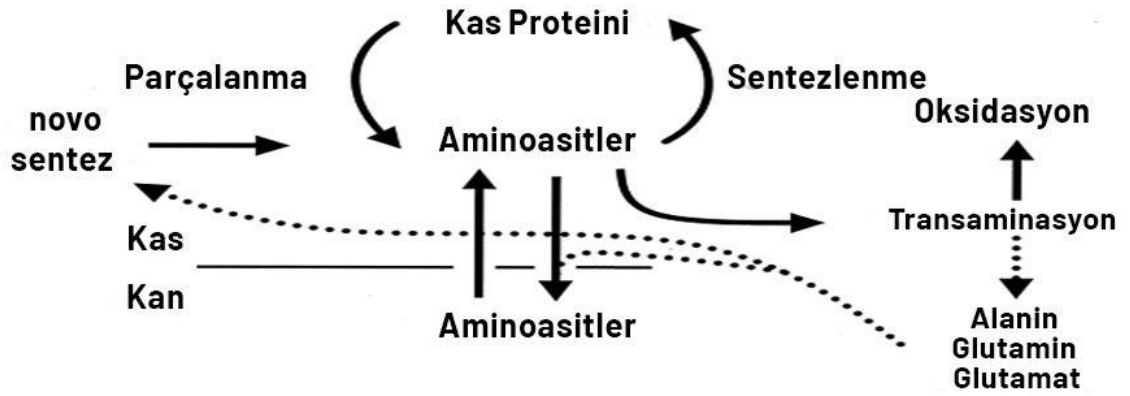
Proteinler, sporcuların güçlenmesi, kas yapısı ve iyileşmesi için kritik öneme sahiptir. Sporcuların performansını artırmak ve vücutlarının sağlıklı kalmasını sağlamak için proteinler büyük bir rol oynar. Sporcular açısından proteinler genellikle kas gelişimi, kas onarımı ve vücut kompozisyonu üzerinde odaklanılır. Antrenman sırasında kas lifleri mikro hasarlar alır ve proteinler, bu hasarın onarılmasında kilit bir rol oynar. Yüksek kaliteli protein kaynakları, sporcuların bu onarım sürecinde ve kasların yeniden yapılanmasında hayati öneme sahiptir. Ayrıca, sporcuların performansını artırmak için proteinlerin enerji üretiminde de kritik bir rolü vardır. Özellikle dayanıklılık sporları yapan sporcular için, proteinler enerji sağlayarak kasların etkin bir şekilde çalışmasını ve dayanıklılığın artmasını destekler (Tarnopolsky, 2004). Proteinler ayrıca kas kütlesini korumak ve büyötmek için gereklidir. Kaslar, proteinlerin yapı taşları olan amino asitlere ihtiyaç duyar ve bu nedenle yeterli miktarda protein alımı, kasların büyümesi ve güçlenmesi için önemlidir (Langer ve D'Hulst, 2020).

Et, süt ürünleri, yumurta, balık, baklagiller ve tahıllar gibi çeşitli gıdalarda bol miktarda protein bulunur (Güneş, 2005). Vücutta yapısal ve düzenleyici roller üstlenen proteinler, amino içeren ve 20'sinden 9'u vazgeçilmez kabul edilen esansiyel amino asitlerle birlikte amino asit zincirlerinden oluşur; bu süreç, sürekli bir sentez ve parçalanma döngüsü içinde işler ve hasarlı proteinlerin uzaklaştırılmasını ve hücre taleplere hızlı cevap verilmesini sağlayarak metabolik akışı sürdürür (Tarnopolsky, 2004). Protein takviyesinin kas kütlesi, gücü ve kuvveti üzerinde olumlu kronik etkileri

olduğunu bildirilmiştir (Pasiakos ve ark, 2015). Egzersiz yapan çoğu kişi için kas kütlesini artırmak veya korumak için genellikle vücut ağırlığı başına günlük 1,4 ila 2,0 gram protein alımı yeterlidir. Ancak, direnç antrenmanı yapan kişilerde yağsız vücut kütlesini korumanın öncelikli olduğu hipokalorik dönemlerde, daha yüksek protein alımlarına ihtiyaç duyulabilir (örneğin, 2,3 ila 3,1 gram/kg/gün) (Jäger ve ark. 2017).

Sonuç olarak, proteinler sporcuların antrenman performansını artırmak, kasları onarmak ve güçlendirmek, dayanıklılığı artırmak ve genel vücut sağlığı için kritik bir rol oynar. Bu nedenle, sporcuların beslenme planlarında yeterli ve kaliteli protein alımına özen göstermeleri önemlidir.

Literatür, vücuttaki proteinlerin sürekli olarak üretilip parçalandığı, bu sürecin ise protein döngüsü olarak adlandırıldığı gerçeğini vurgular. Protein döngüsü, temel olarak iki aşamadan oluşur: protein sentezi (anabolizma) ve protein parçalanması (katabolizma) (Lunn ve ark, 2012). Protein sentezi, hücrenin yeni proteinler üretmesini sağlar ve genellikle amino asitlerin birleşmesiyle gerçekleşir. Bu aşama, kas dokusunun yenilenmesi, büyümesi ve onarımında etkilidir. Özellikle direnç egzersizi veya yüksek protein alımı gibi uyarılar, kas hücrelerinde protein sentezini artırarak kas büyümesine katkıda bulunabilir. Diğer yandan, protein parçalanması, işlevini kaybetmiş, hasar görmüş veya gereksiz proteinlerin parçalanması sürecidir. Bu süreç, hücrenin protein dengesini korumasına yardımcı olur. Araştırmalar, protein sentezinin protein parçalanmasından daha yüksek olduğu durumlarda kas dokusunun büyümesine katkıda bulunduğunu göstermektedir (Herrero ve ark, 2013). Bu bulgular, protein döngüsünün önemini vurgulayarak, kas büyümesi üzerindeki etkilerini anlamamıza katkı sağlamaktadır. Protein döngüsü, kas dokusunun yapılanması, onarımı ve adaptasyonu için kritik bir süreçtir ve kas hücrelerinin sağlıklı işleyişini sürdürmek için sürekli olarak devam eder. İskelet kasında da benzer bir protein döngüsü bulunur ve yüksek yoğunluklu direnç egzersizlerine yanıt olarak kasın değişkenliğinin temelini oluşturur. Şekil 2.1.'de gösterilen iskelet kası protein döngüsü ve amino asitlerin diğer kaslardaki metabolik işlemleri, kas proteolizinin sonucu olarak serbest kalan amino asitlerin genellikle yeniden kullanıldığını ancak bu geri dönüşümün %100 verimli olmadığını ve iskelet kasından önemli miktarda amino asit kaybı olduğunu vurgular (Phillips, 2004).



**Şekil 2.1.** İskelet kasındaki protein döngüsünün ve amino asitlerin çeşitli metabolik şeması (Phillips, 2004).

Proteinler sürekli ve eş zamanlı olarak sentezlenmekte ve yıkılmaktadır (Şekil 2.1). Direnç egzersizinin doğrudan egzersiz sırasında protein döngüsünde veya oksidasyonunda ani bir artışa neden olmadığı görülmektedir. Bu durum, egzersiz anında protein metabolizmasında büyük bir değişiklik olmadığını gösterir. Ancak, egzersiz sonrası dönemde, yani antrenmanın bitiminden sonra, kas protein sentezinde belirgin bir artış olduğu gözlemlenir. Yani, direnç egzersizi, kas proteinlerinin sentezini artırarak kas büyümesine yol açabilir (Yarasheski ve ark. 1993; Biolo ve ark. 1995).

Karıştırılmaması gereken fakat çok benzerlik gösteren bir diğer kavram ise protein dengesi kavramıdır. Protein dengesi, vücutta mevcut olan protein miktarının sentez ve parçalanma arasındaki dengesini ifade eder. Bu denge, hücrelerdeki proteinlerin yapısal ve işlevsel bütünlüğünü korumak için önemlidir (WHO, 2007).

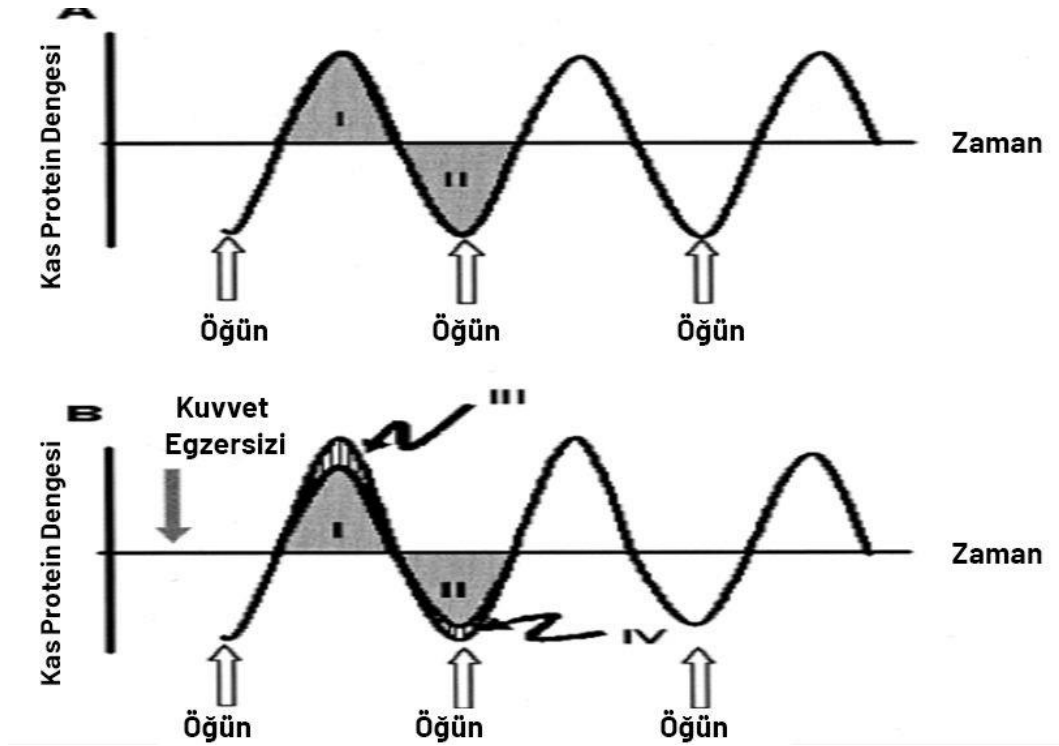
Pozitif protein dengesi durumunda, vücutta üretilen protein miktarı, parçalanmış protein miktarından daha fazladır. Özellikle büyüme, onarım veya adaptasyon gibi durumlarda kas dokusunun artan protein sentezi pozitif protein dengesine yol açabilir. Negatif protein dengesi durumunda, vücuttaki parçalanmış protein miktarı, üretilen protein miktarından fazladır. Bu durum genellikle açlık veya yetersiz beslenme gibi durumlarda veya ağır egzersizler sonrası uzun süreli beslenme olmaması durumunda meydana gelebilir. Negatif protein dengesi, kas dokusunun kaybına veya yetersiz onarıma yol açabilir (Phillips, 2004).

Protein dengesi, kas büyümesi ve dokunun onarımı gibi süreçlerde kritik bir rol oynar. Sporcular ve egzersiz yapan bireyler için, antrenman sonrası dönemde vücuda

yeterli protein alımı, pozitif protein dengesinin korunmasına ve kas dokusunun iyileşmesine ve büyümesine yardımcı olabilir. Beslenme, egzersiz ve vücudun ihtiyaçları dikkate alınarak uygun protein alımı sağlanmalıdır (WHO, 2007).

Protein dengesi ve protein döngüsü, vücuttaki proteinlerin sentez ve parçalanma süreçlerine odaklanan ancak farklı kavramları temsil eder.

Özetle; protein dengesi, vücuttaki protein miktarının sentez ve parçalanma arasındaki dengesini ifade ederken, protein döngüsü ise hücrelerdeki proteinlerin sürekli olarak sentezlenip ve parçalanarak devir edilmesini anlatır. Bu iki kavram, protein metabolizması ve vücut kompozisyonunun anlaşılmasında önemlidir.



**Şekil 2.2.** Dinlenme, direnç egzersizi sırasında ve sonrasında amino asit alımının kas protein sentezi, yıkımı ve net protein dengesi üzerindeki etkileri.

Beslenme ve egzersiz, kas protein sentezini birbirinden bağımsız olarak uyarabilir. Ancak, beslenme ve direnç egzersizi bir araya geldiğinde, kas protein sentezi normalden daha yüksek bir seviyeye çıkar ve kas protein dengesi daha pozitif hale gelir. Egzersiz sırasında kas protein yıkımı artarak negatif protein dengesine yol açsa da, bu durum uygun beslenme ile tersine çevrilir ve kas yapımı başlar. Özellikle egzersiz sonrası uygun beslenme ile kas protein dengesinde pozitif dönemler ardışık olarak birikir ve bu

süreç, zamanla hipertrofi yani kas büyümesine yol açar. Direnç egzersizi, başlangıçta negatif protein dengesi yaratırken, beslenme bu dengeyi pozitif çevirerek kas protein kazanımlarını destekler. Sonuç olarak, hipertrofi, ardışık pozitif protein dengesi dönemlerinin birikimi ile oluşur (Biolo ve ark, 1995).

### 2.6.1.1. Amino asitler

Amino asitler, proteinlerin yapı taşlarıdır ve hücrel işlevlerin yanı sıra vücutta bir dizi önemli rol oynarlar. Her bir amino asit, bir amino grubu (NH<sub>2</sub>), bir karboksil grubu (COOH), bir hidrojen atomu (H) ve bir de değişen bir yan zincir (R grubu) içeren bir karbon atomu ( $\alpha$ -karbonu) içerir. Yan zincirler, amino asitleri farklılaştırır ve özelliklerini belirler (Kricheldorf, 2012).

Vücutta 20 farklı amino asit türü bulunur. Bunlardan 9 tanesi "esansiyel amino asitler" olarak adlandırılır çünkü vücut bu amino asitleri kendi başına üretemez; bu nedenle, bunları dışarıdan besinlerle almak gerekir. Esansiyel amino asitler: histidin, izolösin, lösin, lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valindir (WHO, 2007).

Diğer 11 amino asit, vücut tarafından sentezlenebilir, bu nedenle "non-esansiyel amino asitler" olarak adlandırılır. Bu amino asitler şunlardır: alanin, arjinin, asparajin, aspartik asit, glutamik asit, glutamin, glisin, prolin, serin, sistein ve tirozin (WHO, 2007).

Amino asitler, proteinlerin sentezi için gereklidir. Hücreler, amino asitleri kullanarak proteinler oluşturur. Bu sürece "protein sentezi" denir ve hücrelerin yapılarını korumak, büyümek ve işlevlerini yerine getirmek için önemlidir. Amino asitler ayrıca kas büyümesi, bağışıklık sistemi sağlığı, hormon üretimi ve diğer metabolik süreçlerde de rol oynarlar (Bork, 2000)

Genel olarak, amino asitler vücuttaki temel yapı taşlarıdır ve pek çok biyolojik sürecin düzenlenmesinde kritik bir rol oynarlar.



### 2.6.1.1.1. Esansiyel Amino asitler

Esansiyel amino asitler, vücut tarafından üretilemeyen ve dışarıdan besinlerle alınması gereken amino asitlerdir. Bu amino asitler, vücutta sentezlenemediği için besinler aracılığıyla alınmalıdır. Vücutta protein sentezi ve metabolizma süreçleri için temel yapı taşlarıdır (WHO, 2007).

Esansiyel amino asitler, vücudumuz için temel yapı taşlarıdır ve işlevsel önemleri çeşitli araştırmalarla desteklenmiştir. Lösin, kas protein sentezi, enerji üretimi ve doku onarımında kritik bir rol oynar (Layman, 2003). İzolösin, kas yapımı, enerji üretimi ve kan glukoz düzeylerinin düzenlenmesi için gereklidir (Gu ve ark, 2019). Valin, kas dokusu onarımı, enerji üretimi ve sinir sistemi fonksiyonlarında kilit bir rol oynar. Metiyonin, hem metabolizma hem de protein sentezi için gereklidir ve aynı zamanda güçlü antioksidan özelliklere sahiptir. Lizin, protein sentezi, kalsiyum Emilimi ve bağışıklık sistemi sağlığı için önemli bir amino asittir. Triptofan, serotonin üretimi ve nörotransmitter fonksiyonlarında kritik bir role sahipken, treonin, protein sentezi, bağışıklık sistemi ve kolajen üretimi için gereklidir. Fenilalanin, hormon ve nörotransmitter üretiminde yer alır ve histidin, büyüme, doku onarımı ve kırmızı kan hücresi üretimi için önemlidir. Bu esansiyel amino asitler, vücudun çeşitli işlevlerini destekleyen kritik moleküllerdir ve dengeli bir beslenme programı ile yeterli miktarlarda alınmaları sağlanmalıdır (Bender, 2012).

Esansiyel amino asitler sadece kas protein sentezini artırmakla kalmaz, aynı zamanda egzersiz sonrası toparlanmayı hızlandırarak yorgunluk süresini azaltır. Özellikle lösin, kas proteinlerinin biyosentezinde önemli bir düzenleyici rol oynar ve kas kütesinin korunması için temel bir amino asittir. Esansiyel amino asitlerin, antrenman sonrası kas iyileşmesini hızlandırdığı ve egzersiz performansını artırdığı gözlemlenmiştir (Ferrando ve ark, 2023).

Bu esansiyel amino asitlerin besinlerle alınması önemlidir çünkü vücut bunları sentezleyemez. Protein açısından zengin besinler, genellikle bu esansiyel amino asitleri içerir. Bu amino asitler, vücutta protein sentezi, dokuların onarımı, hormon ve enzim üretimi, bağışıklık sistemi sağlığı ve sinir sistemi fonksiyonları için gereklidir (Trumbo ve ark, 2002).

Yüksek proteinli diyetler, esansiyel amino asitlerin vücutta yeterli miktarda bulunmasını sağlayarak kas dokusunun korunmasına ve egzersiz performansının gelişmesine katkıda bulunur. Bununla birlikte, amino asit takviyelerinin egzersiz performansını destekleme potansiyeli, literatürde geniş çapta tartışılmaktadır (Ferrando ve ark, 2023).

Esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitlerin dengeli bir şekilde alınması, sağlıklı bir beslenme ve vücut fonksiyonları için önemlidir (Trumbo ve ark, 2002).

#### **2.6.1.1.2. Esansiyel Olmayan Amino asitler**

Esansiyel olmayan amino asitler, vücut tarafından üretilen ve dışarıdan besinlerle alınması gerekli olmayan amino asitlerdir. Bu amino asitler, vücutta sentezlenebilir ve genellikle metabolizma süreçleri tarafından üretilir. Bunlar şunlardır: alanin, arjinin, asparajin, aspartik asit, glutamik asit, glutamin, glisin, prolin, serin, sistein ve tirozin (WHO, 2007).

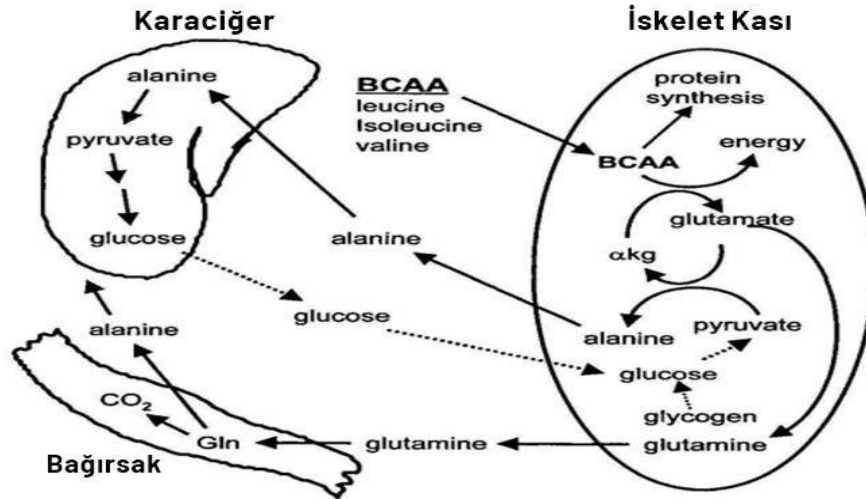
Esansiyel olmayan amino asitlerin temel görevleri arasında protein sentezi ve dokuların onarımı bulunur. Vücut bu amino asitleri kullanarak hücre yapılarını, enzimleri, hormonları ve diğer önemli biyolojik bileşenleri üretir. Bunlar, vücutta çeşitli metabolik süreçlerin düzgün çalışmasına yardımcı olur. Ayrıca, sinir sistemi fonksiyonları, bağışıklık sistemi sağlığı ve hormon üretimi gibi önemli işlevlerde de rol oynarlar. Esansiyel olmayan amino asitlerin çalışma mekanizması, vücutta metabolik yollar aracılığıyla sentezlenmelerini içerir. Örneğin, bir amino asitin sentezi, vücutta başka bir amino asitten başlayarak veya belirli besin maddelerinin parçalanmasıyla gerçekleşebilir. Bu süreçler, vücuttaki protein sentezi ve diğer biyolojik işlevlerin gerçekleşmesi için gereklidir (El-Khoury ve Antoine 1999).

Toplamda 20 amino asit bulunur ve bunların 9'u esansiyel amino asitler olarak kabul edilir. Esansiyel amino asitler, vücut tarafından üretilemez ve dışarıdan besinlerle alınmaları gerekmektedir. Diğer 11 amino asit ise esansiyel olmayan amino asitlerdir; yukarıda bahsedilen metabolizma süreçleri tarafından sentezlenebilirler. Esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler, vücut için gereken protein yapısını oluşturmak ve sağlıklı bir metabolizma için önemlidir (Bork, 2000).

### 2.6.1.2 Dalı Zincirli Amino asitler (BCAA)

Dalı zincirli amino asitler (BCAA'lar), yani lösin, izolösin ve valin, vücuda temel amino asitlerin sağlanmasında önemli bir role sahiptir. Gıdalardaki temel amino asitlerin %50'sini oluştururlar ve kas proteinlerinin içerdiği esansiyel amino asitlerin yaklaşık %35'ini temsil ederler (Harper ve Block, 1984). Dalı zincirli amino asitler, trikarboksilik asit (TCA) döngüsünün önemli öncüleri olarak kabul edilir ve egzersiz sırasında serumdaki BCAA oksidasyonunun düzenlenmesi ile enerji üretimine katkıda bulunabilirler (Shimomura ve ark, 2009). Yapısal ve kontraktıl protein sentezinin yanında, aynı zamanda sinyal görevi de gördükleri bilinir (Mattick ve ark, 2013). Özellikle lösinin rapamisin sinyal yolunu(mTOR) aktive ettiği ve bu yolla kas protein sentezini artırabildiği öne sürülmüştür (Dreyer ve ark, 2008). Bununla birlikte, mitokondriyal biyogenez ve reaktif oksijen türlerinin temizlenmesi gibi iskelet kası enerji metabolizmasına yönelik potansiyel faydalar da belirtilmiştir (Tatpati ve ark, 2010).

BCAA'lar çoğunlukla iskelet kaslarında metabolize edilirken, diğer esansiyel amino asitlerin karaciğerde katabolize edildiği bilinmektedir (Spriet, 2022). Bu nedenle, BCAA takviyesi, egzersize bağlı kas hasarını önlemek veya en aza indirmek için bir beslenme stratejisi olarak düşünülmüştür. Egzersize bağlı kas hasarı (EIMD), genellikle mekanik stres ve sonrasında gelen enflamasyon süreçleriyle ilişkilendirilmiştir (Clarkson ve Hubal, 2002). Bu nedenle, egzersiz sırasında kas protein yıkımının azalması ve reaktif oksijen türlerinin temizlenmesinin (Valerio ve ark, 2011), EIMD sonrası yapısal ve metabolik değişiklikleri hafifletebileceği düşünülmektedir (Fouré ve ark, 2015). Ayrıca, BCAA tüketimi, özellikle lösin ile ilişkili olan anabolik etki, hasar görmüş kas dokularının onarım sürecine katkıda bulunabileceği için potansiyel bir destekleyici olarak görülmektedir (Nair ve ark, 1992).



**Şekil 2.3.** BCAA'ların visceral dokulardan iskelet kasına taşınması ve kas dokusunda protein sentezi, enerji üretimi, alanin ve glutamin sentezinde kullanımı (Layman, 2003).

Kısaltmalar: BCAA-dallı zincirli amino asitler, α-ketoglutarat BCAA'lar, karaciğer ve bağırsaklardan kana geçer ve protein sentezi veya enerji üretimi için iskelet kaslarında kullanılır. BCAA'ların enerjiye dönüştürülmesi, alanin ve glutamin oluşturmak için BCAA'lardan piruvat veya α-ketoglutarat'a aktarılan amino nitrogenin salınmasıyla sonuçlanır. Alanin ve glutamin, kaslardan kana salınır ve iç organlara geri gönderilir (Layman, 2003).

### 2.6.1.3. Dallı Zincirli Amino asit: Lösin

Lösin, esansiyel bir amino asittir ve protein sentezi, kas büyümesi ve doku onarımı için kritik bir rol oynar. Vücut tarafından üretilmeyen ve dışarıdan besinlerle alınması gereken bir amino asittir. Beslenme ve protein sentezi bağlamında özellikle önemlidir çünkü kas proteini sentezini artırmak için önemli bir sinyal molekülüdür (Arey ve Dias, 2016)

Lösinin kas proteinleri üzerindeki anabolik etkileri yıllardır rapor edilmektedir (Li ve Jefferson, 1978; Tischler ve ark, 1982). Ancak araştırmacılar, bu amino asidin genel metabolik rollerini anlama ve entegre etme konusunda ancak son zamanlarda ilerleme kaydetmeye başladılar (Hutson ve Hards, 2001).

Lösin, metabolizmaya;

1) protein sentezi için bir substrat olarak,

2) bir yakıt olarak,

3) metabolik bir sinyal olarak dahil olmak üzere çeşitli şekillerde katılır (Layman, 2003).

Lösin, hücre büyümesi, çoğalması, hareketliliği ve hayatta kalması üzerinde etkili olan bir mekanizma olan mTOR'un, yani serin-treonin protein kinazının memeli hedefini aktive ederek protein sentezini uyarır. Aynı zamanda, proteinlerin parçalanmasını engelleyerek bu süreçte önemli bir rol oynar (Brestenský ve ark, 2015).

İskelet kası, üç dallı zincirli amino asidin, lösin, izolösin ve valinin parçalanmasının ana bölgesidir. Bu üç amino asidin kasta parçalanması, karbonun doğrudan bir enerji kaynağı olarak kullanılmasını sağlar ve ayrıca alanin ve glutamin sentezi için uyarı sağlar (Crowe ve ark, 2006).

Son olarak, lösin için en yeni ve belki de en ilgi çekici rol, insülin sinyal zincirinin bir parçası olarak hücre içi sinyal transdüksiyonuna katılımıdır. Lösinin sinyalleşmeye katılımının yakın zamanda keşfedilmesi, bu temel amino asidin çeşitli metabolik rolleri arasında bağlantılar örmeye başlar (La Bounty ve ark, 2011).

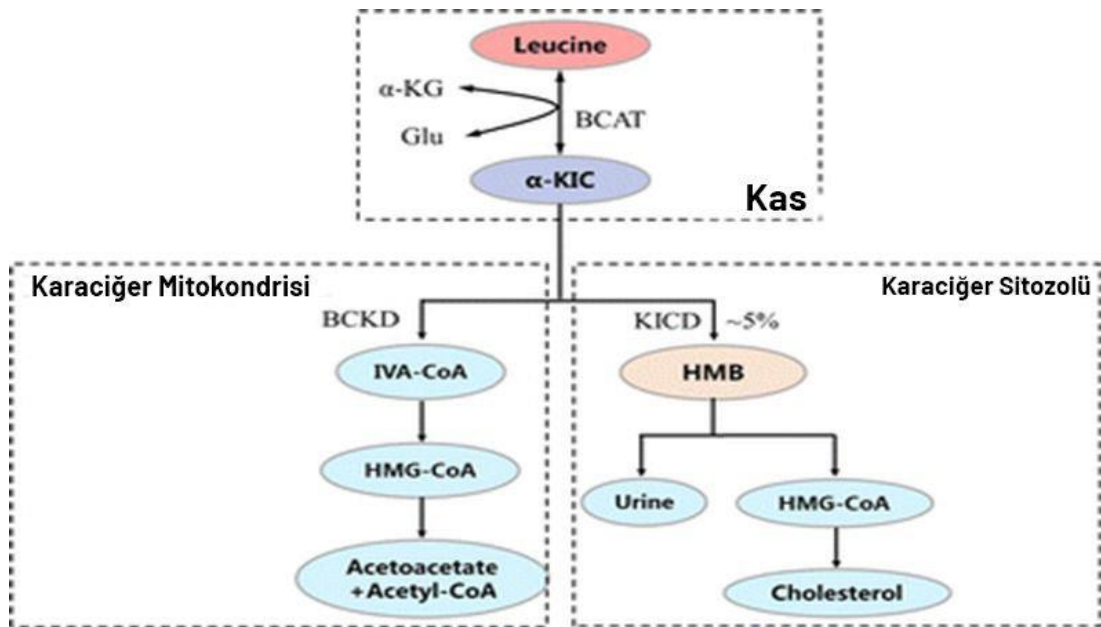
Günümüzdeki hayvan modeli kullanılarak yapılan araştırmalar, izolösin veya valinin aksine, lösinin tek başına uygulanmasının kas protein sentezi oranlarını tam esansiyel amino asit karışımları veya tam protein seviyesinde bile tetikleyebildiğini göstermektedir (Churchward-Venne ve ark, 2014).

İnsanlarda yürütülen belirli çalışmalar, kas protein sentezindeki artışları desteklemek ve iskelet kas kütlelerini artırmak amacıyla lösin takviyesinin etkinliğine odaklanmıştır (Churchward-Venne ve ark, 2012; Leenders ve ark, 2011).

## 2.7. Lösin ve Metabolitleri

Lösinin temel metabolitleri olan  $\alpha$ -ketoizokaproat ( $\alpha$ -KIC) ve  $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metilbütirattır (HMB). Bu iki metabolit, azot içermeyen ve çevre için faydalı olan besin

takviyeleridir. Lösinin, protein metabolizması, insülin salgılanması, glukoz homeostazı, yağ asidi oksidasyonu ve mitokondriyal işlev gibi çeşitli fizyolojik süreçlere etkilerini lösinin tek başına mı yoksa özgün metabolitleriyle birlikte mi gerçekleştirdiği hala belirsizdir (Duan ve ark, 2016). Proteinin lösin içeriğinin %5 ile %10 arasında değiştiği varsayılmaktadır (Mero, 1999). Lösin metabolizması iki temel adımdan oluşur. İlk adım, lösinin  $\alpha$ -ketoglutarat ile reaksiyona girerek glutamata dönüşmesi ve  $\alpha$ -ketoizokaproatın ( $\alpha$ -KIC) oluşmasıdır (Şekil 2.4.). Bu reaksiyon, kas dokusunda yoğun olarak bulunan bir enzim olan dallı zincirli amino asit aminotransferaz (BCAT) tarafından gerçekleştirilir (Wilkinson ve ark, 2013; Su ve ark, 2012).



Şekil 2.4. Lösin Metabolizmasının Biyokimyasal Aşamaları (Duan ve ark, 2016).

BCKD- Dallı Zincirli Ketoasit Dehidrogenaz; BCKD kompleksi, özellikle lösin, izölösin ve valin gibi dallı zincirli amino asitlerin (BCAA'lar) metabolizmasında oksidatif parçalanması sürecinde yer alarak enerji üretimine katkı sağlar. KICD-  $\alpha$ - ketoizokaproat dehidrogenaz kompleksi ile lösin, vücutta çeşitli biyolojik süreçler için kullanılan  $\alpha$ -ketoizokaproat ( $\alpha$ -KIC) adlı bir ara ürüne dönüştürülür.  $\alpha$ -KIC, KICD enzimi tarafından  $\alpha$ -ketoizokaproatın bir sonraki metabolitine olan  $\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metilbütirata (HMB) dönüştürülür. HMG-CoA-3-hidroksi-3-metilglutaril koenzim A; vücutta bir ara ürün olarak bulunan ve kolesterol ve keton cisimciklerinin üretiminde rol oynayan bir

bileşiktir. IVA-CoA-İzovaleril-CoA, bir metabolit olan izovalerik asit tarafından oluşturulan ve beta-okisitlenme yoluyla enerji üretiminde rol oynayan bir bileşiktir.

Lösinin metabolizmasındaki ikinci adım, mitokondriyonda bulunan BCKD kompleksi tarafından gerçekleştirilen bir oksidatif işlemdir. Bu işlem,  $\alpha$ -KIC'nin dönüşümsüz bir şekilde parçalanmasıdır. Bu sürecin çoğu karaciğerde gerçekleşir. Karaciğerde, üretilen  $\alpha$ -KIC'nin büyük bir kısmı farklı bileşiklere ayrışır. Bu parçalanmanın sonucunda, bir kısmı asetoasetat ve asetil-CoA gibi bileşiklere dönüşürken, kalan kısmı ise HMB adı verilen bir bileşiğe dönüşür. Bu işlem, lösinin yıkım sürecini başlatır. HMB daha sonra vücut tarafından atılabilir veya kolesterol sentezine yardımcı olacak bir bileşik olan HMG-CoA'ya dönüştürülebilir. (Duan ve ark, 2016).

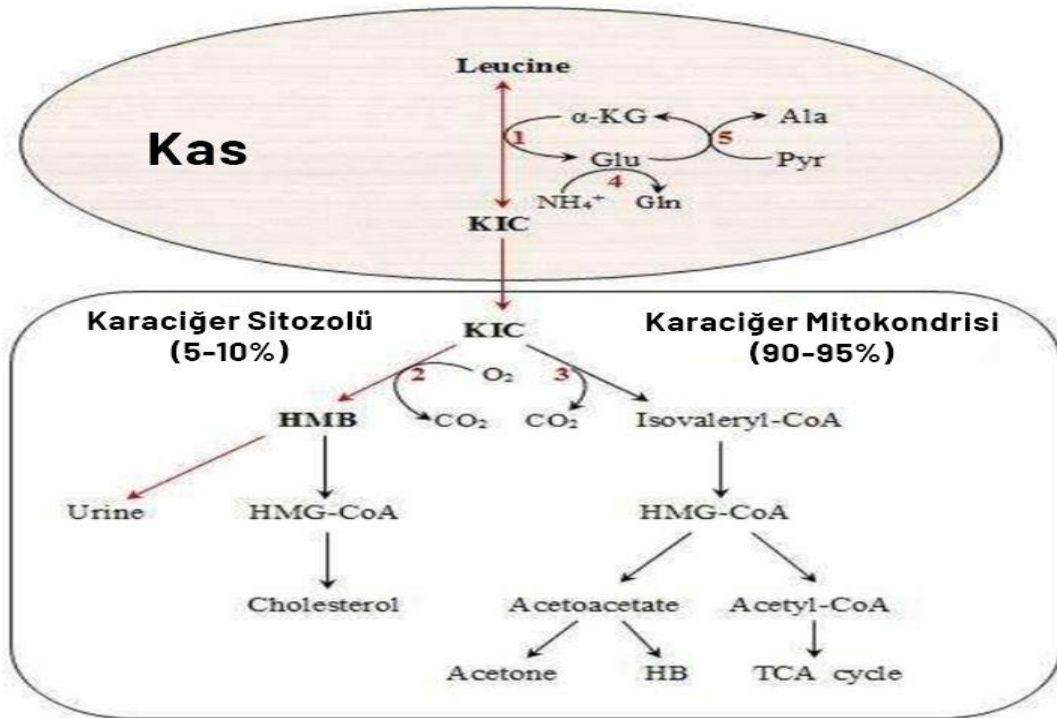
Lösinin biyolojik rolü uzun süredir belirlenmiş olsa da, lösinin metabolitlerinin spesifik işlevleri tam olarak anlaşılammıştır. Yapılan çalışmalar, lösinin olumlu etkilerinin bir kısmının lösinin metabolitlerinden kaynaklanabileceğini öne sürmektedir (Slater ve Jenkins 2000; Pinheiro ve ark. 2012; Wilson ve ark. 2008). Valin ve izolösin dahil olmakla beraber diğer dallı zincirli amino asitlerin aynı etkiyi gösterememesi, lösinin metabolitlerinin özellikle kas yıkımını engelleme gibi koruyucu işlevlerde kritik bir rol oynayabileceği fikrini güçlendirmektedir (Holecek ve ark. 2009).

### 2.7.1. HMB (Hidroksi Metilbütirat)

$\beta$ -hidroksi- $\beta$ -metilbütirat (HMB), esansiyel amino asit lösininden türetilen bir metabolit olmakla birlikte vücutta esansiyel dallı zincirli amino asit olan lösinin bir yan ürünüdür. Lösinin transaminasyonu yoluyla  $\alpha$ -ketoizokaproat (KIC) aracılığıyla oluşur ve buna bağlı olarak lösinin oksidasyonunun yaklaşık %2 ila 10'u HMB'ye dönüşür (Van Koeveering ve ark, 1992). Çeşitli çalışmalar, HMB'nin direnç egzersizi antrenmanı (RET) kaynaklı yağsız kütle kazanımını artırıcı etkiler gösterebileceğini öne sürmektedir (Nissen ve ark, 1996; Panton ve ark, 2000; Slater ve ark. 2001). Bu yönde yapılan araştırmalar, HMB'nin anabolik bir bileşik olabileceğini ve vücut yağ kaybı, kas gücü ve performansı üzerinde olumlu etkileri olabileceğini göstermektedir (Rowlands ve ark, 2009; Teixeira ve ark. 2019). Hem hayvanlar üzerindeki çalışmalar hem de insanlar üzerinde yapılan araştırmalar, HMB'nin iskelet kası büyümesiyle ilişkilendirilebilecek

yönlerini modüle edebileceğini göstermiştir (Girón ve ark, 2016; Kimura ve ark. 2014). Bazı bulgular, HMB'nin kas protein sentezini artırma ve protein yıkımını azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. HMB, kalsiyum tuzuna bağlı formu (HMB-Ca) ve serbest asit formu (HMB-FA) olmak üzere farklı formlarda bulunur (Wilkinson ve ark. 2013). Sağlıklı genç erkekler üzerinde yapılan çalışmalar, hem HMB-Ca hem de HMB-FA'nın kas protein sentezini benzer şekilde uyarabildiğini göstermiştir (Wilkinson ve ark. 2018).

HMB'nin kas kütlesi ve gücü üzerindeki etkileri, yalnızca sağlıklı bireylerde değil, belirli klinik durumlarda da gözlemlenebilir. HMB'nin kas kütlesi, güç ve fiziksel fonksiyon üzerine odaklanıldığı randomize kontrollü çalışmaların sistematik bir analizinin yapıldığı ve toplamda 2137 hasta üzerinde 15 çalışmanın incelendiği kapsamlı bir çalışmada bulgular, HMB'nin kas kütlesi ve güç açısından olumlu etkiler gösterebileceğini, ancak bu etkilerin genellikle küçük olduğunu ortaya koymuştur (Bear ve ark. 2019).



Şekil 2.5. Lösin Metabolizmasında HMB Sentezi (Arazi ve ark, 2018).

Sonuç olarak HMB, lösinin bir metabolitidir ve vücutta kas protein dengesini etkileyebilir. Yoğun egzersiz süreçlerinde, özellikle direnç antrenmanları sırasında, kas



dokusunun korunmasına ve büyümesine destek olabilir. Araştırmalar, HMB'nin kas hasarını azaltma yeteneği ve aşırı egzersizle ilişkili protein yıkımını kısmen önleme özelliği üzerinde durmaktadır. Bu etkiler, kas kütlelerinde artışa ve güç kazanımına katkı sağlayabilir.

## 2.8. Lösin ve Kuvvet Antrenmanları

Lösin, kas kütlelerinin ana bileşenlerinden biridir ve kuvvet antrenmanları ile ilişkilendirilen önemli bir amino asittir (Churchward-Venne ve ark, 2012). Çalışmalar, lösin takviyesinin kuvvet antrenmanları sonrası kas protein sentezini artırabildiğini ve böylece kas kütlesi, kas kuvveti ve dayanıklılığı üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini göstermektedir (Li ve Jefferson, 1978; Tischler ve ark, 1982; Mero, 1999; Garlick, 2005). Kuvvet antrenmanları sonrasında alınan lösin takviyesi, kas proteini sentezini artırarak kas kütlelerinde artışa katkıda bulunabilir (Dodd ve Tee, 2012; Bukhari ve ark, 2015). Bunun yanı sıra, lösinin kuvvet antrenmanları sonrasında kas protein sentezini artırma mekanizması, protein sentezindeki anabolik süreçlerin uyarılmasıyla ilişkilendirilir (Bear ve ark, 2019; Chang ve ark, 2023). Aerobik, anaerobik ve kuvvet egzersizlerinin ardından plazma lösin seviyelerinde belirgin düşüşler görülür; ayrıca yorucu egzersizler sırasında iskelet kaslarında lösin azalması ve glikojen depolarında azalma meydana gelir. Açlık serum lösin seviyeleri, günlük protein alımı yoluyla beslenen sporcularda yoğun antrenman dönemlerinde önemli ölçüde düşebilir (Mero, 1999).

HMB ve lösin takviyelerinin, genç erkeklerdeki direnç antrenmanı sonucunda kas kütlesi ve kuvvet kazanımları üzerindeki etkilerini karşılaştıran 2019'daki çalışma, her iki takviye grubunun da benzer şekilde kas kütlesi, kas kalınlığı ve kas lifi kesit alanı gibi ölçümlerde benzer gelişmeler gösterdiğini ortaya koyarak, HMB ile lösinin direnç antrenmanı sonucu elde edilen kas gelişiminde farklılık oluşturmadığını gösterdi (Jakubowski ve ark, 2019). Lösin takviyesinin, kuvvet performansını artırıcı etkisi olduğuna dair bazı kanıtlar olsa da, bu konudaki bulgular henüz kesin değildir ve daha fazla araştırma gerekmektedir. Bu alandaki mevcut veriler, lösin takviyesinin kuvvet antrenmanlarındaki etkilerini anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz, birden fazla çalışmanın sonuçlarını birleştirerek nihai bir sonuca ulaşmayı sağlayan istatistiksel bir yöntemdir. Bu analiz, çalışmalardan elde edilen sonuçları daha hassas hale getirirken, bireysel çalışmalarda öngörülme veya sorulmayan sorulara yanıt verme ve çelişkili bulguları çözümlene kapasitesine sahiptir (Jonathan ve ark. 2019). Meta-analizde, çalışmalardaki etki tahminlerinin ağırlıklı ortalaması kullanılarak sonuçlar elde edilir ve bu yöntem, araştırmacılara önemli nicel kanıtlar sunar (Fragkos ve Forbes, 2018). Özellikle tıbbi alanda kullanılan bu yöntem, farklı çalışmaların bulgularını bir araya getirerek daha güçlü sonuçlar elde etmeyi hedefler. Sacks ve arkadaşları (1996), meta-analizin dört temel amacını şu şekilde tanımlamıştır: örneklem büyüklüğünü artırarak istatistiksel anlamlılığı güçlendirmek, çelişkili sonuçları bir araya getirerek net bir sonuca ulaşmak, etki büyüklüğü tahminlerinin doğruluğunu iyileştirmek ve başlangıçta ele alınmayan sorulara yanıt aramak (Akgöz, 2004).

Bu sistematik incelemenin çalışma protokolü, PROSPERO veri tabanında CRD42024572758 kayıt numarasıyla önceden kaydedilmiştir. Sistematik incelemeler ve meta-analizler için belirlenen PRISMA yönergeleri (Moher ve ark. 2009) esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma süreci boyunca, sistematik incelemeler ve meta-analizler için tercih edilen raporlama öğelerine titizlikle uyulmuştur.

### 3.1. Literatür Tarama Stratejisi

Bu sistematik derleme, lösin takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması, PubMed, MEDLINE, Cochrane Library, Web of Science ve SPORTDiscus veri tabanları kullanarak yapılmıştır. Tarama stratejisi, aşağıda belirtilen anahtar kelimelerin kombinasyonları kullanarak gerçekleştirilmiştir: "lösin," "amino asit," "egzersiz," "kuvvet," "direnç," "g ," "performans," "takviye." Bu anahtar kelimeler, Boolean operatörler kullanarak şu şekilde yapılandırılmıştır:

(("lösin" VEYA "amino asit") VE "egzersiz" VE ("kuvvet" VEYA "g " VEYA "direnç" VEYA "performans") VE "takviye").

### 3.2 Uygunluk Kriterleri

Bu derleme kapsamında değerlendirilen çalışmaların seçiminde, kapsamlı ve sistematik bir yaklaşımı garanti altına almak amacıyla PICO modeli esas alınmıştır. İncelenen araştırmaların Türkçe veya İngilizce dillerinde tam metin olarak yayımlanmış hakemli araştırma makaleleri olması gerekmektedir. Katılımcılar (P), 18-65 yaş arası sağlıklı bireylerden oluşmaktadır. Lösin veya metabolitlerinin takviyesine verilen yanıtları etkileyebilecek mevcut ya da yakın zamanda geirilmif tıbbi durumu olan bireyler ise çalışmalardan hariç tutulmuştur. Müdahale (I), lösin takviyesinin kronik etkilerini ( $\geq 4$  hafta) değerlendiren çalışmalara odaklanmış ve lösinin tek başına bir besin takviyesi olarak oral yolla uygulandığı araştırmalar dikkate alınmıştır. Çalışmalarda, tek tekrar maksimum (1RM), izometrik veya izokinetik kuvvet, dikey sıçrama yüksekliği gibi kas kuvveti veya gücünü nicel olarak ifade eden sonuç ölçümleri yer almalıdır. Lösin veya metabolitlerinin diğer takviyelerle birleştirildiği çalışmalar uygunluk kriterlerini karşılamamış ve analize dahil edilmemiştir. Karşılaştırıcılar (C), lösin takviyesinin etkilerini plasebo veya kontrol grupları ile karşılaştıran çalışmaları içermiştir. Sonuçlar

(O) ise, kas gücü, hipertrofi veya kuvvet performansına ilişkin ölçümleri rapor eden çalışmalardan elde edilmiştir. Ayrıca, yalnızca randomize kontrollü çalışmalar (RKÇ'ler) uygun kabul edilmiş; akut lösin takviyesini (<4 hafta) inceleyen, damardan veya kas içine uygulama içeren, hayvan ya da hücre kültürü çalışmalarına dayalı ve yalnızca özet ya da konferans bildirisi olarak yayımlanmış çalışmalar meta-analiz dışında bırakılmıştır.

### 3.3. Veri Çıkarma

İki bağımsız araştırmacı, başlangıç aramasında belirlenen tüm makalelerin başlıklarını ve özetlerini taradı ve potansiyel olarak ilgili çalışmaları belirlemek için tam metinleri dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre değerlendirdi. Herhangi bir farklılık tartışma ve uzlaşma yoluyla çözüldü. Anlaşmazlığa düşülen çalışmalar hakkında bağımsız bir araştırmacının görüşüne başvuruldu.

Veri çıkarma, önceden tasarlanmış bir elektronik tablo kullanılarak iki gözden geçirici tarafından bağımsız olarak gerçekleştirildi. Aşağıdaki bilgiler çıkarıldı: çalışma özellikleri (yazarlar, yayın yılı, çalışma tasarımı, örneklem büyüklüğü, popülasyon özellikleri), müdahale ayrıntıları (doz, zamanlama, süre), sonuç ölçümleri (kas kuvveti, güç) ve sonuçlar (her grup için ortalama ve standart sapma değerleri).

Çalışmalar 06.03.2023 ve 22.08.2023 tarihleri arasında taranmış ve toplamda 733 çalışma belirlenmiştir. . Belirlenen tarihlerde farklı veri tabanlarından elde edilen çalışma sayıları şu şekildedir: PubMed'de 141, Web of Science 'da 279, Scopus'ta 214 ve EBSCO'da 99 çalışma bulunmaktadır . Bu çalışmalardan 367'si yinelenen kayıtlardır ve elenmiştir. Kalan 366 çalışma başlık ve özet üzerinden değerlendirilmiştir. Başlıklardan elemeler yapıldıktan sonra, iki araştırmacı olarak tam metin incelemeleri yapılmıştır.

Bu strateji ve kriterler doğrultusunda, lösin takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerini inceleyen kapsamlı bir sistematik derleme ve meta-analiz gerçekleştirilmiştir.

### 3.4. Risk of Bias Değerlendirilmesi

Bu çalışmada dahil edilen çalışmaların metodolojik kalitesini ve potansiyel önyargı kaynaklarını kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla Risk of Bias 2 (RoB 2) aracı kullanılmıştır. Cochrane Collaboration tarafından geliştirilen bu araç, farklı alanlardaki önyargıları değerlendirmek için sağlam bir çerçeve sunmaktadır. Her çalışma, rastgele dizi oluşturma, tahsisi gizleme, katılımcıların ve personelin körleştirilmesi, sonuç değerlendirmesinin körleştirilmesi, eksik sonuç verileri, seçici sonuç raporlaması ve diğer potansiyel önyargı kaynakları gibi çeşitli temel alanlar açısından iki bağımsız inceleme tarafından titizlikle incelenmiştir. Gözden geçirenler arasındaki tutarsızlıkları veya çatışmaları çözmek için kapsamlı bir tartışma ve gerekirse üçüncü bir gözden geçirenle etkileşim kullanılmıştır.

Risk of Bias 2 aracı kullanılarak yapılan genel değerlendirmeye dayanarak, her çalışma için önyargı riski düşük, yüksek veya belirsiz olarak kategorize edilmiştir. Bulguların geçerliliğini ve güvenilirliğini sağlamak için, meta-analiz sonuçları yorumlanırken önyargı riski değerlendirmesinden elde edilen bulgular dikkate alınmıştır.

### 3.5. Veri Sentezinin Yorumlanması ve Sunumu

Araştırma kapsamında değerlendiricilerin analizi R (versiyon 4.3.2), The meta (versiyon 6.2.1) ve metafor paketi (versiyon 4.2.0) paket programları kullanılarak yapılmış ve verilen orman grafiklerinin yerleşim düzeni için RevMan5 seçilmiştir. Analiz, sonuç ölçüsü olarak standartlaştırılmış ortalama fark (SMD) ve standartlaştırılmış ortalama fark verilerine göre %95 güven aralıkları (%95 GA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Meta-analizler için istatistiksel anlamlılık eşiği  $p < 0,05$  olarak belirlenmiştir. Sonuçlar için standartlaştırılmış ortalama farkı belirlemek için sırasıyla lösin (LEU) ve plasebo (PLA) değerlerinden elde edilen ortalama, standart sapma ve örneklem büyüklüğü alınmıştır. Standartlaştırılmış ortalama farkı için elde edilen standart sapma, birleştirilmiş (pooled) standart sapma ile bulunmuştur. Heterojenlik düzeyi ( $\tau^2$ ), kısıtlı maksimum olasılık tahmincisi yöntemi kullanılarak tahmin edilmiş (Viechtbauer,

2005) ve heterojenlik düzeyine ilişkin değerlendirmelerde Q testi (Cochran, 1954) ile  $I^2$  istatistiği (Higgins ve Thompson, 2002) sonuçları da rapor edilmiştir. Gözlemlenen sonuçların standart hatasını öngörücü olarak regresyon testi (Sterne ve Egger, 2005), huni grafiği asimetrisini kontrol etmek için kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Arama Sonuçları

Mevcut literatürün kapsamlı bir incelemesinden sonra, başlangıçta PubMed, Web of Science, EBSCO ve Scopus gibi veritabanlarından toplam 733 çalışma belirlenmiştir. Bu çalışmalardan 367'si yinelenen kayıtlar olduğu için dikkatle elenmiş ve sonuçta daha ileri değerlendirme için 366 çalışmadan oluşan bir havuz oluşturulmuştur. Tarama sürecinde 316 çalışma, başlık ve özet değerlendirmesine göre belirli ilgi kriterlerine uymadığı için hariç tutulmuştur. Daha sonra, araştırma ekibi kalan 50 çalışmanın tam metinlerini inceleyerek daha detaylı bir incelemeye girişmiştir.

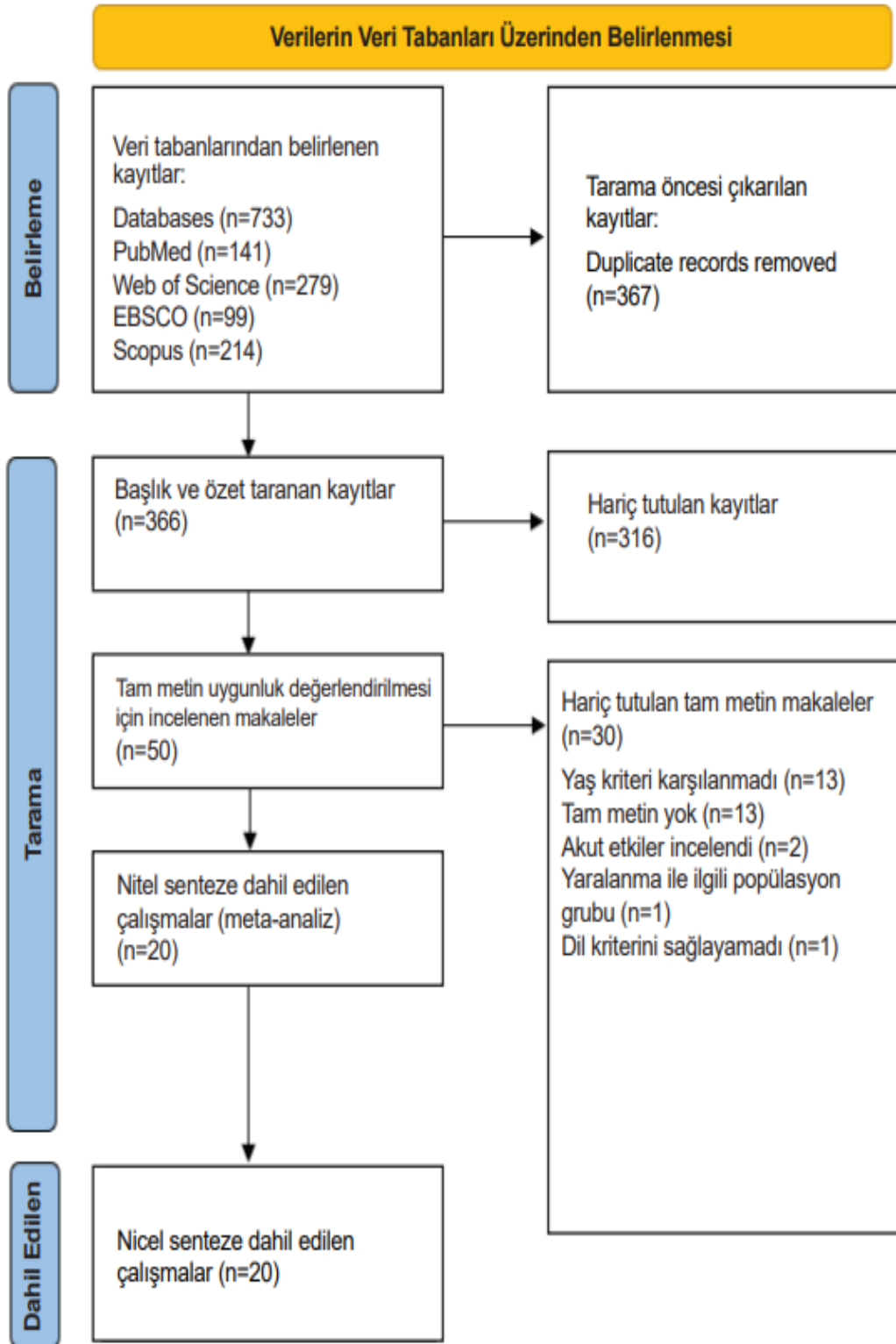
Sonuç olarak, titiz bir değerlendirmenin ardından 30 çalışma aşağıdaki nedenlerden dolayı analizin dışında bırakılmıştır:

- a) Toplam 13 çalışma, araştırmanın yaş kriterlerine uygun olmaması nedeniyle değerlendirme dışı bırakılmıştır.
- c) 13 çalışma, tam metinlerine erişim sağlanamaması nedeniyle kapsam dışı bırakılmıştır. Çalışmaların yalnızca özet, konferans bildirisi veya açıklama talebi gibi formatlarda yayımlanmış olması, yeterli veri ve metodolojik ayrıntıların sunulmaması bu dışlamanın temel gerekçesidir.
- h) 2 çalışma, akut etkileri incelediği için dışlanmıştır, zira araştırmamızın odak noktası uzun vadeli etkilerin değerlendirilmesidir.
- i) Ayrıca, 1 çalışma katılımcı popülasyonunun yaralanma yaşayan bireylerden oluşması nedeniyle dahil edilme kriterlerine uymadığı için değerlendirme dışı bırakılmıştır.

j) Son olarak, 1 çalışma yayın dili sebebiyle kapsam dışı bırakılmıştır. İnceleme sürecinde yalnızca çalışmanın anlaşılabilir ve erişilebilir dillerde (Türkçe ve İngilizce tam metinler) yazılmış kaynaklar dahil edilmiştir.

Bu kapsamlı seçim sürecinin sonucunda, l6sin takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki kronik etkilerini inceleyen kapsamlı bir sistematik derleme ve meta-analiz gerçekleştirilmiştir. Son olarak, belirlenen uygunluk kriterlerine g6re toplam 20 çalışma meta-analize dahil edilmiştir. PRISMA akış şeması şekil 2.6.'da verilmiştir.





**Şekil 2.6.** Arama sürecinin akış şeması (Prisma akış şeması).

**Tablo 4.1.** Dahil edilen çalışmaların özetleri.

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Kreider ve ark. (2000)	Çift-kör, randomize kontrollü bir çalışma	20.±1.5	Erkek	ABD Ulusal üniversite atletizm birliği ligi futbolcuları	28	HMB-Ca: 3 gram/gün toz formda hazırlanmış ve katılımcılar tarafından suyla karıştırılarak sabah, öğle ve akşam yemeklerinde tüketilmiştir.  PLA: Plasebo, 99 gram glikoz, 3 gram taurin, 1.1 gram disodyum fosfat ve 1.2 gram potasyum fosfat içeren bir toz karışımı olarak suyla karıştırılarak sabah, öğle ve akşam yemeklerinde tüketilmiştir..	4 Hafta 28 gün süresince, günde 3 defa sabah, öğle ve akşam yemeklerinde tüketildi.	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM)  Güç (Sprint Testi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMB takviyesi alan grup ile plasebo grubu arasında bench press, barbell back squat ve power clean egzersizlerinde ölçülen toplam kaldırma hacmi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Her iki grup da benzer kuvvet artışları göstermiştir.</li> <li>HMB takviyesinin (3 g/gün) NCAA Division I-A futbolcuları gibi iyi antrenmanlı sporcularda, yoğun direnç ve çeviklik antrenmanları sırasında kuvvet artışı veya katabolizmayı azaltma açısından herhangi bir ergogenik fayda sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, HMB'nin iyi antrenmanlı sporcularda kuvvet gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Slater ve ark. (2001)	Randomize, çift kör, plasebo kontrollü bir çalışma	HMB-Ca: 25,3 ± 1,3 Pla: 24,0 ± 1,4	Erkek	Ulusal düzeyde kürekçi ve su topu takımı	19	HMB: 3 g/gün etiketli, kapalı plastik şişelerde sağlanmıştır. PLA: 3 g/gün dekstroz (pirinç unu) içeren kapsüller verilmiştir.	• 12 Hafta Sabah, öğle ve akşam olmak üzere gün içinde düzenli aralıklarla tüketildi..	Maksimum kaldırma kapasitesi (3-RM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çalışma, tüm katılımcıların 6 haftalık direnç antrenman programı süresince 3 Tekrarlı Maksimum (3RM) kuvvette önemli artışlar yaşadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, HMB takviyesi alanlar ile plasebo verilenler arasında kuvvet kazanımı oranında önemli bir fark yoktu. Bu durum, direnç antrenmanının katılımcılarda kuvveti etkili bir şekilde artırırken, HMB ilavesinin plaseboya kıyasla kuvvet kazanımlarını artırma açısından herhangi bir ek fayda sağlamadığını göstermektedir.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Ransone ve ark. (2003)	Çift kör, çapraz geçişli, plasebo kontrollü bir çalışma	21±1.2	Erkek	ABD Ulusal atletizm birliği futbolcuları	35	HMB: 3g/gün PLA: 3g/gün metilselülöz	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 Hafta</li> </ul> Günlük olarak 750 mg'lık kapsüller şeklinde 4 kapsül alındı; 2 kapsül kahvaltıda, kalan kapsüller öğle yemeğinde ve kapsül akşam yemeğinde tüketildi.	Maksimum kaldırma kapasitesi (Tahmini 1-RM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMB takviyesi, kas kuvveti, vücut ağırlığı veya vücut yağ oranı üzerinde önemli bir etki göstermedi. HMB'nin plasebo grubuna kıyasla belirgin bir avantajı bulunamadı.</li> </ul>
Crowe ve ark. (2006)	çift kör, plasebo kontrollü, çapraz geçişli bir çalışma	31.6±2.2	Erkek + Kadın	Rekabetçi outrigger kano sporcuları	13	LEU: Katılımcılar, vücut ağırlığı başına günde 45 mg lösün almışlardır. Çalışmada belirtilen ortalama vücut ağırlığı 74,2 kg Yani, ortalama bir katılımcı günde yaklaşık 3,34 gram lösün almıştır. PLA: 3 g mısır unu kapsülleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 Hafta</li> </ul> Lösün veya plasebo 6 haftalık bir süre boyunca günlük olarak tüketilmiştir. Son lösün veya plasebo dozu , egzersiz öncesi kan örneklemeinden sonra ve egzersiz testinden önce bir karbonhidrat/elektrolit içeceği ile birlikte alınmıştır.	Kuvvet (Kol Krank Testi) Güç( Kürek ergometresi) Hipertrofi (Yağ Kütlesi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lösün takviyesinin üst vücut gücünde ve tükenene kadar kürek çekme testinde anlamlı bir artış sağladığı, ancak vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdesi gibi antropometrik ölçümlerde anlamlı bir değişiklik yaratmadığı sonucuna varılmıştır.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
O'Connor ve Crowe, (2007)	Randomize kontrol grubu kendi kendine seçilmiş çalışma	HMB: 24.5 Con: 24.9	Erkek	Elit erkek rugby ligi oyuncular	30	HMB: 3g/gün HMBCr: 12 g/gün 3 g HMB, 3 g kreatin (Cr) ve 6 g karbonhidrat CON: Maltodekstrin	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 Hafta</li> <li>HMB 400 ml %50 oranında seyreltilmiş sporcu içeceğinde çözülmüş ve sabah antrenmanından sonraki 3 saat içinde tüketilmiştir.</li> </ul>	Maksimum kaldırma kapasitesi (3-RM)  Güç( Maksimal Bisiklet ergometresi testi )	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 haftalık takviye sonrası kas kuvveti, dayanıklılık, bacak gücü ve antropometrik özellikler açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır.</li> </ul>
Thomson ve ark. (2009)	Randomize, çift kör, kontrollü çalışma	24 ± 4.0	Erkek	Direnç eğitimi almış erkekler	22	HMB: 3g/gün  PLA: 3g/gün mısır nişastası	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 Hafta</li> <li>Her gün günde 3 kez ve her doz iki adet 0,5 g kapsül olarak alınmıştır (günde toplam 6 kapsül).</li> </ul>	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çalışma, 9 haftalık HMB takviyesinin alt vücut gücünü (%9,1 artış) artırdığını, ancak üst vücut gücü ve vücut kompozisyonu üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını gösterdi.</li> </ul>
Wilson ve ark. (2014)	Randomize, çift kör, plasebo kontrollü çalışma	21.6 ± 0.5	Erkek	Direnç eğitimi almış erkekler	20	HMB-FA: 3 gram HMB serbest asidi (HMB-FA).  PLA 3 gram plasebo (mısır şurubu)  Bu dozlar üçe bölünmüş ve her doz 1 gram olarak verilmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> <li>12 Hafta</li> <li>Antrenman Günleri: İlk doz egzersizden 30 dakika önce. Diğer iki doz günün ortasında ve akşam yemeklerinde alınmıştır.</li> <li>Antrenman Olmayan Günler: Üç doz da günün farklı saatlerinde yemeklerle birlikte alınmıştır.</li> </ul>	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM)  Hipertrofi (Yağsız Kas Kütlesi)  Kas Kesit Alanı (CSA)  Güç (Dikey Sıçrama ve Bisiklet Ergometresi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMB-FA takviyesi, direnç antrenmanı yapan bireylerde kas kütlesi, kuvvet ve gücü artırırken, plasebo grubuna kıyasla kas hasarını ve kortizol seviyelerini azaltmıştır.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Durkalec-Michalski ve ark. (2015)	Randomize, çapraz geçişli, çift kör çalışma	19.5 ± 1.4	Erkek	Elit kürek sporcuları	16	HMB-Ca: 3g/gün kapsül formunda kalsiyum tuzu (Ca-HMB) olarak uygulandı.  PLA: 3g/gün, yine kapsül formundaki maltodekstrin	<ul style="list-style-type: none"> <li>12 Hafta Hem HMB hem de plasebo günde üç kez tüketildi - uyandıktan sonra, antrenmandan sonra ve uyumadan önce. Antrenman yapılmayan günlerde, yemeklerle birlikte alındı.</li> </ul>	Hipertrofi (Yağ Kütlesi ve Yağsız Kas Kütlesi)  Güç (Bisiklet Ergometresi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMB takviyesi, dayanıklılık sporcularında aerobik kapasiteyi artırırken, yağ kütlesini azaltmış ve zirve anaerobik gücü artırmıştır, ancak diğer anaerobik adaptasyonlarda ve kan biyomarker seviyelerinde belirgin bir etkisi yoktur.</li> </ul>
Aguiar ve ark. (2017)	Randomize, çift kör, plasebo kontrollü çalışma	22 ± 2	Erkek + Kadın	Sağlıklı antrenmansız genç yetişkinler	20	Lösün: 3 gram/gün Her antrenmandan sonra tek doz, Oral olarak, suda çözülmüş halde kapsüller şeklinde.  PLA: 3 gram/gün, her antrenmandan sonra, oral olarak, suda çözülmüş kapsüller olarak mısır nişastası	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 Hafta Sekiz haftalık program boyunca her direnç antrenmanı seansından sonra tüketildi.</li> </ul>	Hipertrofi (Kas Kesit Alanı -CSA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lösün ve plasebo grupları arasında kas gücü ve kas CSA'sı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.</li> <li>Her iki grup da antrenman öncesinden antrenman sonrasına kadar kas gücü ve CSA'da benzer gelişmeler göstermiştir.</li> <li>Lösün takviyesi, direnç antrenmanı programı sırasında kas gücü ve hipertrofi açısından plaseboya göre herhangi bir ek fayda sağlamamıştır.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Mobley ve ark. (2017)	Randomize, çift körlük, plasebo kontrollü çalışma	Leu: 20 ± 1 Pla: 21 ± 1	Erkek	Egzersiz geçmişi olmayan üniversite çağındaki genç yetişkin bireyler	29	Lösün: 3 gr L-lösün PLA: 3g maltodextrin	<ul style="list-style-type: none"> <li>12 Hafta Katılımcılar takviyelerini yaklaşık 500 mL su ile karıştırarak antrenmandan hemen sonra ve antrenman günlerinde yatmadan önce, antrenman yapılmayan günlerde ise benzer aralıklarla tükettiler.</li> </ul>	<p>İzometrik Kuvvet (İzometrik Orta Uyluk Çekme)</p> <p>Maksimum kaldırma kapasitesi (3-RM)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çalışmada, tüm gruplarda 12 haftalık direnç antrenmanı sonunda kuvvet artışı gözlenmiş, ancak bu artışlar takviye türleri arasında anlamlı bir fark yaratmamıştır.</li> </ul>
Mcintosh ve ark. (2018)	2 kollu, çift körlük, plasebo kontrollü paralel grup çalışması	HMB: 20.3 ± 1.2 Pla: 21.9 ± 2.8	Erkek	Elit rugby sporcuları	27	HMB-Ca: 3g/gün Kalsiyum tuzu Ca-HMB PLA: 3g/gün mısır unu	<ul style="list-style-type: none"> <li>11 Hafta Günde iki dozda aldılar bir doz antrenman sırasında ve bir doz akşam. Antrenman dışı günlerde, bu dönemleri kapsayacak kadar takviye sağlandı.</li> </ul>	<p>Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HMB ve plasebo grupları arasında güç ölçümlerinde anlamlı bir fark gözlenmedi.</li> </ul>
Hashempour ve ark. (2019)	Çift körlük, randomize kontrollü klinik çalışma	HMB: 35,65 ± 7,83 Pla: 35,11 ± 5,6	Kadın	Aşırı kilolu hareketsiz kadınlar	35	HMB-Ca: Günde iki kez 1250 mg kalsiyum tuzu kapsül HMB PLA: Günde iki kez alınan nötr bir madde (gliserin)	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 Hafta Takviye sabah ve akşam öğünleri ile birlikte alınmıştır.</li> </ul>	<p>Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM)</p> <p>Hipertrofi (Yağ Kütlesi)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 hafta sonunda, HMB grubu kontrol grubuna kıyasla hem üst hem de alt vücut kas gücünde önemli bir artış göstermiştir.</li> <li>HMB grubunda ağırlık, yağ yüzdesi, yağ kütlesi, bel ve kalça çevresinde önemli azalmalar olmuştur. Ancak, vücut kompozisyonu değişiklikleri açısından HMB ve plasebo grupları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Teixeira ve ark. (2019)	Çift körlük, kontrollü çalışma	α-HICA: 31 ± 8 HMB-FA: 30 ± 8 HMB-Ca: 34 ± 4 Pla: 31 ± 7	Erkek	Sağlıklı antrenmanlı erkekler	40	α-HICA: 3 × 500 mg HMB-FA: 3 × 1 g HMB-Ca: 3 × 1 g PLA: 3 × 1 magnezyum stearat	• 8 Hafta Takviyeler ve plasebo, yemeklerle birlikte veya antrenman seanslarından önce günde üç kez alınmıştır.	Hipertrofi (Yağsız Kas Kütlesi)	• Bu çalışma, α-HICA, HMB-FA veya HMB-Ca takviyelerinin, direnç antrenmanı yapan genç yetişkin erkeklerde vücut kompozisyonunu ve performansını iyileştirmediğini göstermiştir.
Tritto ve ark. (2019)	Randomize, çift körlük, plasebo kontrollü çalışma	HMB-FA: 26±4 Pla: 25±4 HMB-Ca: 25±4	Erkek	Direnç antrenmanı yapmış erkek bireyler	45	HMB-FA: 3g/gün serbest asit HMB-Ca:3/g/gün Kalsiyum tuzu PLA3/gün mısır nişastası	• 12 Hafta Doz, yemeklerle birlikte veya antrenman seansından hemen önce alınan üç adet 1 g'lık doza bölünmüştür.	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM) Kas Kesit Alanı (CSA) İzometrik Kasılma (MVIC)	• Çalışmada, gruplar arasında kas hipertrofisi veya güç kazanımlarında önemli bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, HMB-FA grubu, HMB-Ca ve plasebo gruplarına kıyasla bacak pres gücünde küçük ama istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme göstermiştir.



Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Teixeira ve ark. (2019)	Çift körlük, plasebo kontrollü, randomize çalışma	α-HICA: 24.7±3 6.7 HMB-FA: 24.9±3 5.6 HMB-Ca: 30.6±3 7.4 Pla: 26.1±35.5	Erkek	Antrenmanlı genç erkekler	40	α-HICA: 3 × 500 mg HMB-FA: 3 × 1 g HMB-Ca: 3 × 1 g PLA: 3 × 1 magnezyum stearat	• 8 Hafta Takviyeler kapsül formunda sağlanmış ve günde üç kez, yemeklerle birlikte veya antrenmandan önce alınmıştır.	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM) Hipertrofi (Kas Kesit Alanı-CSA), Yağsız Kas Kütlesi İzokinetik Kuvvet	• Bu çalışma, lösün metabolitlerinin genç, orta düzeyde antrenmanlı erkeklerde direnç antrenmanına bağlı kas büyümesi ve performans artışını anlamlı şekilde iyileştirmediğini göstermiştir.
DE Andrade ve ark. (2020)	Çift körlük, plasebo kontrollü, randomize klinik çalışma	Leu: 26 ± 4 Pla: 27 ± 5	Erkek	Antrenmanlı genç erkekler	25	LEU: 10 g/gün serbest lösün PLA 10 g/gün alanin	• 12 Hafta Takviyeler günde iki kez (5 g sabah, 5 g antrenman sonrası) alınmıştır.	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM) Kas Kesit Alanı (CSA)	• Yüksek doz lösün takviyesi, direnç eğitimi uygulayan genç erkeklerde kas kütlesi ve kuvvet kazanmalarını artırmamıştır. Hem lösün hem de plasebo gruplarında benzer oranda artışlar gözlemlenmiştir.

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Fernández-Landa ve ark. (2020)	Plasebo kontrollü, çift kör, randomize çalışma	30.43 ± 4.65	Erkek	Elit erkek geleneksel kürekçiler	28	HMB-Ca: 3g/gün HMB-Ca + 1g/kg karbonhidrat + 0.3g/kg protein CrM-HMB: 3g/gün HMB-Ca + 3g/gün Creapure® PLA: 1g/kg karbonhidrat + 0.3g/kg protein	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 Hafta Antrenmanlardan hemen sonra veya dinlenme günlerinde yatmadan 30 dakika önce tüketildi.</li> </ul>	Güç (Kürek Ergometresi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çalışmanın sonucunda, HMB'nin tek başına aerobik performansı artırmada yetersiz kaldığı, ancak kreatin monohidrat ile birlikte kullanıldığında bu kombinasyonun elit erkek kürekçilerde performansı önemli ölçüde iyileştirdiği ve sinerjik bir etki yarattığı gözlemlenmiştir.</li> </ul>
Funderburk ve ark. (2020)	Randomize, çift kör, plasebo kontrollü çalışma	Leu: 53.5 ± 6.2 Pla: 55.6 ± 7.2	Kadın	Antrenmansız pre-postmenopozal kadınlar	36	Lösün: 5g/gün L-lösün PLA: Elma pektini	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 Hafta Lösün takviyesi her direnç antrenmanı seansından hemen sonra alındı. Antrenman yapılmayan günlerde takviye günün ilk öğünüyle birlikte alındı.</li> </ul>	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM) Hipertrofi (Kas Kütleli)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bu çalışma, 10 haftalık direnç antrenmanı süresince lösün takviyesinin pre-postmenopozal kadınlarda, kas kuvvetinde anlamlı artışlar olmasına rağmen gruplar arası bir fark olmadığını göstermiştir.</li> </ul>

Çalışma		Katılımcılar			Karşılaştırmalar			Sonuçlar	
Yazar/Yıl	Çalışma Tasarımı	Yaş	Cinsiyet	Tip	Örneklem boyutu	Lösün dozu	Doz zamanlanması	Ölçümler	Sonuçlar
Obradović ve ark. (2020)	Randomize kontrollü çalışma	Leu: 23 ± 6 Pla: 23 ± 4	Erkek	Antrenmansız genç erkek üniversite sporcuları	30	Lösün: 5g/gün WP: 1 g/kg whey protein PLA: 10g/gün maltodekstrin	• 8 Hafta 200 ml su ile toz formunda günlük tüketildi.	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM) Hipertrofi (Kas Kütlesi ve Yağsız Kas Kütlesi)	• Bu çalışma, sekiz haftalık direnç antrenmanı süresince uygulanan lösün takviyesinin, genç erkek sporcularda yağsız kütle ve kas kütlesini artırırken, yağ kütlesini azaltarak vücut kompozisyonunda anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.
Campa ve ark. (2020)	Randomize kontrollü çalışma	α-HICA: 30.9±9.3 HMB FA:31.0 ± 9.3 HMB-Ca: 32.1 ± 5.2 Pla: 28.9 ± 6.6	Erkek	Düzenli direnç antrenmanı yapan bireyler	6	α-HICA: 3 × 500 mg HMB-FA: 3 × 1 g HMB-Ca: 3 × 1 g PLA: 3 × 1 magnezyum stearat	• 8 Hafta Takviyeler, 8 haftalık çalışma süresi boyunca günlük alımın tutarlı olmasını sağlamak için yemeklerle birlikte veya antrenmanlardan önce alındı.	Maksimum kaldırma kapasitesi (1-RM)	• Lösün metabolit takviyesinin, direnç antrenmanı süresince elde edilen kuvvet kazanımlarına ek bir katkı sağlamadığı, 1 tekrar maksimumu (1RM) ölçümlerinde plasebo grubuyla benzer sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir.

## 4.2 Risk of Bias Değerlendirilmesi

Bu çalışmada yer alan 20 araştırma, Risk of Bias 2 (RoB2) aracıyla değerlendirilmiş olup, ilk 18'i paralel tasarım, son iki tanesi ise çapraz tasarım olarak gerçekleştirilmiştir. Paralel tasarımlı çalışmaların %88,9'u düşük riskli bulunmuş, %11,1'i (O'Connor ve McIntosh) ise yüksek risk kategorisine alınmıştır. Çapraz tasarımlı iki çalışma ise tüm değerlendirme kriterlerinde düşük riskli olarak sınıflandırılmıştır.

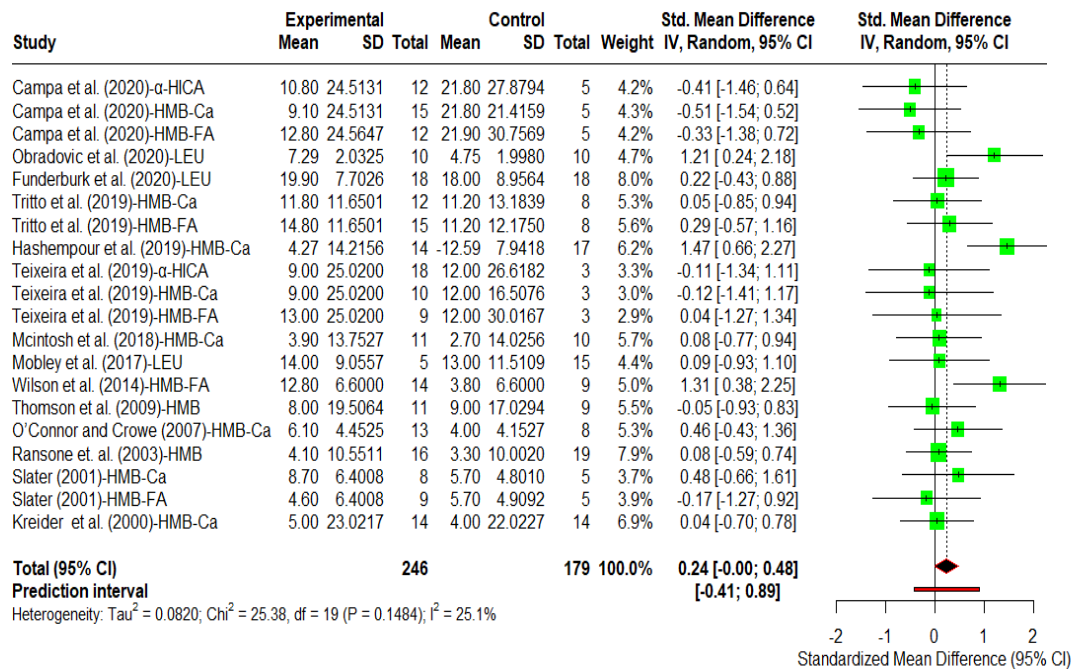
Çalışmaların %90'ının düşük riskli olması ve çapraz tasarımlı çalışmaların güvenilir bulunması, meta-analizin genel olarak güvenilir olduğunu göstermektedir.

Study ID	Experimental	Comparator	Outcome	Weight	D1	D2	D3	D4	D5	Overall		
1	Kreider et al. (2000)	Intervention	Placebo	HMB-Ca	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
2	Slater, (2001)	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
3	O'Connor and Crowe (2007)	Intervention	Control	HMB	1	-	+	+	-	+	-	High risk
4	Thomson et al. (2009)	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	D1 Randomisation process
5	Crowe et al. (2006)	Intervention	Placebo	Leu	1	+	+	+	+	+	+	D2 Deviations from the intended interventions
6	Wilson et al. (2014)	Intervention	Placebo	HMB-FA	1	+	+	+	+	+	+	D3 Missing outcome data
7	Aguar et al. (2017)	Intervention	Placebo	Leu	1	+	+	+	+	+	+	D4 Measurement of the outcome
8	Mobley et al. (2017)	Intervention	Placebo	Leu	1	+	+	+	+	+	+	D5 Selection of the reported result
9	McIntosh et al. (2018)	Intervention	Placebo	HMB-Ca	1	+	+	-	+	+	-	High risk
10	Hashempour et al. (2019)	Intervention	Placebo	HMB-Ca	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
11	Teixeira et al. (2019)S	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
12	Tritto et al. (2019)	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
13	Teixeira et al. (2019)B	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
14	DE Andrade et al. (2020)	Intervention	Placebo	Leu	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
15	Fernández-Landa et al. (2020)	Intervention	Placebo	HMB-Ca	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
16	Funderburk et al. (2020)	Intervention	Placebo	Leu	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
17	Obradović et al. (2020)	Intervention	Placebo	Leu	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
18	Campa et al. (2021)	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
19	Ransone et al. (2003)	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk
20	Durkalec-Michalski et al. (2015)	Intervention	Placebo	HMB	1	+	+	+	+	+	+	Low risk

Şekil 2.7. Risk of Bias değerlendirilmesi.

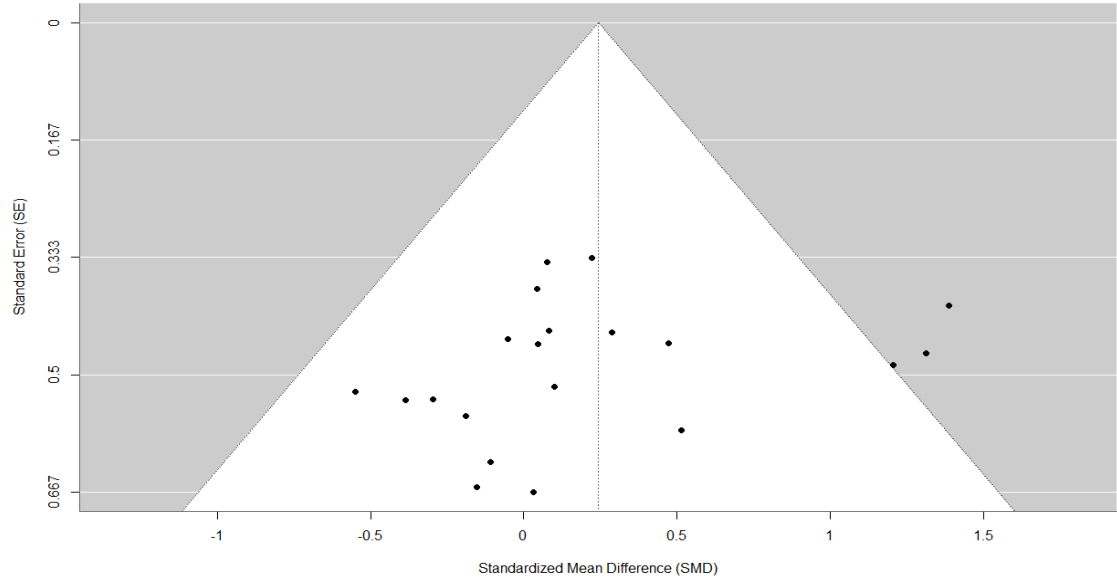
### 4.3. Lössin Takviyesinin Üst Vücut Maksimum Kuvvet Performansı Üzerindeki Kronik Etkisi

Lössin takviyesinin üst vücut kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisinin incelendiği  $k = 20$  çalışmaya ait aşağıdaki şekilde sunulan orman grafiğine göre rastgele etki modeli incelendiğinde, etkinin orta düzeyde deney grubundan yana olduğu görülmektedir (Borenstein ve ark. 2019). Çalışmaların ağırlığı değerlendirildiğinde en çok katkırı veren %8,0 ile Funderburk ve ark. (2020)-LEU çalışmasıdır. Q değeri 25,17 ( $p = 0,155$ ), I<sup>2</sup> değeri %25,1 ve  $\tau^2 = 0,08$  olarak elde edilmiş bu değerlere göre heterojen bir yapının olmadığı tespit edilmiştir. Rastgele etkiler modeline göre hesaplanan etki büyüklüğü 0,24 (%95 GA: 0,008 ila 0,48) olup, sınırda bir anlamlılık göstermektedir ( $z = 2,0261$ ,  $p = 0,0428$ ). Ayrıca, tahminlerin çoğunluğu (%60) pozitif yöndedir.



**Şekil 4.3.** Lössin takviyesinin üst vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren orman grafiği.

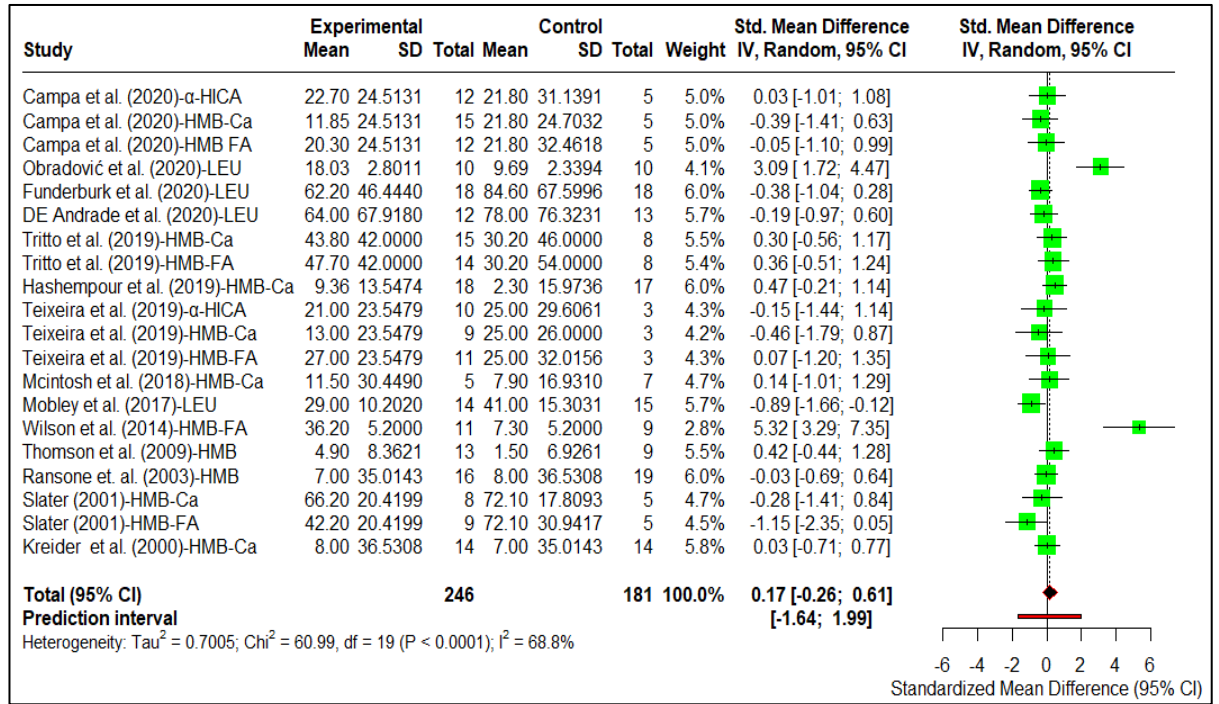
Egger Testi sonuçlarına göre huni grafiği asimetrisi tespit edilmemiştir ( $z = -1.0431$ ,  $p = 0,2969$ ). Tahminlerin huni grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** Lössin takviyesinin üst vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren huni grafiği.

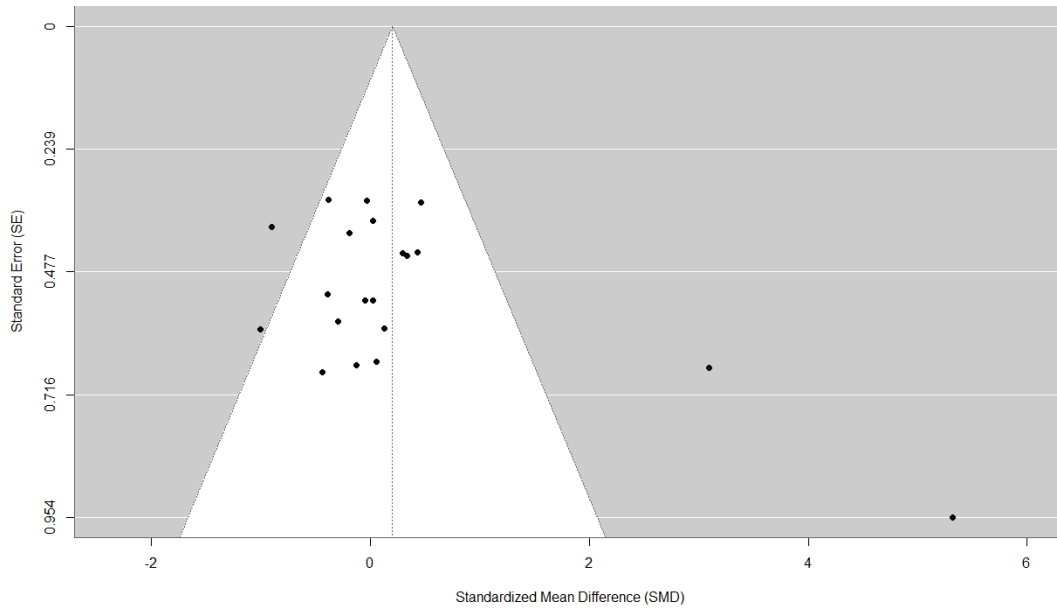
#### 4.4. Lössin Takviyesinin Alt Vücut Maksimum Kuvvet Performansı Üzerindeki Kronik Etkisi

Lössin takviyesinin alt vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisinin incelendiği  $k = 20$  çalışmaya ait aşağıdaki şekilde sunulan orman grafiğine göre rastgele etki modeli incelendiğinde etkinin küçük düzeyde deney grubundan yana olduğu görülmektedir (Borenstein ve ark. 2019). Çalışmaların ağırlığı değerlendirildiğinde en çok katkıyı veren %6,0 ile Funderburk ve ark. (2020)-LEU, Hashempour ve ark. (2019)-HMB-Ca, Ransone ve ark. (2003)-HMB çalışmalarıdır.  $Q$  değeri 67,46 ( $p < 0,0001$ ),  $I^2$  değeri %78,1 ve  $\tau^2 = 0,7$  olarak elde edilmiş ve bu değerlere göre heterojen bir yapı tespit edilmiştir. Rastgele etkiler modeline göre hesaplanan etki büyüklüğü 0,17 (%95 GA: -0,26 ila 0,61) olup, istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $z = 0,8856$ ,  $p = 0,3758$ ). Bununla birlikte, tahminlerin çoğunluğu (%55) pozitif yöndedir.



**Şekil 4.5.** Lösün takviyesinin alt vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren orman grafiği.

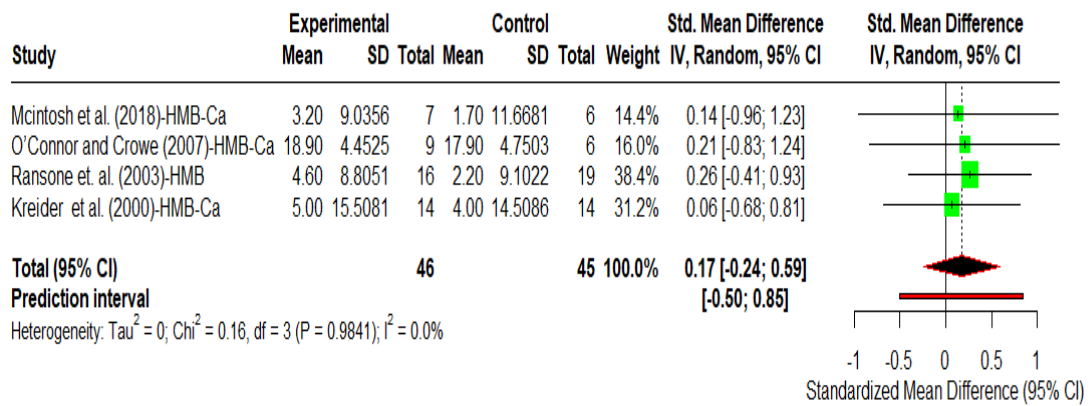
Egger Testi sonuçlarına göre huni grafiği asimetrisi tespit edilmiştir ( $z = 3,0830$ ,  $p = 0,002$ ). Tahminlerin huni grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** Lösün takviyesinin alt vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren huni grafiği.

#### 4.5. Lössin Takviyesinin Tüm Vücut Maksimum Kuvvet Performansı Üzerindeki Kronik Etkisi

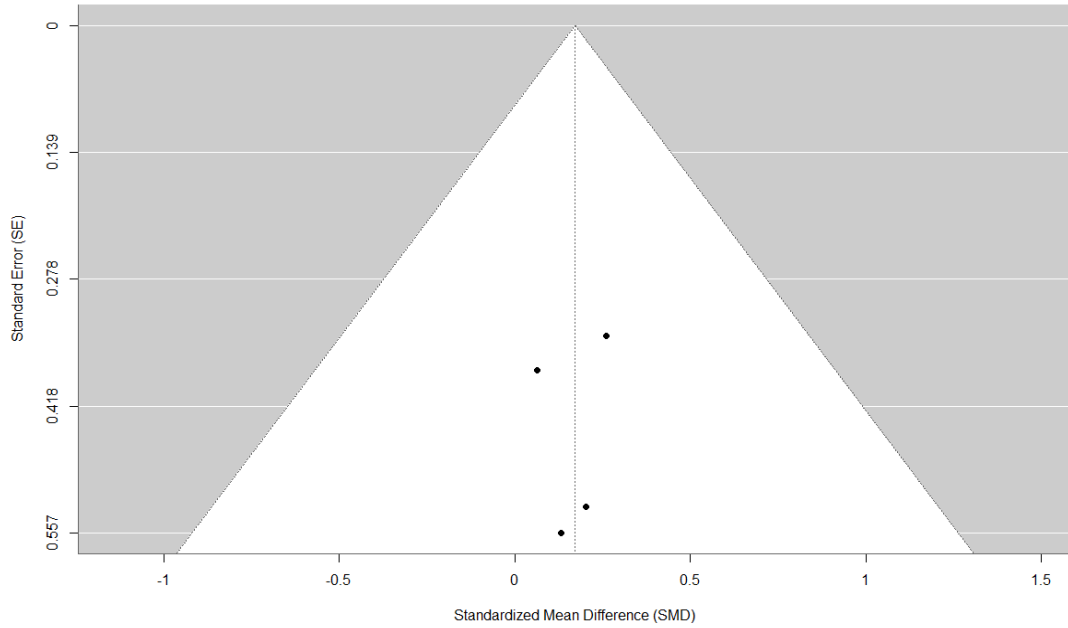
Lössin takviyesinin tüm vücut kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisinin incelendiği  $k = 4$  çalışmaya ait aşağıdaki şekilde sunulan orman grafiğine göre rastgele etki modeli incelendiğinde etkinin küçük düzeyde deney grubundan yana olduğu görülmektedir (Borenstein ve ark. 2019). Çalışmaların ağırlığı değerlendirildiğinde en çok katkıyı veren %38,4 ile Ransone ve ark. (2003)-HMB çalışmasıdır. Q değeri 0,1593 ( $p = 0,9839$ ), I<sup>2</sup> değeri %0 ve  $\tau^2 = 0$  olarak elde edilmiş ve bu değerlere göre heterojen bir yapı tespit edilmemiştir. Rastgele etkiler modeline göre hesaplanan etki büyüklüğü 0,17 (%95 GA: -0,24 ila 0,59) olup, istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $z = 0,8144$ ,  $p = 0,4144$ ). Bununla birlikte, tahminlerin tamamı (%100) pozitif yöndedir.



**Şekil 4.7.** Lössin takviyesinin tüm vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren orman grafiği.

Egger Testi sonuçlarına göre huni grafiği asimetrisi tespit edilmemiştir ( $z = -0,0870$ ,  $p = 0,9307$ ). Tahminlerin huni grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

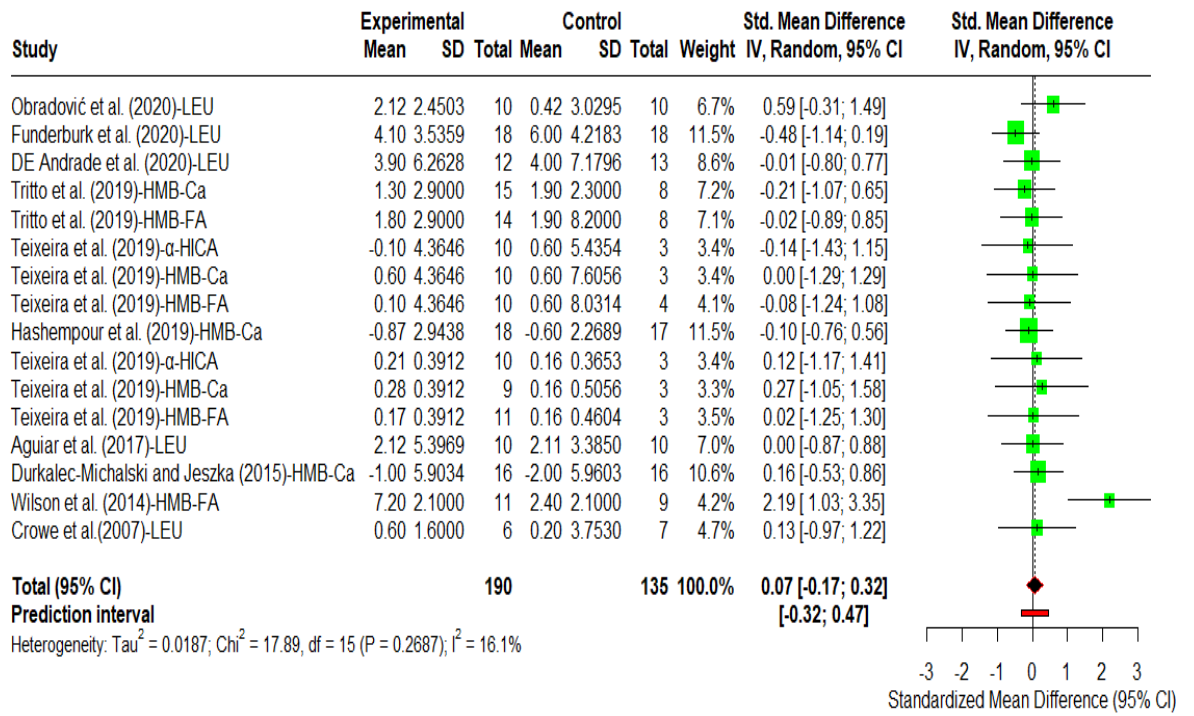




**Şekil 4.8.** Lösin takviyesinin tüm vücut maksimum kuvvet performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren huni grafiği.

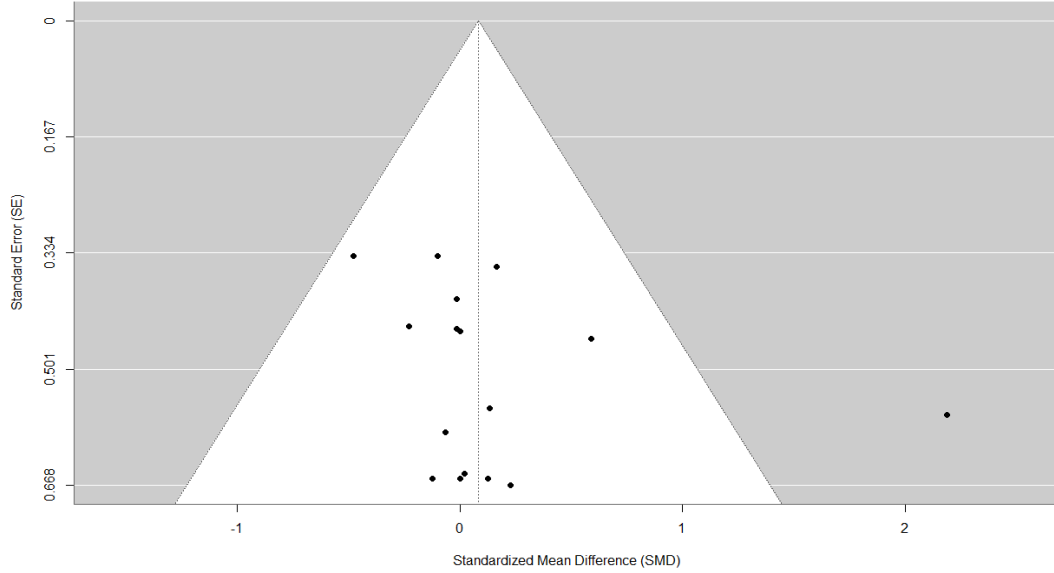
#### 4.6. Lösin Takviyesinin Hipertrofi Kuvvet Performansı Üzerindeki Kronik Etkisi

Lösin takviyesinin hipertrofi performansı üzerindeki kronik etkisinin incelendiği  $k = 16$  çalışmaya ait aşağıdaki şekilde sunulan orman grafiğine göre rastgele etki modeli incelendiğinde etkinin küçük düzeyde deney grubundan yana olduğu görülmektedir (Borenstein ve ark. 2019). Çalışmaların ağırlığı değerlendirildiğinde en çok katkıyı veren %11,5 ile Funderburk ve ark. (2020)-LEU ve Hashempour ve ark. (2019)-HMB-Ca çalışmasıdır.  $Q$  değeri 18,9985 ( $p = 0,2138$ )  $I^2$  değeri %9,08 ve  $\tau^2 = 0,018$  olarak elde edilmiş ve bu değerlere göre heterojen bir yapı tespit edilmemiştir. Rastgele etkiler modeline göre hesaplanan etki büyüklüğü 0,07 (%95 GA: -0,17 ila 0,32) olup, istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $z = 0,6882$ ,  $p = 0,5040$ ). Ancak, tahminlerin %56,25'i pozitif yöndedir.



**Şekil 4.9.** Lösün takviyesinin hipertrofi performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren orman grafiği.

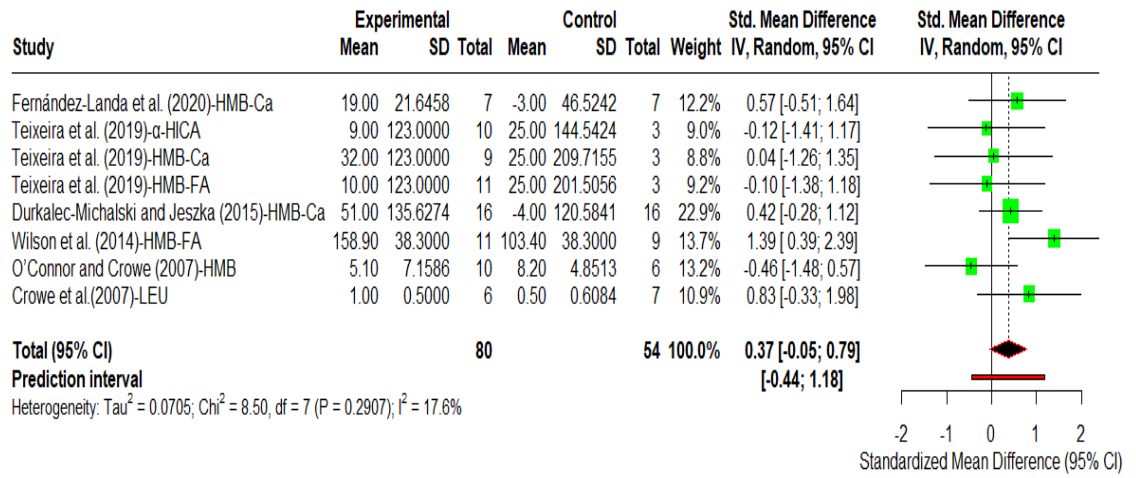
Egger Testi sonuçlarına göre huni grafiği asimetrisi tespit edilmemiştir ( $z = 1,4256$ ,  $p = 0,1540$ ). Tahminlerin huni grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



**Şekil 4.10.** Lösün takviyesinin hipertrofi performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren huni grafiği.

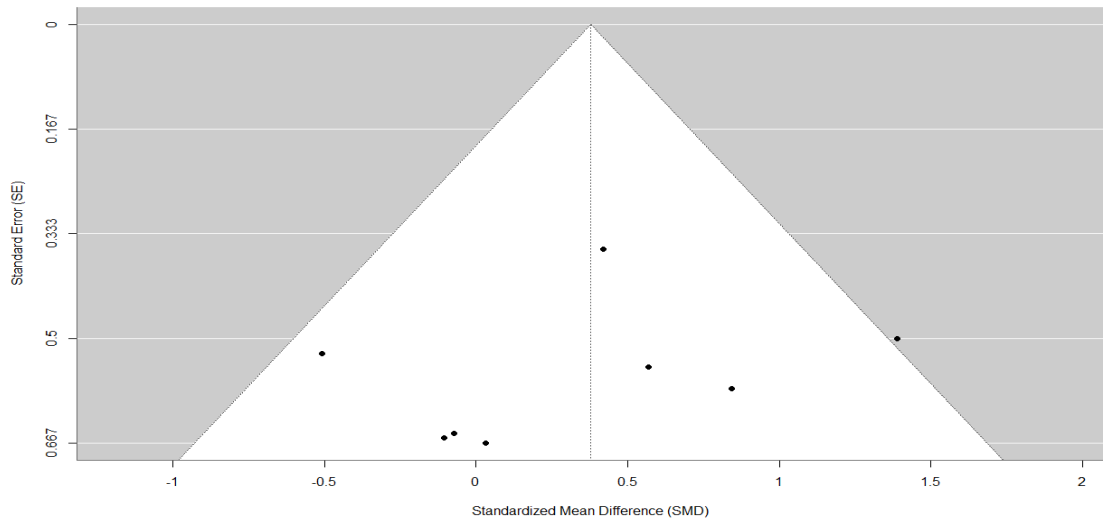
#### 4.7. Lösün Takviyesinin Güç Performansı Üzerindeki Kronik Etkisi

Lösün takviyesinin güç performansı üzerindeki kronik etkisinin incelendiği  $k = 8$  çalışmaya ait aşağıdaki şekilde sunulan orman grafiğine göre rastgele etki modeli incelendiğinde etkinin küçük düzeyde deney grubundan yana olduğu görülmektedir (Borenstein ve ark. 2019). Çalışmaların ağırlığı değerlendirildiğinde en çok katkıyı veren %22,9 ile Durkalec-Michalski ve Jeszka (2015)-HMB-Ca çalışmasıdır. Q değeri 8,9854 ( $p = 0,2537$ ) I2 değeri %11,67 ve  $\tau^2 = 0,07$  olarak elde edilmiş ve bu değerlere göre heterojen bir yapı tespit edilmemiştir. Rastgele etkiler modeline göre hesaplanan etki büyüklüğü 0,37 (%95 GA: -0,05 ila 0,79) olup, istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $z = 1,8791$ ,  $p = 0,0602$ ). Ancak, tahminlerin %62,5'i pozitif yöndedir.



**Şekil 4.11.** Lösün takviyesinin güç performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren orman grafiği.

Egger Testi sonuçlarına göre huni grafiği asimetrisi tespit edilmemiştir ( $z = -0,7509$ ,  $p = 0,4527$ ). Tahminlerin huni grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



**Şekil 4.12.** Lösün takviyesinin güç performansı üzerindeki kronik etkisini gösteren huni grafiği.

## 5. TARTIŞMA

Bu meta-analiz, lösün takviyesinin üst vücut maksimum kuvvet, alt vücut maksimum kuvvet, tüm vücut maksimum kuvvet, hipertrofi ve güç performansı üzerindeki kronik etkilerini değerlendirerek, 20 çalışmadan elde edilen verileri kapsamlı bir şekilde analiz etmiştir. Lösünin özellikle üst vücut maksimum kuvvet üzerindeki anlamlı etkileri dikkat çekerken, alt vücut maksimum kuvvet, hipertrofi ve güç performansı gibi diğer parametrelerde daha sınırlı veya belirsiz etkiler gözlemlenmiştir; bu farklılıkların, çalışmaların katılımcı grupları, kullanılan lösün türü ve dozajları, müdahale süreleri ile ölçüm protokollerindeki çeşitlilikten kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir

Dallı zincirli amino asitler (BCAA), özellikle lösün, spor ve egzersiz fizyolojisinde büyük öneme sahiptir. Lösün, valin ve izolösün ile birlikte BCAA'ların bir üyesidir ve özellikle kas protein sentezini artırıcı etkileriyle dikkat çeker. Lösünin bu etkileri, mTOR (rapamisin'inin memeli hedefi) sinyal yolunu aktive ederek gerçekleşir. mTOR, kas hücrelerinde anabolik süreçleri tetikleyen ve protein sentezini artıran bir anahtar sinyal yolağıdır (Mero, 1999; Holecek, 2018). Lösünin mTOR üzerindeki bu aktivasyonu, özellikle direnç antrenmanları sırasında kas adaptasyonlarını desteklemek ve toparlanmayı hızlandırmak için önerilmektedir. Lösünin sporcular ve antrenman yapan bireyler üzerindeki etkileri uzun zamandır araştırılmaktadır. Çalışmamız, lösün takviyesinin bu potansiyel faydalarını üst vücut maksimum kuvvet, alt vücut maksimum kuvvet, tüm vücut maksimum kuvvet, hipertrofi ve güç performansı parametreleri üzerinden değerlendirmiştir.

Analiz sonuçları, lösün takviyesinin üst vücut maksimum kuvvet üzerindeki orta düzeyde pozitif etkisini (SMD = 0,24; %95 CI: 0,008–0,48) ve düşük heterojenlik ( $I^2 = %25,1$ ) ile tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Alt vücut maksimum kuvvet analizlerinde ise etkiler küçük düzeyde (SMD = 0,17; %95 CI: -0,26 ila 0,61) ve

heterojenlik önemli ölçüde yüksektir ( $I^2 = \%78,1$ ). Tüm vücut maksimum kuvvet için yapılan analizler (SMD = 0,17; %95 CI: -0,24 ila 0,59) anlamlı olmayan sonuçlar ortaya koymuş, bu parametrede heterojenlik ( $I^2 = \%0$ ) tespit edilmemiştir. Hipertrofi analizlerinde lösün takviyesinin küçük düzeyde bir etkisi (SMD = 0,07; %95 CI: -0,17 ila 0,32) bulunmuş ve heterojenlik oldukça düşük ( $I^2 = \%9,08$ ) olarak değerlendirilmiştir. Güç performansı analizlerinde ise deney grubunu destekleyen eğilimler (SMD = 0,37; %95 CI: -0,05 ila 0,79) görülse de anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu parametrede heterojenlik de düşüktür ( $I^2 = \%11,67$ ).

Sonuçlar, lösün takviyesinin etkilerinin ölçülen parametreler arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Üst vücut maksimum kuvvet üzerindeki anlamlı etkiler, özellikle direnç antrenmanları sırasında kas protein sentezinin artışı destekleyebileceği hipotezini doğrulamaktadır. Buna karşılık, alt vücut maksimum kuvvet, tüm vücut maksimum kuvvet, hipertrofi ve güç performansı gibi parametrelerde gözlemlenen anlamlı olmayan sonuçlar, heterojenlik ve metodolojik farklılıkların bu analizleri etkilediğini göstermektedir.

Üst vücut maksimum kuvvet analizleri, lösün takviyesinin bu performans parametresi üzerindeki etkilerinin daha belirgin olduğunu göstermektedir. Çalışmamızdaki bulgular, lösün takviyesinin üst vücut maksimum kuvvetini anlamlı bir şekilde artırabileceğini ortaya koymuş, bu etkiler özellikle antrenmansız bireylerde daha belirgin hale gelmiştir. Analiz sonuçları (SMD = 0,24; %95 CI: 0,008–0,48;  $p = 0,0428$ ) çözümlenmelerin istatistiksel anlamlılığını ve güvenilirliğini desteklerken, düşük düzeyde heterojenlik ( $I^2 = \%25,1$ ) gözlenmiştir. Bu, sonuçların metodolojik tutarlılığına işaret etmektedir. Katılımcı gruplarının sonuçların yorumlanmasına etkisi, lösünün etkinliği üzerindeki önemli bir değişken olarak öne çıkmaktadır. Hashempour ve ark. (2019), HMB'nin sedanter bireylerde 6 haftalık bir takviye süresince üst vücut kuvvetini anlamlı ölçüde artırdığını göstermiştir. Çalışma, HMB'nin katabolik durumu azaltarak kas kuvvetini artırdığını ve bu etkinin sedanter bireylerde belirgin olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Teixeira ve ark. (2019) çalışmasında, orta düzeyde antrenman geçmişine sahip olan sporcularda lösün veya türevlerinin tek başına anlamlı bir iyileşme sağlamadığı rapor edilmiştir. Bu durum, antrenmanlı bireylerde adaptasyon potansiyelinin doygun seviyede olması nedeniyle lösün takviyesinin etkilerinin sınırlı kalabileceği şeklinde yorumlanabilir. Aynı şekilde Campa ve ark. (2021) çalışmasında, en az bir yıldır haftada üç kez direnç antrenmanı geçmişine sahip bireylerde lösün ve

metabolitlerinin sekiz haftalık direnç antrenmanı süresince kuvvet performansı üzerinde anlamlı bir etki sağlamadığı rapor edilmiştir.

Wilson ve ark. (2014) ve Slater ve ark. (2001) çalışmaları, HMB-FA takviyesinin direnç antrenmanı süresince kuvvet ve toparlanma üzerindeki etkilerini incelemiştir. Wilson ve ark. (2014) çalışmasında, katılımcılar direnç antrenmanı deneyimine sahip ancak elit sporcu düzeyinde olmayan yetişkinlerden oluşmuş, düzenli bir antrenman programı eşliğinde HMB-FA takviyesi almışlardır. Çalışma, bu grupta squat, bench press ve deadlift gibi bileşik hareketlerde anlamlı kuvvet artışları olduğunu rapor etmiştir. Buna karşılık, Slater ve ark. (2001) çalışmasında katılımcılar ulusal düzeyde rekabet eden kürek sporcularından oluşmuş, bu grubun antrenman seviyesi ve temel adaptasyon kapasitesi oldukça yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada, HMB-FA takviyesinin kuvvet performansı veya vücut kompozisyonu üzerinde anlamlı bir etkisi tespit edilmemiştir. Bu farklılıklar, HMB-FA'nın etkilerinin antrenman seviyesi yüksek sporcular üzerinde sınırlı kalabileceğini, çünkü bu bireylerin zaten optimal düzeyde antrenman adaptasyonlarına sahip olduğunu göstermektedir. Özetle, HMB-FA'nın etkinliği, katılımcıların başlangıç düzeyine ve fizyolojik adaptasyon kapasitesine göre değişiklik gösterebilir; bu durum, antrenmanlı bireylerle antrenman geçmişi daha az olan bireyler arasındaki sonuç farklılıklarını açıklamaktadır.

Üst vücut maksimum kuvvet analizlerinde kullanılan ölçüm protokollerinin güvenilirliği, bu çalışmanın sonuçlarını destekleyen önemli bir unsurdur. Çalışmamızda, üst vücut maksimum kuvveti değerlendirmek için standart olarak bench press ve chest press egzersizleri referans alınmıştır. Bu iki egzersizin kullanımı, farklı çalışmalar arasında metodolojik tutarlılığı sağlamış ve sonuçların karşılaştırılabilirliğini artırmıştır. Örneğin, Kreider ve ark. (2000), bench press 1RM ölçümlerini kullanarak lösin takviyesinin üst vücut kuvveti üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Benzer şekilde, Hashempour ve ark. (2019), chest press hareketiyle yapılan ölçümlerin, lösin metabolitlerinin (HMB) etkilerini anlamada güvenilir sonuçlar sunduğunu rapor etmiştir.

O'Connor ve Crowe (2007), ise 3 tekrar maksimum (3RM) testi kullanmış, ancak bu test de maksimum kaldırma kapasitesini değerlendirdiği için analiz kriterlerine uygun bulunmuştur. 3RM sonuçlarının 1RM testine benzer bir şekilde üst vücut kuvveti hakkında güvenilir bilgi sunduğu göz önüne alınmıştır. Bu nedenle, Slater ve diğer benzer çalışmaların ölçümleri, analiz sonuçlarının genel güvenilirliğini veya tutarlılığını

olumsuz yönde etkilememiştir. Bu durum, farklı ölçüm protokollerinin doğru bir şekilde seçilmesi ve standardizasyon çabalarının önemini vurgulamaktadır. Böylece, lösün takviyesinin üst vücut maksimum kuvvet üzerindeki etkileri daha net bir şekilde ortaya konabilmiştir. Bu bulgular, lösünün üst vücut maksimum kuvvet üzerindeki etkisinin bağlama bağımlı olduğunu ve bireyin antrenman seviyesi, takviye zamanlaması ve kullanılan ölçüm protokollerine göre değişiklik gösterebileceğini göstermektedir. Antrenmansız bireylerde lösün takviyesi, başlangıç seviyesindeki kas protein sentezi oranlarının düşük olması nedeniyle daha belirgin faydalar sağlarken, antrenmanlı bireylerde bu faydalar sınırlı kalmaktadır. Elde edilen sonuçlar, lösünün direnç antrenmanları ile birlikte kullanılan bir takviye olarak değerini vurgulamaktadır. Ancak sonuçların genellenebilirliği için metodolojik tutarlılık sağlanmalı ve özellikle antrenmanlı bireyler üzerindeki etkilerin daha ayrıntılı araştırılması gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalar, lösünün farklı dozajlarının ve zamanlama stratejilerinin etkilerini standartlaştırılmış protokollerle değerlendirmelidir.

Alt vücut maksimum kuvvet sonuçları, yüksek heterojenlik ( $I^2 = \%78,1$ ) nedeniyle daha karmaşık bir tablo sunmaktadır. Çalışmalar arasında gözlemlenen metodolojik farklılıklar, katılımcı özellikleri ve kullanılan protokoller, bu heterojenliğin temel nedenleri olarak değerlendirilebilir. Örneğin, Hashempour ve ark. (2019), sedanter bireylerde 6 haftalık HMB-Ca takviyesiyle leg press 1RM testinde kontrol grubuna kıyasla  $p < 0.05$  düzeyinde anlamlı bir artış gözlemlemiştir. Buna karşılık, Teixeira ve ark. (2019), lösün metabolitlerinin 8 haftalık direnç antrenmanı süresince antrenmanlı bireylerdeki etkilerini incelemiş, ancak bu metabolitlerin 1RM veya kas kalınlığı üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığını bildirmiştir.

Heterojenliğin bir diğer nedeni, kullanılan lösün türü ve dozaj farklılıklarıdır. Çalışmalarda lösün dozajı 3 g/gün ile 10 g/gün arasında değişmiş ve bazı çalışmalarda HMB veya  $\alpha$ -KIC formunda uygulanmıştır. Campa ve ark. (2020), çalışmasında 3g/gün lösün metabolitleri, Obradović ve ark. (2020), çalışmasında 5g/gün lösün ve DE Andrade ve ark. (2020), çalışmasında 10g/gün lösün takviyesi uygulamıştır. Bu durum, HMB'nin potansiyel faydalarının, bireylerin antrenman geçmişi ve temel adaptasyon kapasiteleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, dozaj farklılıkları ve takviye protokollerindeki çeşitlilik de bu etkilerin tutarsız olmasına katkıda bulunabilir. Bu çalışmada, alt vücut maksimum kuvveti değerlendirmek için tutarlılığı sağlamak amacıyla back squat ve leg press hareketleri 1-Tekrar



Maksimum(RM) standart ölçüm protokolleri olarak tercih edilmiştir. Bu seçim, analizde metodolojik çeşitliliği azaltmayı hedeflemiştir. Alt vücut maksimum kuvveti analizlerinde, ölçüm protokollerindeki farklılıklar dikkat çekici bir unsur olmuştur. Çoğu çalışmada, back squat ve leg press gibi standart protokoller kullanılmış olsa da, Ransone ve ark. (2003), 3 tekrar maksimum (3RM) squat protokolünü tercih etmiştir. Bu protokol, maksimum kaldırma kapasitesine dair güvenilir bilgi sağlaması nedeniyle analiz kriterlerine uygun bulunmuş ve çalışmaya dahil edilmiştir. 3RM protokolü, 1RM'ye kıyasla farklı bir ölçüm yöntemi sunmasına rağmen, 3RM sonuçlarının 1RM'ye benzer bir üst sınır kapasitesini temsil ettiği ve analiz sonuçlarını negatif yönde etkilemediği görülmüştür. Bu durum, çalışmadaki metodolojik farklılığın, analizdeki heterojenliğe belirgin bir katkıda bulunmadığını ve sonuçların güvenilirliğini koruduğunu göstermektedir. Bu tür dikkatli seçimler, meta-analizlerde metodolojik çeşitlilikten kaynaklanan potansiyel sınırlamaların etkili bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.

Alt vücut maksimum kuvvet sonuçlarına ilişkin genel değerlendirmeler, lösin takviyesinin etkilerinin çalışma tasarımlarına bağlı olduğunu ve katılımcıların antrenman durumu, kullanılan metabolit türü, takviye dozajı ve uygulama sürelerine göre değişebileceğini göstermektedir. Antrenmanlı bireylerde sınırlı etki gözlemlenmesi, bu gruptaki adaptasyon kapasitesinin daha doygun olmasından kaynaklanabilirken, başlangıç seviyesindeki bireylerde gözlemlenen belirgin etkiler, lösin takviyesinin bu grupta daha yüksek bir potansiyele sahip olduğunu düşündürmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı metabolitlerin etkilerini doğrudan kıyaslayan ve metodolojik çeşitliliği en aza indiren protokolleri tercih ederek, bu bulguları daha iyi açıklayabilir.

Tüm vücut maksimum kuvvet analizinin sonuçları, genel standartlaştırılmış ortalama farkın (SMD) 0,17 (%95 GA: -0,24 ila 0,59) olduğunu göstermekte ve bu da küçük ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir etkiyi işaret etmektedir. Dahil edilen çalışmalarda heterojenliğin bulunmaması ( $I^2 = \%0$ ), çalışma protokolleri ve katılımcı grupları arasında yüksek düzeyde bir metodolojik tutarlılık bulunduğunu ortaya koymaktadır.

HMB-Ca takviyesinin tüm vücut maksimum kuvveti üzerindeki etkileri çalışma tasarımına bağlı ve sınırlı görünmektedir. McIntosh ve ark. (2018), Kreider ve ark. (2000), Ransone ve ark. (2003) ile O'Connor ve Crowe (2007) gibi çalışmaların bulgularını bir araya getiren bu meta-analiz, genel olarak küçük düzeyde ve istatistiksel

olarak anlamlı olmayan bir etki ortaya koymaktadır. Düşük heterojenlik düzeyi, metodolojik uyumluluğun sağlamlığını ve çalışmalar arasındaki tutarlılığı vurgulamaktadır.

McIntosh ve ark. (2018), elit rugby oyuncularında 6 haftalık HMB-Ca takviyesinin etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada, katılımcıların tamamının yüksek düzeyde antrenmanlı sporculardan oluştuğu belirtilmiştir. HMB-Ca takviyesi, kas kuvveti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmasa da, küçük ama potansiyel olarak pratik öneme sahip gelişmeler göstermiştir. Bu sonuçlar, HMB-Ca'nın özellikle başlangıç seviyesindeki bireylerde daha belirgin olabilecek etkilerinin, elit sporcularda sınırlı olabileceğini düşündürmektedir. Ransone ve ark. (2003), üniversite düzeyindeki sporcularda HMB takviyesinin etkilerini değerlendirmek için 3 tekrar maksimum (3RM) squat protokolünü tercih etmiştir. Bu protokol, maksimum kaldırma kapasitesini değerlendiren güvenilir bir yöntem olarak analiz kriterlerine uygun bulunmuş ve çalışmaya dahil edilmiştir. 3RM protokolü, 1RM'ye kıyasla farklı bir ölçüm yöntemi sunmasına rağmen, maksimum kuvvet kapasitesine ilişkin tutarlı ve geçerli bilgiler sağlamaktadır. Çalışma sonuçları, 3RM sonuçlarının 1RM ile benzer bir üst sınır kapasitesini temsil ettiğini ve analiz sonuçlarını negatif yönde etkilemediğini göstermiştir.

O'Connor ve Crowe (2007) ise antrenman seviyesi yüksek atletleri içeren bir çalışmada 3RM protokolleri ile deadlift, squat ve bench press gibi egzersizleri analiz etmiş, ancak HMB takviyesinin tüm vücut kuvveti üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermiştir. Bu durum, direnç antrenmanı geçmişi olan bireylerde HMB'nin kuvvet artışını optimize etme potansiyelinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu meta-analizde gözlemlenen küçük etki büyüklüğünün, müdahale sürelerinin genellikle kısa olması (çoğu çalışmada 4–6 hafta), katılımcıların diyet protein alımının yeterince kontrol edilmemesi ve antrenmanlı bireylerin takviyeye daha az yanıt verebilme özelliklerinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Sonuç olarak, mevcut veriler, HMB-Ca takviyesinin tüm vücut maksimum kuvveti üzerinde özellikle de antrenmanlı bireyler üzerinde önemli bir ergojenik fayda sağlamadığını göstermektedir. Gelecekteki çalışmaların, daha uzun müdahale sürelerini, bireyselleştirilmiş takviye stratejilerini ve standartlaştırılmış kuvvet test protokollerini içermesi, bu bulguların daha net bir şekilde ortaya konmasını sağlayabilir.

Hipertorfi kazanımlarına ilişkin lösin takviyesinin kronik dönemdeki etkilerine odaklanan analiz sonuçları, lösin ve metabolitlerinin kas kütlesi kazançlarını artırmada sınırlı etkiler sunduğunu göstermiştir. Genel etkiler küçük düzeyde olup, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (SMD = 0,07; %95 CI: -0,17 ila 0,32). Bu sonuçlar, analize dahil edilen çalışmalarda katılımcı özellikleri, müdahale süresi ve kullanılan yöntemler arasındaki değişkenliğin bir yansımasıdır.

Lösin metabolitlerinin ( rneğin HMB-Ca ve HMB-FA) kas protein sentezini artırma ve kas dokusunu koruma potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir (Wilson ve ark. 2014; Fern ndez-Landa ve ark. 2020). Ancak Tritto ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, direnç antrenmanı geçmişi olan bireyler üzerinde HMB-Ca ve HMB-FA takviyelerinin etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, her iki formdaki HMB takviyesinin kas kütlesi ve kas kesit alanı üzerindeki etkileri, plasebo grubuna kıyasla anlamlı bir fark yaratmamıştır. Bununla birlikte, HMB-FA grubunun leg press 1RM performansını, HMB-Ca ve plasebo gruplarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla artış göstermiştir. Ancak bu farkın küçük olduğu ve pratik açıdan önemli bir fayda sağlamadığı belirtilmiştir. Genel olarak, optimal protein alımı yapan direnç antrenmanlı bireylerde, HMB takviyesinin hipertrofi veya kas kuvveti artışı açısından sınırlı bir etki sağladığı sonucuna varılmıştır.

Teixeira ve ark. (2019) alışması incelendiğinde, günlük 1,7 g/kg'ın üzerinde protein tüketen bireylerde HMB takviyesinin vücut kompozisyonu üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmadığı rapor edilmiştir. Çalışmada, tüm gruplar direnç antrenmanına uygun şekilde diyetle yeterli protein ve enerji alımını sağlamış, bu durum HMB'nin potansiyel faydalarını maskeleyebilir. Bu bulgular, HMB'nin etkilerinin özellikle direnç antrenmanı sırasında protein ve enerji alımı yeterli olan bireyler için sınırlı olabileceğini göstermektedir.

Farklı sonuçlar arasında yer alan bir diğer önemli faktör, müdahale sırasında uygulanan takviyelerin içeriği olmuştur. Örneğin, Obradovi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, whey protein takviyesi alan grup, plasebo ve lösin takviyesi gruplarına kıyasla kas kuvveti ve hipertrofi ölçümlerinde daha üstün sonuçlar elde etmiştir. Bu durum, tam protein kaynaklarının ( rneğin, whey proteini) amino asit profili ve biyoyararlanımının, tek bir amino asidin (lösin) sağladığı faydadan daha üstün olabileceğini göstermektedir. Sonuçlar, protein içeriği daha zengin kombinasyonların,  z mlemesi gereken bir faktör

olduğunu ve tek bileşenli amino asit takviyelerinin bu tür tam protein kaynaklarına karşı etkinliğinin sınırlı olabileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, mevcut veriler, lösin ve metabolitlerinin hipertrofi üzerindeki etkilerinin çalışma tasarımına bağlı olduğunu ve optimal protein alımı yapan bireylerde sınırlı fayda sağladığını göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, daha uzun müdahale süreleri, bireyselleştirilmiş takviye stratejileri ve daha homojen katılımcı gruplarıyla bu bulguları derinleştirebilir.

Lösin takviyesinin güç performansı üzerindeki kronik etkilerini değerlendiren analiz sonuçlarımız, standartlaştırılmış ortalama farkın (SMD) 0,37 (%95 CI: -0,05 ila 0,79) olduğunu ve bu etkinin küçük ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ortaya koymuştur. Heterojenliğin düşük düzeyde olması ( $I^2 = \%17,6$ ), çalışmalar arasında metodolojik tutarlılığın bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, sonuçlardaki farklılıklar, kullanılan takviye türü, katılımcıların antrenman durumu ve deney protokollerindeki çeşitlilikten kaynaklanabilir.

Dahil edilen çalışmalar, lösin takviyesinin etkilerini değerlendirmek için farklı popülasyonlar ve takviye stratejilerini kapsamaktadır. Örneğin, Crowe ve ark. (2006), 6 haftalık lösin takviyesinin (45 mg/kg/gün) outrigger(destek kollu) kano sporcularında üst vücut gücü üzerindeki etkilerini incelemiş ve plaseboya kıyasla 10 saniyelik zirve güç testlerinde anlamlı bir artış olduğunu raporlamıştır. Bu artış, mTOR sinyal yolunun aktivasyonu ve kas protein sentezinin artışıyla ilişkilendirilmiştir. Ancak, Fernández-Landa ve ark. (2020), HMB ve kreatin kombinasyonunun elit dayanıklılık kürekçilerinde güç performansı üzerindeki etkilerini incelemiş ve anlamlı bir sonuç elde edememiştir. Bu durum, antrenman spesifikliği ve katılımcıların başlangıçtaki fitness seviyesinin, takviyenin etkinliğini sınırlayabileceğini düşündürmektedir.

Wilson ve ark. (2014), direnç antrenmanı yapan bireylerde HMB-FA etkilerini 12 hafta boyunca değerlendirmiş ve anaerobik güçte önemli iyileşmeler olduğunu raporlamıştır. Bu bulgu, HMB'nin kas hasarını azaltarak toparlanmayı iyileştirme ve antrenman adaptasyonlarını artırma potansiyelini desteklemektedir. Buna karşılık, Teixeira ve ark. (2019), direnç antrenmanı yapan bireylerde  $\alpha$ -HICA ve HMB'nin güç parametrelerine etkisini araştırmış, ancak anlamlı bir değişim gözlememiştir. Yeterli diyet proteini alımının, takviyenin potansiyel faydalarını maskeleyebileceği değerlendirilmiştir.

Sonuçlardaki farklılıklar, katılımcıların antrenman durumu, kullanılan takviye türü ve dozu ile değerlendirme protokollerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, başlangıç seviyesindeki sporcular, lösün takviyesine daha duyarlı olabilirken, yüksek diyet proteini alımına sahip antrenmanlı bireylerde etkiler sınırlı kalmaktadır. Wilson ve ark. (2014), HMB-FA biyoyararlanımının HMB-Ca'ya kıyasla daha yüksek olduğunu ve bunun da etkileri artırabileceğini rapor etmiştir. Bununla birlikte, güç ölçüm protokollerindeki çeşitlilik (örneğin, Wingate testleri, zirve güç ölçümleri) sonuçların yorumlanabilirliğini etkileyebilir. Standart yöntemlerin kullanılması, karşılaştırılabilirliği artırabilir.

Huni grafiği, çalışmalar arasında simetrik bir dağılım olduğunu ve yayın yanlılığının düşük seviyede olduğunu göstermektedir. Ancak küçük etki boyutlarının raporlanması, sonuçların dikkatli bir şekilde yorumlanmasını gerektirir. Bu meta-analizin bulguları, lösün ve türevlerinin, özellikle başlangıç seviyesindeki bireylerde güç performansı üzerinde sınırlı fakat çalışma tasarımına bağlı faydalar sunduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, mevcut bulguların daha net hale gelebilmesi için daha uzun süreli müdahale çalışmaları, farklı metabolit türlerini karşılaştıran doğrudan kıyaslama çalışmaları ve beslenme durumu ile takviye stratejilerinin etkilerini değerlendiren kapsamlı analizlere ihtiyaç vardır. Bu tür çalışmalar, lösün takviyesinin güç performansını artırmadaki potansiyelini daha iyi anlamamıza ve sporcular için daha etkili stratejiler geliştirmemize olanak sağlayacaktır.

Bu meta-analizin bulguları, lösün ve türevlerinin güç, hipertrofi ve maksimum kuvvet performansı üzerindeki etkilerini değerlendiren mevcut literatüre önemli katkılar sunmaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, lösün takviyesinin özellikle başlangıç seviyesindeki bireylerde belirgin faydalar sağladığını, ancak etkilerinin antrenman düzeyi, diyet proteini alımı ve kullanılan metabolit türü gibi moderatörlere bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, sonuçların genel olarak çalışma tasarımına bağımlı olduğu ve heterojenlik düzeylerinin belirli analizlerde etkili olduğu vurgulanmıştır. Gelecekteki çalışmaların, farklı metabolit türlerini, dozaj stratejilerini ve uygulama zamanlamalarını içeren alt grup analizleri yaparak moderatör etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde incelemesi gerekmektedir. Ayrıca, homojen katılımcı gruplarıyla, uzun süreli müdahaleleri kapsayan standartlaştırılmış protokoller, bu alanın bilimsel dayanağını güçlenmesine katkıda bulunacaktır.

Pratik açıdan, bu bulgular, l3sin takviyesinin etkisinin bireylerin antrenman d3zeyi ve beslenme durumu ile ilişkili olduğunu g3stermektedir. Antrenman ge3mişi olmayan ve diyetle yeterli protein t3k3tmeyen bireylerde l3sin takviyesinin etki potansiyeli daha belirgin olabilirken, y3ksek yoğunlukta antrenman yapan ve yeterli protein alımı sağlayan bireylerde bu potansiyelin sınırlı olduğu g3r3lmektedir. Antrenman sonrası d3nemde uygun dozlarda alınan l3sin, mTOR aktivasyonu ve kas protein sentezini destekleyerek toparlanmayı optimize edebilir. Ancak, ileri seviye sporcularda veya iyi planlanmış bir diyetle desteklenen bireylerde l3sin takviyesinin etkileri sınırlı kalabilir. Bu bağlamda, l3sin takviyesinin kişiselleştirilmiş yaklaşımlarla uygulanması ve bu yaklaşımların antrenman hedeflerine uygun şekilde entegre edilmesi 3nemlidir. Bu bulgular, sporcular i3in daha etkili takviye stratejileri geliştirilmesine rehberlik ederken, gelecekteki araştırmalara da sağlam bir temel sunmaktadır.

## 6. SONUÇ

Mevcut çalışma, lösün ve türevlerinin kuvvet, hipertrofi ve güç performansı üzerindeki etkilerini değerlendirendirmiştir. Özellikle başlangıç seviyesindeki bireylerde daha belirgin faydalar sağladığını, ancak yüksek antrenman seviyesine sahip bireylerde etkilerinin sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar, lösün takviyesinin etkilerinin bireylerin antrenman düzeyi, diyet proteini alımı, kullanılan metabolit türü ve müdahale süresi gibi moderatör değişkenlere bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, lösün takviyesinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için kişiselleştirilmiş stratejilerin geliştirilmesi önemlidir. Gelecekteki çalışmaların, bu moderatörlerin etkilerini daha ayrıntılı analiz ederek ve uzun süreli müdahalelerle desteklenerek çözümlenebilirliği artırması beklenmektedir. Sonuç olarak, lösün takviyesinin uygun popülasyonlar ve antrenman hedefleri doğrultusunda planlandığında, spor performansını optimize etme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Lösün takviyesinin kronik etkileri, üst vücut kuvvet performansı için anlamlı, diğer parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Alt vücut ve güç performansı için farklı sonuçlar gözlenmiş, alt vücut kuvveti çalışmalarında heterojenlik belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, lösün takviyesinin kuvvet performansı üzerindeki etkilerinin daha geniş ve tutarlı çalışmalara ihtiyaç duyduğunu vurgulamaktadır.

## 7. KAYNAKLAR

- Açıkada, C. (2018). Antrenman bilimi (pp. 9–11). Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Akgöz, S., Ercan, İ., & Kan, İ. (2004). Meta-analizi. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30(2), 107-112.
- American College of Sports Medicine. (1991). *Guidelines for exercise testing and prescription*. Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687-708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- American College of Sports Medicine. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott williams & wilkins.
- Aguiar, A.F., Grala, A.P., da Silva, R.A. *et al.* Free leucine supplementation during an 8-week resistance training program does not increase muscle mass and strength in untrained young adult subjects. *Amino Acids* **49**, 1255–1262 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2427-0>
- Arazi, H., Taati, B., & Suzuki, K. (2018). A review of the effects of leucine metabolite ( $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate) supplementation and resistance training on inflammatory markers: A new approach to oxidative stress and cardiovascular risk factors. *Antioxidants*, 7(10), 148.
- Ardic, F. (2012). Anthropometry and Exercise in Obesity. In *Handbook of Anthropometry*. Springer, New York, NY.
- Arey, B. J., & Dias, J. A. (2016). the Physiology and Pharmacology of leucine-rich repeat GPCrs. *Frontiers in Endocrinology*, 7, 56.
- Atherton, P. J., Kumar, V., Selby, A. L., Rankin, D., Hildebrandt, W., Phillips, B. E., & Smith, K. (2017). Enriching a protein drink with leucine augments muscle protein synthesis after resistance exercise in young and older men. *Clinical nutrition*, 36(3), 888-895.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human kinetics.
- Bagchi, D., Nair, S., & Sen, C. K. (Eds.). (2018). *Nutrition and enhanced sports performance: muscle building, endurance, and strength*. Academic Press.
- Bean, A. (2017). *The complete guide to sports nutrition*. Bloomsbury Publishing.



- Bear, D. E., Langan, A., Dimidi, E., Wandrag, L., Harridge, S. D., Hart, N., & Whelan, K. (2019).  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate and its impact on skeletal muscle mass and physical function in clinical practice: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 109(4), 1119-1132.
- Bender, D. A. (2012). *Amino acid metabolism*. John Wiley & Sons.
- Bianconi, E., Piovesan, A., Facchin, F., Beraudi, A., Casadei, R., Frabetti, F., & Canaider, S. (2013). An estimation of the number of cells in the human body. *Annals of human biology*, 40(6), 463-471.
- Biolo, G., Maggi, S. P., Williams, B. D., Tipton, K. D., & Wolfe, R. R. (1995). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 268(3), E514-E520.
- Blachier, F., Blais, A., Elango, R., Saito, K., Shimomura, Y., Kadowaki, M., & Matsumoto, H. (2021). Tolerable amounts of amino acids for human supplementation: summary and lessons from published peer-reviewed studies. *Amino Acids*, 53(9), 1313-1328.
- Bompa, T. O. (1996). Variations of periodization of strength. *Strength & Conditioning Journal*, 18(3), 58-61.
- Bompa, T. O. (1998). *Antrenman Kavramı ve Yöntemi*. Bağırgan Yayımevi: Ankara.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2009). *Periodization-: theory and methodology of training*. Human kinetics. ISBN-13, 978-0736074834.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2021). *Periodization of strength training for sports*. Human Kinetics Publishers.
- Borenstein, M., & Hedges, L. V. (2019). Effect sizes for meta-analysis. In H. Cooper, L. V. Hedges, & J. C. Valentine (Eds.), *Handbook of research synthesis and meta-analysis* (3rd ed., pp. 207–244). Russell Sage Foundation.
- Bork, P. (Ed.). (2000). *Analysis of Amino Acid Sequences* (Advances in Protein Chemistry 54). Elsevier, Academic Press.
- Brestenský, M., Nitrayová, S., Patráš, P., Heger, J., & Nitray, J. (2015). BRANCHED CHAIN AMINO ACIDS AND THEIR IMPORTANCE IN NUTRITION. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 5(2), 197-202. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.5.2.197-202>
- Brown, L. E., & Whitehurst, M. (2003). The effect of short-term isokinetic training on force and rate of velocity development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 88-94.
- Bukhari, S. S., Phillips, B. E., Wilkinson, D. J., Limb, M. C., Rankin, D., Mitchell, W. K., & Atherton, P. J. (2015). Intake of low-dose leucine-rich essential amino acids stimulates muscle anabolism equivalently to bolus whey protein in older women at rest and after exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 308(12), E1056-E1065.
- Brown, L. E. (2007). *Strength training*. Human Kinetics.
- Campa, F., Matias, C. N., Teixeira, F. J., Reis, J. F., Valamatos, M. J., Toselli, S., & Monteiro, C. P. (2021). Leucine metabolites do not induce changes in phase angle,

- bioimpedance vector analysis patterns, and strength in resistance trained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 46(6), 669-675.
- Carraro, A., Paoli, A., & Gobbi, E. (2018). Affective response to acute resistance exercise: a comparison among machines and free weights. *Sport Sciences for Health*, 14, 283-288.
- Cashmore, E. (2008). *Sport and exercise psychology: The key concepts*. Routledge.
- Chang, M. C., & Choo, Y. J. (2023). Effects of Whey Protein, Leucine, and Vitamin D Supplementation in Patients with Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 15(3), 521.
- Chu, D. A. (1996). Explosive power & strength: complex training for maximum results. (*No Title*).
- Churchward-Venne, T. A., Breen, L., Di Donato, D. M., Hector, A. J., Mitchell, C. J., Moore, D. R., ... & Phillips, S. M. (2014). Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial. *The American journal of clinical nutrition*, 99(2), 276-286.
- Churchward-Venne TA, Burd NA, Mitchell CJ, West DW, Philp A, Marcotte GR, Baker SK, Baar K, Phillips SM. Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. *J Physiol*. 2012 Jun 1;590(11):2751-65. doi: 10.1113/jphysiol.2012.228833.
- Churchward-Venne, T. A., Burd, N. A., Mitchell, C. J., West, D. W., Philp, A., Marcotte, G. R., & Phillips, S. M. (2012). Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. *The Journal of physiology*, 590(11), 2751-2765.
- Clark, M. A., Lucett, S., & Corn, R. J. (2008). *NASM essentials of personal fitness training*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(11), S52-S69.
- Cochran, W. G. (1954). The combination of estimates from different experiments. *Biometrics*, 10(1), 101-129.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports medicine*, 41, 17-38.
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R., & Lubans, D. R. (2015). High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 49(19), 1253-1261.
- Crowe, M. J., Weatherson, J. N., & Bowden, B. F. (2006). Effects of dietary leucine supplementation on exercise performance. *European journal of applied physiology*, 97, 664-672.

- De Andrade, I. T., Gualano, B., Hevia-Larraín, V., Neves-Junior, J., Cajueiro, M., Jardim, F., & Roschel, H. (2020). Leucine supplementation has no further effect on training-induced muscle adaptations. *Med Sci Sports Exerc*, 52(8), 1809-1814.
- Dinç N, Gökmen MH, Atletik Performans Ve Spor Genetiği, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2019;6(2),127-137
- Dodd, K. M., & Tee, A. R. (2012). Leucine and mTORC1: a complex relationship. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*.
- Dreyer, H. C., Drummond, M. J., Pennings, B., Fujita, S., Glynn, E. L., Chinkes, D. L., & Rasmussen, B. B. (2008). Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 294(2), E392-E400.
- Driskell, J. A., & Wolinsky, I. (2002). *Nutritional assessment of athletes*. CRC press.
- Duan, Y., Li, F., Li, Y., Tang, Y., Kong, X., Feng, Z., & Yin, Y. (2016). The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism. *Amino acids*, 48, 41-51.
- Durkalec-Michalski, K., & Jeszka, J. (2015). The efficacy of a  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation on physical capacity, body composition and biochemical markers in elite rowers: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12, 1-11.
- Egger, M. Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C.(1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *British Medical Journal*, 315(7109), 629–634.
- El-Khoury, A. E. (Ed.). (1999). *Methods for investigation of amino acid and protein metabolism* (Vol. 2). CRC press.
- Fernández-Landa, J., Fernández-Lázaro, D., Calleja-González, J., Caballero-García, A., Martínez, A. C., León-Guereño, P., & Mielgo-Ayuso, J. Effect of ten weeks of creatine monohydrate plus HMB supplementation on athletic performance tests in elite male endurance athletes. *Nutrients* 2020, 12, 193.
- Ferrando, A. A., Wolfe, R. R., Hirsch, K. R., Church, D. D., Kviatkovsky, S. A., Roberts, M. D., Stout, J. R., Gonzalez, D. E., Sowinski, R. J., Kreider, R. B., Kerksick, C. M., Burd, N. A., Pasiakos, S. M., Ormsbee, M. J., Arent, S. M., Arciero, P. J., Campbell, B. I., VanDusseldorp, T. A., Jager, R., Willoughby, D. S., ... Antonio, J. (2023). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Effects of essential amino acid supplementation on exercise and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 2263409. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2263409>
- Fouré, A., Wegrzyk, J., Le Fur, Y., Mattei, J. P., Boudinet, H., Vilmen, C., & Gondin, J. (2015). Impaired mitochondrial function and reduced energy cost as a result of muscle damage. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(6), 1135-1144.
- Fragkos, K. C., & Forbes, A. (2018). Citrulline as a marker of intestinal function and absorption in clinical settings: A systematic review and meta-analysis. *United European gastroenterology journal*, 6(2), 181-191.

- Funderburk, L. K., Beretich, K. N., Chen, M. D., & Willoughby, D. S. (2020). Efficacy of L-leucine supplementation coupled with resistance training in untrained midlife women. *Journal of the American College of Nutrition*, 39(4), 316-324.
- García-Pallarés, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 41, 329-343.
- Garhammer, J. (1981). Strength training modes: Free weight equipment for the development of athletic strength and power—Part I. *Strength & Conditioning Journal*, 3(6), 24-26.
- Garlick, P. J. (2005). The role of leucine in the regulation of protein metabolism. *The Journal of nutrition*, 135(6), 1553S-1556S.
- George, K. (2015). Nutrition Book, How to Gain Muscle, Weight Training, How to Lose Weight, Diet book, Protein Diet Optimal Guide To Your Best Physique: Raw Truth Behind Nutrition & Training.
- Gould, D., Dieffenbach, K., & Moffett, A. (2002). Psychological characteristics and their development in Olympic champions. *Journal of applied sport psychology*, 14(3), 172-204.
- Gu, C., Mao, X., Chen, D., Yu, B., & Yang, Q. (2019). Isoleucine plays an important role for maintaining immune function. *Current Protein and Peptide Science*, 20(7), 644-651.
- Güneş, Z. (2005). Spor ve beslenme. *Ankara: Nobel yayın dağıtım*, 4, 1.
- Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength & Conditioning Journal*, 34(6), 2-12.
- Haff, G. G. (2013). Periodization strategies for youth development. In *Strength and Conditioning for Young Athletes* (pp. 171-190). Routledge.
- Harper, A. E., Miller, R., & Block, K. P. (1984). Branched-chain amino acid metabolism. *Annual review of nutrition*, 4(1), 409-454.
- Harrison, J. S. (2010). Bodyweight training: A return to basics. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 52-55.
- Hashempour, A., Hooshmand, S., Tabesh, M. R., & Alizadeh, Z. (2019). Effect of 6-week HMB (beta-hydroxy-beta methylbutyrate) supplementation on muscle strength and body composition in sedentary overweight women. *Obesity Medicine*, 15, 100115.
- Haugen, M. E., Vårvik, F. T., Larsen, S., Haugen, A. S., van den Tillaar, R., & Bjørnsen, T. (2023). Effect of free-weight vs. machine-based strength training on maximal strength, hypertrophy and jump performance—a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 103.
- Herrero, M., Oltjen, J. W., Kebreab, E., & Lapierre, H. (Eds.). (2013). Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production: 4th International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition Sacramento, California, USA 9-12 September 2013. Wageningen Academic Publishers.

- Holecek, M., Muthny, T., Kovarik, M., & Sispera, L. (2009). Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on protein metabolism in whole body and in selected tissues. *Food and chemical toxicology*, 47(1), 255-259.
- Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G., & French, D. N. (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the international Society of Sports Nutrition*, 9(1), 20.
- Hutson, S. M., & Harris, R. A. (2001). Introduction. Symposium: leucine as a nutritional signal. *The Journal of nutrition*, 131(3), 839S-840S.
- Jakubowski, J. S., Wong, E. P., Nunes, E. A., Noguchi, K. S., Vandeweerd, J. K., Murphy, K. T., & Phillips, S. M. (2019). Equivalent hypertrophy and strength gains in  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate-or Leucine-supplemented men. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(1), 65.
- Joint, F. A. O., & World Health Organization. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. World Health Organization.
- Jonathan, JD., Higgins, JPT., & Altman, DG. (2019), Analysing data and undertaking meta-analyses. A. DG içinde, *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*.
- Johnen, B., & Schott, N. (2018). Feasibility of a machine vs free weight strength training program and its effects on physical performance in nursing home residents: a pilot study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 30, 819-828.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports medicine*, 29, 373-386.
- Juneja, H., Verma, S. K., & Khanna, G. L. (2012). Isometric strength and its relationship to dynamic performance: a systematic review. *Journal of exercise science and physiotherapy*, 6(2), 60-69.
- Jówko, E., Ostaszewski, P., Jank, M., Sacharuk, J., Zieniewicz, A., Wilczak, J., & Nissen, S. (2001). Creatine and  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition*, 17(7-8), 558-566.
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., & Evans, W. J. (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exercise and sport sciences reviews*, 24(1), 363-398.
- Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (Eds.). (2008). *The Handbooks of Sports Medicine and Science: Strength Training for Sport*. John Wiley & Sons.
- Kreider, R. B., Ferreira, M. P., Greenwood, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., & Amalda, A. L. (2000). Effects of calcium  $\beta$ -HMB supplementation during training on markers of catabolism, body composition, strength and sprint performance.

- Kricheldorf, H. R. (2012).  *$\alpha$ -aminoacid-N-carboxy-anhydrides and related heterocycles: syntheses, properties, peptide synthesis, polymerization*. Springer Science & Business Media.
- Langer, H., & D'Hulst, G. (2020). *A Scientific Guide To Protein Intake With Training: What to Eat, How Much and When*. [E-kitap]. (1st ed.). (108 sayfa). ISBN: B08LYST61T.
- Layman, D. K. (2002). Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(6), 646-662.
- Leenders, M., Verdijk, L. B., van der Hoeven, L., van Kranenburg, J., Hartgens, F., Wodzig, W. K., & van Loon, L. J. (2011). Prolonged leucine supplementation does not augment muscle mass or affect glycemic control in elderly type 2 diabetic men. *The Journal of nutrition*, 141(6), 1070-1076.
- Lennon, E., Mathis, E., & Ratermann, A. (2010). Comparison of Strength Changes Following Resistance Training Using Free Weights and Machine Weights. *Missouri Journal of Health, Physical Education, Recreation & Dance*, 20.
- Li, J. B., & Jefferson, L. S. (1978). Influence of amino acid availability on protein turnover in perfused skeletal muscle. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 544(2), 351-359.
- Liu, Y., Christensen, P. M., Hellsten, Y., & Gliemann, L. (2022). Effects of exercise training intensity and duration on skeletal muscle capillarization in healthy subjects: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 54, 1714-1728.
- Lloret, J., Gómez, S., Rocher, M., Carreño, A., San, J., & Inglés, E. (2021). The potential benefits of water sports for health and well-being in marine protected areas: A case study in the Mediterranean. *Annals of Leisure Research*, 1-27.
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British journal of sports medicine*, 48(7), 498-505.
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61-72.
- Lunn, W. R., Pasiakos, S. M., Colletto, M. R., Karfonta, K. E., Carbone, J. W., Anderson, J. M., & Rodriguez, N. R. (2012). Chocolate milk and endurance exercise recovery: protein balance, glycogen, and performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 682-691.
- Mattick, J. S., Kamisoglu, K., Ierapetritou, M. G., Androulakis, I. P., & Berthiaume, F. (2013). Branched-chain amino acid supplementation: impact on signaling and relevance to critical illness. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 5(4), 449-460.
- Maughan, R. J. (Ed.). (2013). *Sports nutrition* (Vol. 19). John Wiley & Sons.
- Maughan, R. J. (Ed.). (2013). *Sports nutrition* (Vol. 19). John Wiley & Sons..
- Mazzulla, michael1; parel, justin t.2; beals, joseph w.3; van vliet, stephan2; abou sawan, sidney1; west, daniel w. d.1; paluska, scott a.4; ulanov, alexander v.5; moore, daniel r.1; burd, nicholas a.2,3. Endurance Exercise Attenuates Postprandial Whole-Body Leucine Balance in Trained Men. *Medicine & Science in Sports &*

Exercise 49(12):p 2585-2592, December 2017. |  
DOI:10.1249/MSS.0000000000001394

- McIntosh, N. D., Love, T. D., Haszard, J. J., Osborne, H. R., & Black, K. E. (2018).  $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation effects on body mass and performance in elite male rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(1), 19-26.
- Mero, A. (1999). Leucine supplementation and intensive training. *Sports Medicine*, 27, 347-358.
- Michael J. Rennie, Julien Bohé, Ken Smith, Henning Wackerhage, Paul Greenhaff, Branched-Chain Amino Acids as Fuels and Anabolic Signals in Human Muscle, *The Journal of Nutrition*, Volume 136, Issue 1, January 2006, Pages 264S–268S, <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.264S>
- Mobley, C. B., Haun, C. T., Roberson, P. A., Mumford, P. W., Romero, M. A., Kephart, W. C., & Roberts, M. D. (2017). Effects of whey, soy or leucine supplementation with 12 weeks of resistance training on strength, body composition, and skeletal muscle and adipose tissue histological attributes in college-aged males. *Nutrients*, 9(9), 972.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group\*, T. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Nair, K. S., Schwartz, R. G., & Welle, S. (1992). Leucine as a regulator of whole body and skeletal muscle protein metabolism in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 263(5), E928-E934.
- Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning Journal*, 16(5), 20-31.
- Nissen, S., Sharp, R., Ray, M., Rathmacher, J. A., Rice, D., Fuller Jr, J. C., & Abumrad, N. J. J. O. A. P. (1996). Effect of leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *Journal of Applied Physiology*.
- Obradović, J., Vukadinović Jurišić, M., & Rakonjac, D. (2020). The effects of leucine and whey protein supplementation with eight weeks of resistance training on strength and body composition. *J Sports Med Phys Fitness*, 60(6), 864-869.
- O'Connor, D. M., & Crowe, M. J. (2007). Effects of six weeks of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) and HMB/creatine supplementation on strength, power, and anthropometry of highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 419-423.
- Osmond, A. D., Directo, D. J., Elam, M. L., Juache, G., Kreipke, V. C., Saralegui, D. E., & Jo, E. (2019). The effects of leucine-enriched branched-chain amino acid supplementation on recovery after high-intensity resistance exercise. *International journal of sports physiology and performance*, 14(8), 1081-1088.

- Panton, L. B., Rathmacher, J. A., Baier, S., & Nissen, S. (2000). Nutritional supplementation of the leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) during resistance training. *Nutrition*, 16(9), 734-739.
- Pasiakos, S. M., McLellan, T. M., & Lieberman, H. R. (2015). The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports medicine*, 45, 111-131.
- Pereira Junior, M. (2016). Effect of branched chain amino acids supplementation on the human physical performance. *RBNE-REVISTA BRASILEIRA DE NUTRICAÇÃO ESPORTIVA*, 10(56), 157-164.
- Phillips, S. M. (2004). Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*, 20(7-8), 689-695.
- Pinheiro, C. H. D. J., Gerlinger-Romero, F., Guimaraes-Ferreira, L., de Souza-Jr, A. L., Vitzel, K. F., Nachbar, R. T., ... & Curi, R. (2012). Metabolic and functional effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in skeletal muscle. *European journal of applied physiology*, 112, 2531-2537.
- Potgieter, S. (2013). Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African journal of clinical nutrition*, 26(1), 6-16.
- Prieto González, P., & Sedlacek, J. (2021). Comparison of the efficacy of three types of strength training: Body, weight training machines and free weights. *Apunts Educación Física y Deportes*, 145, 9-16.
- Ransone, J., Neighbors, K., Lefavi, R., & Chromiak, J. (2003). The effect of  $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methylbutyrate on muscular strength and body composition in collegiate football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 34-39. A174
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(3), 456-464.
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2012). High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. *European journal of applied physiology*, 112, 1457-1466.
- Rowlands, D. S., & Thomson, J. S. (2009). Effects of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation during resistance training on strength, body composition, and muscle damage in trained and untrained young men: A meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 836-846.
- Ryder, J. W., Buxton, R. E., Goetchius, E., Scott-Pandorf, M., Hackney, K. J., Fiedler, J., & Ploutz-Snyder, L. L. (2013). Influence of muscle strength to weight ratio on functional task performance. *European journal of applied physiology*, 113, 911-921.
- Schwanbeck, S. R., Cornish, S. M., Barss, T., & Chilibeck, P. D. (2020). Effects of training with free weights versus machines on muscle mass, strength, free testosterone, and free cortisol levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(7), 1851-1859.



- Shimomura, Y., Kobayashi, H., Mawatari, K., Akita, K., Inaguma, A., Watanabe, S., & Sato, J. (2009). Effects of squat exercise and branched-chain amino acid supplementation on plasma free amino acid concentrations in young women. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 55(3), 288-291.
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., & Mawatari, K. (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(3), 236-244.
- Slater, G. J., & Jenkins, D. (2000).  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strength. *Sports Medicine*, 30, 105-116.
- Slater, G. J., Jenkins, D. G., Logan, P., Lee, H., Vukovich, M., Rathmacher, J. A., & Hahn, A. G. (2001).  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 11(3), 384-396.
- Spriet, L. L. (2022). Anaerobic metabolism during exercise. In *Exercise metabolism* (pp. 51-70). Cham: Springer International Publishing.
- Sterne, J. A., & Egger, M. (2005). Regression methods to detect publication and other bias in meta-analysis. In *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments* (pp. 99–110). Wiley.
- Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2007). *Principles and practice of resistance training*. Human Kinetics.
- Su, Y., Lam, T. K., He, W., Pocai, A., Bryan, J., Aguilar-Bryan, L., & Gutiérrez-Juárez, R. (2012). Hypothalamic leucine metabolism regulates liver glucose production. *Diabetes*, 61(1), 85-93.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
- Swain, D. P., & Leutholtz, B. C. (2007). *Exercise prescription: a case study approach to the ACSM guidelines*. Human Kinetics.
- Tarnopolsky, M. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *European Journal of Sport Science*, 4(1), 1-15.
- Tatpati, L. L., Irving, B. A., Tom, A., Bigelow, M. L., Klaus, K., Short, K. R., & Nair, K. S. (2010). The effect of branched chain amino acids on skeletal muscle mitochondrial function in young and elderly adults. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(2), 894-902.
- Tenenbaum, G., & Eklund, R. C. (Eds.). (2007). *Handbook of sport psychology*. John Wiley & Sons.
- Teixeira, F. J., Matias, C. N., Monteiro, C. P., Valamatos, M. J., Reis, J. F., Tavares, F., & Phillips, S. M. (2019). Leucine Metabolites Do Not Enhance Training-induced Performance or Muscle Thickness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(1), 56-64.

- Teixeira, F. J., Matias, C. N., Monteiro, C. P., Valamatos, M. J., Reis, J. F., Batista, A., & Phillips, S. M. (2019). No effect of HMB or  $\alpha$ -HICA supplementation on training-induced changes in body composition. *European journal of sport science*, 19(6), 802-810.
- Thompson, Dixie L. Ph.D., FACSM. Fitness Focus Copy-and-Share: Strength Training. ACSM's Health & Fitness Journal 12(1):p 4, January 2008. | DOI: 10.1249/01.FIT.0000298466.37630.45
- Thomson, J. S., Watson, P. E., & Rowlands, D. S. (2009). Effects of nine weeks of  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate supplementation on strength and body composition in resistance trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 827-835.
- Tischler, M. E., Desautels, M., & Goldberg, A. L. (1982). Does leucine, leucyl-tRNA, or some metabolite of leucine regulate protein synthesis and degradation in skeletal and cardiac muscle?. *Journal of Biological Chemistry*, 257(4), 1613-1621.
- Tritto, A. C., Bueno, S., Rodrigues, R. M., Gualano, B., Roschel, H., & Artioli, G. G. (2019). Negligible effects of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free acid and calcium salt on strength and hypertrophic responses to resistance training: a randomized, placebo-controlled study. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(5), 505-511.
- Trumbo, P., Schlicker, S., Yates, A. A., & Poos, M. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids.(Commentary). *Journal of the american dietetic association*, 102(11), 1621-1631.
- Tsuchiya, Y., Ueda, H., Sugita, N., & Ochi, E. (2021). Low dose of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) alleviates muscle strength loss and limited joint flexibility following eccentric contractions. *Journal of the American College of Nutrition*, 40(3), 211-218.
- Tyler A, Churchward-Venne, Leigh Breen, Danielle M Di Donato, Amy J Hector, Cameron J Mitchell, Daniel R Moore, Trent Stellingwerff, Denis Breuille, Elizabeth A Offord, Steven K Baker, Stuart M Phillips, Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 99, Issue 2, February 2014, Pages 276–286, <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.068775>
- Valerio, A., D'Antona, G., & Nisoli, E. (2011). Branched-chain amino acids, mitochondrial biogenesis, and healthspan: an evolutionary perspective. *Aging (Albany NY)*, 3(5), 464.
- Van Koevering, M. I. C. H. A. E. L., & Nissen, S. (1992). Oxidation of leucine and alpha-ketoisocaproate to beta-hydroxy-beta-methylbutyrate in vivo. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 262(1), E27-E31.
- Viechtbauer, W. (2005). Bias and efficiency of meta-analytic variance estimators in the random-effects model. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 30(3), 261–293.

- Yarasheski, K. E., Zachwieja, J. J., & Bier, D. M. (1993). Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 265(2), E210-E214.
- Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(2):74–83.
- Washburn, B. (2021). *What's Your Formula?: Combine Learning Elements for Impactful Training*. American Society for Training and Development.
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*, 11(4), 209-216.
- Wilke, J., Stricker, V., & Usedly, S. (2020). Free-weight resistance exercise is more effective in enhancing inhibitory control than machine-based training: a randomized, controlled trial. *Brain sciences*, 10(10), 702.
- Wilkinson, D. J., Hossain, T., Hill, D. S., Phillips, B. E., Crossland, H., Williams, J., & Atherton, P. J. (2013). Effects of leucine and its metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *The Journal of physiology*, 591(11), 2911-2923.
- Wilkinson, D. J., Hossain, T., Limb, M. C., Phillips, B. E., Lund, J., Williams, J. P., & Atherton, P. J. (2018). Impact of the calcium form of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate upon human skeletal muscle protein metabolism. *Clinical Nutrition*, 37(6), 2068-2075.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Andersen, J. C., Wilson, S. M., Stout, J. R., & Rathmacher, J. (2014). The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European journal of applied physiology*, 114, 1217-1227.
- Wilson, G. J., Wilson, J. M., & Manninen, A. H. (2008). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutrition & metabolism*, 5(1), 1-17.
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J., & Fry, A. C. (2020). *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics.

## **8. ÖZGEÇMİŞ**