



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**FİZİKSEL OLARAK AKTİF, YETİŞKİN KADINLARDA DİRENÇ
ANTRENMANINA EK OLARAK ALINAN BEZELYE VE WHEY
PROTEİNİ TAKVİYESİNİN BAZI FİZİKSEL UYGUNLUK
PARAMETRELERİ VE KALP HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Yunus AKSU

**ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Dicle ARAS**

**ANKARA
2025**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİKSEL OLARAK AKTİF, YETİŞKİN KADINLARDA
DİRENÇ ANTRENMANINA EK OLARAK ALINAN BEZELYE
VE WHEY PROTEİNİ TAKVİYESİNİN BAZI FİZİKSEL
UYGUNLUK PARAMETRELERİ VE KALP HIZI
DEĞİŞKENLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Yunus AKSU

**ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Dicle ARAS**

**ANKARA
2025**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Fiziksel Olarak Aktif, Yetişkin Kadınlarda Direnç Antrenmanına Ek Olarak Alınan Bezelye ve Whey Proteini Takviyesinin Bazı Fiziksel Uygunluk Parametreleri ve Kalp Hızı Değişkenliği Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikri tümüyle danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Yunus AKSU

Tarih:/.../2025

İmza:

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Hareket ve Antrenman Bilimleri
Tezli Yüksek Lisans Programında Yunus AKSU tarafından hazırlanan
“Fiziksel Olarak Aktif, Yetişkin Kadınlarda Direnç Antrenmanına Ek Olarak Alınan Bezelye
ve Whey Proteini Takviyesinin Bazı Fiziksel Uygunluk Parametreleri ve Kalp Hızı
Değişkenliği Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması” adlı
tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak OY BİRLİĞİ/OY
ÇOKLUĞU ile kabul/ret edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20.11.2025

Prof. Dr.
..... Üniversitesi
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Dicle ARAS
Ankara Üniversitesi
Danışman

Doç. Dr.
..... Üniversitesi
Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fügen AKTAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Fiziksel Olarak Aktif, Yetişkin Kadınlarda Direnç Antrenmanına Ek Olarak Alınan Bezelye ve Whey Proteinini Takviyesinin Bazı Fiziksel Uygunluk Parametreleri ve Kalp Hızı Değişkenliği Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu çalışma, 60°/s açısal hızda diz eklemine izokinetik sistemde antrene edilmesiyle 6 hafta boyunca konsantrik/konsantrik direnç antrenmanına ek olarak alınan bezelye, whey ve izokalorik plasebo takviyelerinin vücut kompozisyonu, esneklik, aerobik dayanıklılık, kas kuvveti parametreleri ve kalp hızı değişkenliği üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören fiziksel olarak aktif 23 sağlıklı kadın öğrenci gönüllülük esasına dayalı olarak katılmıştır. Katılımcılar, çift-kör bir desenle rastgele olarak bezelye proteini (n=8), whey proteini (n=8) veya plasebo (n=7) grubuna ayrılmıştır. Tüm katılımcıların günlük beslenmelerine standart bir müdahale uygulanmış ve antrenman sonrası dönemde kendi gruplarına ait takviyeleri tüketmişlerdir. Antrenman protokolü, 6 hafta boyunca haftada 3 gün, izokinetik alette 60°/s açısal hızda konsantrik/konsantrik diz ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerinden oluşmuştur. Antrenman protokolü, her bir diz için 10 tekrarlık 4 setten oluşmuş ve setler arasında 10 saniye dinlenme süresi verilmiştir. Her antrenman sonrasında egzersizin yoğunluğunu değerlendirmek için Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) skalası kullanılmıştır. Testler kapsamında, vücut kompozisyonu, esneklik, aerobik dayanıklılık, izokinetik kas kuvveti, kalp hızı değişkenliği ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, çalışma öncesi (ön test), 9. antrenman sonrası (ara test) ve 18. antrenman sonrası (son test) olmak üzere üç farklı zaman noktasında alınmıştır. Toplanan veriler, çift yönlü tekrarlı ölçümlerde ANOVA ile analiz edilmiştir. Bulgulara göre, vücut kompozisyonu zamanla grup içinde ve gruplar arasında farklılaşarak whey proteini ve bezelye proteini kullanan gruplarda plasebo grubuna göre anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. İzokinetik kuvvet parametrelerinden ortalama tork, zirve tork, relatif zirve tork ve toplam iş değerlerinde zaman ana etkisine bağlı olarak anlamlı artışlar kaydedilmiştir. Bu artışlar, her iki protein grubunda da plasebo grubundan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Aerobik dayanıklılık, esneklik ve kalp hızı değişkenlerinde zaman ana etkisinde de iyileşmeler görülmektedir. Sonuç olarak, direnç antrenmanına ek olarak kullanılan protein takviyelerinin, fiziksel olarak aktif kadınlarda performans parametrelerini plaseboya kıyasla anlamlı ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Bununla birlikte, whey protein ve bezelye protein arasında etkililik açısından anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiş olup; bu durum, bezelye proteininin de whey proteini kadar etkili bir bitkisel alternatif olabileceğine işaret etmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bezelye protein, direnç antrenmanı, izokinetik kuvvet, whey protein

SUMMARY

The Comparison of the Effects of Pea and Whey Protein Supplementation Combined with Resistance Training on Some Physical Fitness Parameters and Heart Rate Variability in Physically Active Adult Women

This study aimed to evaluate the effects of pea protein, whey protein, and isocaloric placebo supplements, taken in addition to concentric/concentric resistance training of the knee joint in an isokinetic system at an angular velocity of 60°/s for 6 weeks, on body composition, flexibility, aerobic endurance, muscle strength parameters, and heart rate variability. Twenty-three healthy, physically active female students from the Faculty of Sports Sciences at Ankara University participated in the study on a voluntary basis. Participants were randomly assigned to either the pea protein (n=8), whey protein (n=8), or placebo (n=7) group using a double-blind design. All participants received a standard intervention in their daily diet and consumed the supplements assigned to their respective groups in the post-training period. The training protocol consisted of concentric/concentric knee extension and flexion movements at an angular velocity of 60°/s on an isokinetic device, 3 days a week for 6 weeks. The training protocol consisted of 4 sets of 10 repetitions for each knee, with a 10-second rest period between sets. The Perceived Intensity Scale (PIS) was used after each workout to assess exercise intensity. Measurements of body composition, flexibility, aerobic endurance, isokinetic muscle strength, and heart rate variability were performed. Measurements were taken at three different time points: before the study (pre-test), after the 9th workout (intermediate test), and after the 18th workout (post-test). The collected data were analyzed using two-way repeated measures ANOVA. According to the findings, body composition differed significantly within and between groups over time, with significant differences observed in the whey protein and pea protein groups compared to the placebo group. Significant increases were recorded in the isokinetic strength parameters of mean torque, peak torque, relative peak torque, and total work, with a time-dependent main effect. These increases were significantly higher in both protein groups compared to the placebo group. Improvements were also observed in the time-main effect of aerobic endurance, flexibility, and heart rate variables. Consequently, protein supplementation used in addition to resistance training was found to significantly improve performance parameters in physically active women compared to placebo. However, no significant difference in effectiveness was observed between whey protein and pea protein; this suggests that pea protein may be as effective a plant-based alternative as whey protein.

Keywords: Isokinetic strength, pea protein, resistance training, whey protein

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
Özet	iv
Summary	v
İçindekiler	vi
Önsöz	viii
Simgeler ve Kısaltmalar	x
Şekiller	xii
Çizelgeler	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. İskelet Kası	3
1.2. Kas Kasılma Çeşitleri	3
1.3. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi	4
1.3.1. İzokinetik Sistemler	5
1.3.1.1. İzokinetik Sistemin Parametreleri	6
1.4. Direnç Antrenmanları ve Türleri	7
1.4.1. Konsantirik Direnç ve İzokinetik Sistem Antrenmanları	10
1.5. Kas Protein Mekanizması	11
1.6. Protein	14
1.6.1. Protein Takviyeleri	18
1.6.1.1. Hayvansal Protein Takviyeleri	18
1.6.1.1.1. Whey Proteinini Takviyesi	19
1.6.1.2. Bitkisel Protein Takviyeleri	20
1.6.1.2.1. Bezelye Proteinini Takviyesi	22
1.7. Whey Proteinini ve Bezelye Proteinin Egzersiz ile Birlikte Kullanımı	24
2. GEREÇ ve YÖNTEM	28
2.1. Araştırma Grubu	28
2.2. Araştırma Deseni	28
2.3. Veri Toplama Araçları	29
2.3.1. Demografik Bilgiler Formu	29
2.3.2. Vücut Kompozisyonunun Belirlenmesi	30
2.3.3. Dinlenik Kalp Atım Hızı ve Kalp Hızı Değişkenliği	30
2.3.4. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 (Yo-Yo IR1)	31
2.3.5. Otur-Uzan Testi	31
2.3.6. İzokinetik Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi	32
2.3.7. Algılanan Zorluk Derecesinin Belirlenmesi	33
2.4. Direnç Antrenman Programının Uygulanması	33
2.5. Protein Takviyesi Uygulama Protokolü	35
2.6. Verilerin Analizi	36
3. BULGULAR	37
3.1. Vücut Kompozisyon Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları	37
3.2. 60°/s Açısal Hızda Diz İzokinetik Sistem Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları	40
3.3. 180°/s Açısal Hızda Diz İzokinetik Sistem Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları	48
3.4. Otur-Uzan Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları	55
3.5. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları	55

3.6. Kalp Hızı Değişkenliği Değerleri ve Karşılaştırmaları	56
3.7. Antrenmanlar Süresince Alınan Algılanan Zorluk Dereceleri ve Karşılaştırmaları	60
4. TARTIŞMA	62
4.1. Vücut Kompozisyonu Verileri	62
4.2. 60°/s ve 180°/s İzokinetik Test Verileri	64
4.3. Kalp Hızı Değişkeni Verileri	71
4.4. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi Verileri	74
4.5. Uzun Eriş Verileri	76
4.6. Algılanan Zorluk Derecesi Verileri	77
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	85
EKLER	104
Ek-1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Ona Formu	104
Ek-2. Demografik Bilgiler ve Beslenme Bilgi Formu	105
Ek-3. Etik Kurul Onay Formu	106
ÖZGEÇMİŞ	107

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca; değerli bilgi, görüş, zaman ve deneyimleriyle hep yanımda olan, tolerans ve anlayışla öğretmekten hiç vazgeçmeyen, akademik bakış açılarıyla izlenecek ve gidilecek yolları anlatan, hem bilimsel hem akademik hem de sosyal duruşuyla her zaman takip edebileceğim ve görüşlerini gözeticeğim kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Dicle ARAS'a,

Tezin düşünsel yapısı, ilerleyişi gibi çok önemli noktalarda mükemmelliyetçi bakış açısıyla en iyiye daha fazla sabretmemi sağlayan, tez çalışmasının her bir noktasında emeğini fazlasıyla göstermeye hazır olan, doğal olarak inişleri ve çıkışları olan tez sürecinde stabil ilerlememi ve sadece birkaç sözüyle bile keyifli geçmesine olanak tanıyan, ilgisiyle daha güzel günleri sağlayan sayın Arş. Gör. Semra YATAK'a,

Fikir dünyası ve deneyimleriyle tezin ilk anından itibaren fikirlerini paylaşmaktan çekinmeyen kıymetli arkadaşım Şamil Aysberg ÖNLÜ'ye,

Dünyanın durdurulamaz çılgınca trend ve tüketim alışkanlığının karşısında duran, ihtiyaçlarımızın tahmin ettiğimizden daha basit ve ulaşılabilir olduğunu bağırان, dünyanın bir sene içerisinde yenileyebildiği besinlerin her yıl daha erken tarihlerde tükenmesine gerçekçi tepkiler gösteren, çok uzun olmayan sürelerde birçok canlıyla; bitki, hayvan ve özellikle sokak hayvanlarıyla paylaştığımız bu yeryüzünün daha iyi bir yer ve sürdürülebilir olmasına yılmadan uğraşanlara,

Beslenme, egzersiz ve spor performansı dünyasında bilimsel gerçeklerle geleneksel yanlışların karşısında dimdik duran ve doğrunun peşinden hiçbir çıkar için ayrılmayan saha emekçilerine,

Bu tezin var olmasını sağlayan ve birlikte haftalar geçirdiğimiz, bu anları benimle paylaşan katılımcıların her birine,

Çalışmamızda kullandığımız takviyeler konusunda hiçbir yardımlarını esirgemeyen HARDLINE NUTRITION ailesine,

Bu süreç boyunca yeteri kadar zaman ayıramadığım ve beni anlayışla karşılayan arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda olduğunu hissettiğim, umutsuzluğa kapıldığım her anda aklımda, yanımda ya da kalbimde beliren, her türlü zorlukta ve mutlulukta birlikte çok keyif alarak hayatı güzelleştiren ve kolaylaştıran biricik, canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.



SİMGELER ve KISALTMALAR

ApEn	Yaklaşık Entropi
AZD	Algılanan Zorluk Derecesi
BKİ	Beden Kütle İndeksi
BP	Bezelye Protein
CK	Kreatin Kinaz
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DZAA	Dalı Zincirli Amino Asit
EAA	Esansiyel Amino Asit
eIF4E	Ökaryotik Translasyon Başlatma Faktörü 4E
FA	Fiziksel Aktivite
GTÖ.	Gıda ve Tarım Örgütü
HF	Yüksek Frekans
HIFT	Yüksek yoğunluklu fonksiyonel antrenman
HR	Kalp Atım Hızı
KAH	Kalp Atım Hızı
KHD	Kalp hızı Değişkenliği
KPS	Kas Protein Sentezi
KPY	Kas Protein Yıkımı
KVS	Kardiyovasküler Sistem
LF	Düşük Frekans
LF/HF	Düşük Frekans / Yüksek Frekans Oranı
mTOR	Mekanik Hedef Rapamisin
NN50	50 ms'den Fazla Fark Gösteren NN Sayısı
OSS	Otonom Sinir Sistemi
p70S6K1	p70 Ribozomal Protein S6 Kinaz beta-1
PG	Plasebo Grubu
PG	Bezelye Protein Grubu
pNN50	50 ms'den Fazla Fark Gösteren NN Yüzdesi
PSS	Parasempatik Sinir Sistemi
RMSSD	Ardışık RR Farklarının Karekök Ortalaması
RR	RR Intervali
SampEn	Örnekleme Entropisi

SD1	Poincare Grafiği Kısa Eksen Sapması
SD2	Poincare Grafiği Uzun Eksen Sapması
SD2/SD1	SD2'nin SD1'e Oranı
SDNN	Normal Sinüs Aralıklarının Standart Sapması
SSS	Sempatik Sinir Sistemi
TINN	NN aralığı histogramının taban çizgisi genişliği
TP	Toplam Güç
VA	Vücut Ağırlığı
VYK	Vücut Yağ Kütlesi
VYO	Vücut Yağ Oranı
WG	Whey Protein Grubu
WP	Whey Protein
YVK	Yağsız Vücut Kütlesi

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Çalışma başlangıç planı	29
Şekil 2.2. Yo-yo aralıklı toparlanma testi	31
Şekil 2.3. TUR-ISOFORCE, çok eklemlili test ve rehabilitasyon sistemi	32
Şekil 2.4. Borg skalası	33
Şekil 2.5. İzokinetik kuvvet antrenmanı çalışma planı	34
Şekil 2.6. TUR-ISOFORCE, antrenman çalışması	35
Şekil 3.1. Katılımcıların Borg Skalasına verdikleri yanıtların Algılanan Zorluk Derecelerine ait değerlerin değişimleri ile gruplar arası farklılıkların zaman içerisindeki değişim eğrisi	61

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. Seçili hayvansal ve bitkisel protein kaynakları için hesaplanmış PDCAAS değerleri	22
Çizelge 1.2. Bezelye proteininin diğer protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında protein sindirilebilirliği düzeltilmiş amino asit puanları	24
Çizelge 3.1. Katılımcıların vücut kompozisyonu ortalamaları, standart sapmaları ve tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları	37
Çizelge 3.2. Katılımcıların 60°/s açısal hızda diz izokinetik testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları.	40
Çizelge 3.3. Katılımcıların 180°/s açısal hızda diz izokinetik testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları	48
Çizelge 3.4. Katılımcıların otur-uzan testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları	55
Çizelge 3.5. Katılımcıların Yo-Yo Aralıklı Topplanma Testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları	56
Çizelge 3.6. Katılımcıların Kalp Hızı Değişkenliği parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları	57

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca fiziksel aktivite (FA), yaşamda insanların ayakta kalma mücadelesi ve genetik mirasını gelecek nesillere taşıyabilmesi açısından yaşamın belirleyici dönem noktalarından biri olmuştur (Seçer ve Yıldızhan, 2020).

Fiziksel olarak aktif olma, bireyin günlük yaşamında spor, iş veya fiziksel uygunluk amaçlı yaptığı ve enerji harcamasını gerektiren tüm iskelet kası temelli hareketleri kapsayan bir kavramdır (Burtscher vd., 2023). Egzersiz, “planlı, yapılandırılmış, tekrarlayan ve amacı olan, fiziksel uygunluğun bir ya da daha fazla bileşeninin de daha iyi hale getirilmesi ya da sürdürülmesinin amaç olduğu” fiziksel olarak aktif olmanın alt kümesidir (WHO, 2020). Fiziksel uygunluk ise daha geniş bir bağlamda; iş yapabilmek için çeşitli vücut sistemleri ve verimliliği belirtilen bireysel bir özellik olarak tanımlanmakta olup birçok çeşitli bileşene de (kardiyovasküler, kassal, metabolik vb.) sahiptir (Bouchard, 1994). Bir bireyin kardiyovasküler zindeliğini korumak ve/veya daha iyi hale getirmek için yeterince yoğun ve uzun süre gerçekleştirilen aktivite biçimlerine dayanan süreç aerobik antrenman programları olarak adlandırılmaktadır. Direnç antrenmanı programları ise, “kas güçlendirme aktivitesi” programları olarak da adlandırılır, iskelet kası gücünü, kuvvetini, dayanıklılığını ve kütlesini artıran ve ana kas gruplarını (bacaklar, sırt, karın, göğüs, omuzlar ve kollar) içeren aktiviteler olarak tanımlanmaktadır (Committee, 2008; WHO, 2020). Bu bilgiler ışığında Dünya Sağlık Örgütüne (DSÖ) göre genel nüfusta genel sağlığın geliştirilmesi amacıyla fiziksel aktivite tavsiyelerine baktığımızda; tüm yetişkinlerin haftada en az 150 ile 300 dakika orta yoğunlukta dayanıklılık aktivitesi veya haftada 75 ile 150 dakika yüksek yoğunlukta fiziksel aktivite ya da hafta boyunca orta ve yüksek yoğunlukta aktivitelerin eşdeğer bir kombinasyonunu yapmasını ve ek sağlık yararları için haftada en az 2 gün tüm büyük kas gruplarını içeren kas güçlendirme aktivitelerini içermesi olarak karşımıza çıkmaktadır (WHO, 2020).

İnsanların günlük yaşamlarında hareket etme, nesneleri taşıma ve fiziksel aktiviteleri gerçekleştirme yeteneği, büyük ölçüde iskelet kaslarının işlevselliğine bağlıdır. Bu fiziksel kapasite, bireylerin sağlıklarını koruma, bağımsızlıklarını sürdürme ve genel yaşam kalitelerini yükseltme potansiyelini doğrudan etkiler. Bu potansiyelde kullandığımız tüm iskelet kasları ve kasların gelişimi, devamlılığı, korunması ve sağlıklı yaşlanma bağlı olarak fiziksel bağımsızlık bakımından ciddi öneme sahiptir; bu süreçte doğru ve yeterli miktarda aynı zamanda kaliteli protein alımı temel bir gereksinimdir (Campbell vd., 2023; Khanal vd., 2021; Traylor vd., 2018). Güncel klinik çalışmalar, günlük protein alımının önerilen diyet referans değerlerinin (0,8 g/kg/gün) üzerine çıkarak 1,1-1,3 g/kg/gün aralığında veya daha yüksek düzeylerde tutulmasının, özellikle sarkopeni riski taşıyan yaşlı popülasyonunda kas protein sentez oranlarını optimize ettiğini ve bu sayede kas kütlesinin korunması ile fonksiyonel kapasitenin sürdürülmesinde anlamlı klinik faydalar sağladığını ortaya koymaktadır (Campbell vd.,

2023; Khanal vd., 2021; Ribeiro vd., 2022; Traylor vd., 2018). Hayvansal kaynaklı proteinler, superior biyoyararlanım profili ve yüksek konsantrasyonda esansiyel amino asit (özellikle lösin) içeriği nedeniyle kas protein sentez hızını bitkisel proteinlere kıyasla daha etkin şekilde stimüle etme potansiyel hacime sahiptir (Campbell ve diğerleri, 2023; Morgan ve diğerleri, 2021; Yaegashi ve diğerleri, 2021). Bunun ile beraber, sürdürülebilir beslenme modellerinin oluşturulması için bitkisel protein kaynaklarının diyetle çeşitlendirilmesi ve oranının artırılması gerekliliği de vurgulanmaktadır. Özellikle bazı coğrafi bölgelerde bitkisel protein alımının yetersiz kalması, vücudumuzda üretilmeyen amino asit profilindeki kısıtlılıklar nedeniyle kas protein sentez kapasitesinde suboptimal sonuçlara yol açabilmekte ve kas homeostazını olumsuz etkileyebilmektedir (Morgan vd., 2021; Morgan vd., 2023).

Diyetle optimal protein alımı iskelet kası homeostazının ve kas kütlesinin korunmasında temel gereklilik olmakla birlikte, yüksek yoğunluklu antrenman yapan sporcularda, artmış metabolik gereksinim durumlarında veya diyetle yetersiz protein alımında protein suplementasyonu kas protein sentez oranlarını artırarak hipertrofik adaptasyonları desteklemekte, nöromusküler kuvvet parametrelerinde iyileşme sağlamak ve egzersiz sonrası toparlanma süreçlerini hızlandırmaktadır (Abreu vd., 2023; Cintineo vd., 2018; Jäger vd., 2017; Morton vd., 2018; Pasiakos vd., 2015; West vd., 2017). Klinik olarak gerçekleştirilen çalışmalar, protein suplementasyonunun direnç antrenmanı ile sinerjistik etki göstererek kas hipertrofisi ve nöromusküler kuvvet kazanımlarını anlamlı derecede artırdığını ortaya koymaktadır. Bu ergojenik etki özellikle günlük total protein alımı 1.6 g/kg/gün eşiğinin altında kalan bireylerde daha belirgin şekilde gözlemlenmekte olup, suboptimal protein alım koşullarında suplementasyonun kompensatuvar bir mekanizma olarak işlev gördüğü düşünülmektedir (Jäger vd., 2017; Morton vd., 2018; Pasiakos vd., 2015). Ek olarak, suplementlerin farmakokinetik avantajları (hızlı emilim profili) ve pratik uygulanabilirlikleri, egzersiz sonrası anabolik pencere döneminde optimal amino asit kaynağı sağlayarak toparlanma süreçlerini hızlandırmakta ve sonraki antrenman performansını potansiyel olarak artırmaktadır (Abreu vd., 2023; Cintineo vd., 2018; Jäger vd., 2017; Master ve Macedo, 2021; West vd., 2017). Sonuç olarak, diyetel protein alımı iskelet kası homeostazı için temel fizyolojik olarak bir gereklilik oluştururken, atletik performans optimizasyonu ve toparlanma süreçlerinin desteklenmesi amacıyla protein suplementasyonu kanıta dayalı stratejik bir müdahale yöntemi olarak kabul görmektedir (Abreu vd., 2023; Cintineo vd., 2018; Jäger vd., 2017; Morton vd., 2018; Pasiakos vd., 2015; West vd., 2017). Bu çalışmanın amacı da direnç egzersizi ile birlikte alınan farklı protein takviyelerinin (örneğin bezelye proteini ve whey proteini) vücut kompozisyonu, izokinetik kas kuvveti, kas dayanıklılığı, esneklik, kardiyorespiratuar uygunluk gibi bazı fiziksel uygunluk parametreleri ile kalp hızı değişkenliği üzerindeki etkilerini irdelemektir.

1.1. İskelet Kası

İskelet kası, kasılma yoluyla kuvvet ve hareket üreten bir “mekanik aygıt” olarak betimlenir ancak güncel yaklaşımlar onu çok ölçekli ve yüksek derecede bütünleşik bir biyomekanik sistem olarak ele alır. Bu sistem; uyarının iletiminden sorumlu somatik motor nöronlar ve onların oluşturduğu motor üniteler, verimli oksijen ve besin taşınımını sağlayan zengin vaskülatür, ayrıca hücrel homeostazı koruyan düzenleyici – metabolik makineler (ör. mitokondriyal enerji üretimi, kalsiyum düzenlenimi ve sarkoplazmik ağ işlevleri) arasındaki dinamik etkileşimler üzerine kuruludur. Sarkomerlerden miyofibrillere, liflerden bağ dokusu iskeletine uzanan hiyerarşik yapı ile sinir-kas iletimi ve kapiller ağın sağladığı destek bir araya gelerek, kuvvet üretimi ve hareketin yanı sıra postürün sürdürülmesi, ısı üretimi ve enerji metabolizmasının dengelenmesini mümkün kılar. Dolayısıyla iskelet kası, yalnızca lokomotor performansın değil, organizmanın fizyolojik bütünlüğünün de temel bir belirleyicisidir. (Hall ve Hall, 2020; Mukund ve Subramaniam, 2020). İnsan vücut kitlesinin yaklaşık %40’ını iskelet kasları, yaklaşık %10’unu ise düz ve kardiyak kas dokuları oluşturmaktadır. İskelet kasları, istemli kontrol altında çalışan ve çapları yaklaşık 10–80 µm arasında değişen çok sayıda kas lifinden meydana gelir (Kraemer vd., 2018). İskelet kasları, bütünden parçaya doğru kas, kas demeti, kas lifi, miyofibril ve kuvvet üreten en küçük yapısal eleman olan sarkomerden oluştuğu bilinmektedir (Mukund ve Subramaniam, 2020; Öртеş, 2021).

Sarkomer, miyofibrilin en küçük işlevsel birimi olup, her miyofibril uç uca eklenmiş çok sayıda sarkomerin ardışık dizilimiyle oluşur. Bu mikroyapıda kas kasılmasının temel aktörleri iki protein filamenttir: ince filament olan aktin ve kalın filament olan miyozin. Kasılma süreci, sinir sisteminden gelen uyarının kas lifine iletilmesiyle başlar; alfa motor nöron ile onun uyardığı tüm kas liflerinin birlikte oluşturduğu yapı ise motor ünite olarak adlandırılır. Kasın kasılıp gevşemesi “kayan filamentler” yaklaşımıyla açıklanır: miyozin başları (çapraz köprüler) aktine tutunur, ardından aktin filamentlerini sarkomerin orta hattına doğru çeker ve böylece kuvvet ortaya çıkar (Frontera ve Ochala, 2015; Kraemer vd., 2018).

1.2. Kas Kasılma Çeşitleri

Motor fonksiyon ve hareketin temel bileşenleri olarak iskelet kasları, fizyolojik gereksinimlere ve mekanik koşullara bağlı olarak farklı kasılma dinamikleri gösterir (Hessel vd., 2017; Matthews, 2002). Kas fizyolojisi üzerine temel literatür, bu kasılmaları eklem açısı, kas boyutundaki değişiklikler ve üretilen kuvvet gibi kriterlere göre sınıflandırır. Bu çerçevede, üç temel kasılma türünden söz edilebilir: izometrik, izotonik ve izokinetik kasılmalar (McArdle WD, 2015). İzometrik kasılma terimi, Yunan köklerinden iso (sabit) ve metrik (boy) sözcüklerinden üretilmiştir. İzometrik kasılmalar sırasında aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çapraz köprü etkileşimlerinin aynı sarkomer boyunda

ardışık olarak devam etmesiyle açıklanır; kas gerimi artarken sarkomer boyu sabit kalır. İskelet kasının üretebildiği maksimum gerim değerleri genellikle bu tür kasılmalar sırasında kaydedilir (Komi ve Komi, 2003; Serbest ve Eldoğan, 2014). İzotonik kasılmalar ise kendi içinde eksantrik ve konsantrik (eşmerkezli) olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır (Folland ve Williams, 2007; Proske ve Morgan, 2001). İzotonik-konsantrik kas kasılmalarında, kas içindeki gerginlik sabit kalırken, sarkomer uzunluğu miyozin ve aktin filamentlerinin yaklaşması nedeniyle azalır. Bunun aksine, sarkomer uzunluğunun uzadığı izotonik-eksantrik kas kasılmalarında, dış yükün kuvvet vektörüyle hizalanan hareket, sarkomere uygulanan yükün kuvvet vektörü tarafından düzenlenir ve bu da sarkomer uzunluğunun uzamasına neden olur (Hessel vd., 2017). İzotonik kasılmaların önemli bir karakteristiği, hareketin hızı sabit olmaması ve kasın ürettiği gerimin de bu hızla doğrudan bağlantılı olarak sürekli değişkenlik göstermesidir. Bu durum, kas fizyolojisindeki temel kuvvet-hız arasındaki ilişkisinin sonucudur. Bu bağlantıya göre, kasılma hızı arttıkça kasın üretebileceği kuvvet azalır; aksine, kuvvet arttıkça kasılma hızı düşer (Fenn ve Marsh, 1935; Hill, 1938). Bundan dolayı, izotonik bir kasılmada kas gerimi, kasın o andaki kısılma veya uzama hızına bağlı olarak düzenli bir farklılaşım içindedir. İzotonik kasılmalar sırasında gözlemlenen belirgin kuvvet-hız profili, kas kuvvetinin değerlendirilmesinde yalnızca eksternal yükün (kaldırılan ağırlık) referans alınmasının sınırlayıcı belirleyici bir etken olduğunu kanıtlamaktadır. Bu metodolojik zorluğun üstesinden gelmek ve kas performansını daha doğru ve tekrarlanabilir sonuçlarla ölçebilmek için izokinetik kasılma temel bir çözüm sunar. İzokinetik kasılmalar, kasın tüm hareket açıklığı boyunca sabit bir açısal hızda kasılmasını sağlayan özel bir dinamik kasılma türüdür. Bu niteliği, izokinetik kasılmaları, kas kuvvetinin hem niceliksel olarak test edilmesi hem de iyileştirilebilmesi bağlamında altın bir standart olarak gözler önüne serilmektedir (Dvir, 2025; Perrine ve Edgerton, 1978).

1.3. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Kas kuvveti, çeşitli spor disiplinlerinde atletik performansın üzerinde belirleyici bir role sahiptir ve objektif değerlendirilmesi, spor bilimciler ile antrenörler tarafından standartize ölçüm metodolojileri ile gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda izokinetik dinamometreler, kablo tansiyometreleri ve tek maksimum tekrar (1RM) protokolleri yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Özellikle izokinetik dinamometre kullanımı, eklem açıları boyunca sabit hızda maksimal kuvvet çıktılarının hassas olarak ölçülmesine olanak tanınması sebebiyle altın bir standart olarak kabul görmektedir (McArdle WD, 2015). Kas kuvveti değerlendirmesi; kasılma tipi, uygulanan direnç, mekanik yük parametreleri ve ölçüm metodolojileri gibi çok boyutlu kriterlere dayanarak sınıflandırılmakta olup, bu değerlendirme protokolleri temel olarak alan testleri, izometrik (sabit açılı), izotonik (değişken yüklü) ve izokinetik (sabit hızlı) ölçüm sistemleri şeklinde kategorize edilmektedir (Brown ve Weir, 2001; Lanza vd., 2003). Söz konusu teknolojik yaklaşımlar, sporcuların kuvvet

profilinin niceliksel olarak karakterize edilmesine ve antrenman etkinlerini bilimsel temelde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (McArdle WD, 2015).

1.3.1. İzokinetik Sistemler

İzokinetik dinamometreler, James Perine tarafından 1960'lı yılların sonunda geliştirilen ve kas performansının kantitatif değerlendirilmesinde dönüm noktası oluşturan bilgisayar destekli ölçüm sistemleridir (Tuncer, 2011). Bu elektromekanik cihazlar, motorize direnç mekanizması aracılığıyla önceden programlanmış sabit açısal hızda hareketi sürdürerek kas kuvveti, güç çıktısı ve lokal kas dayanıklılığı gibi fizyolojik parametrelerin objektif ölçümüne olanak tanır. Sistem, üç farklı kinematik fazın ayırt edilmesini sağlamaktadır: hareketin başlangıcındaki hızlanma fazı, preset hızın korunduğu sabit hız fazı ve hareket sonlandırılırken gözlemlenen yavaşlama (decelerasyon) fazı (Brown vd., 2005). İzokinetik dinamometre, sabit açısal hız koşullarında bireyin tüm eklem hareket açıklığı boyunca kas kuvveti üretim profilini değerlendiren bir ölçüm sistemidir. Bu dinamometre ile ekstremitte hareket hızını sabit açısal velosite ile kontrol edilen ve hem konsantrik hem de eksantrik kasılma modlarında tork üretim kapasitesinin kantifikasyonuna olanak sağlayan değerlendirmeler gerçekleştirilebilmektedir. Bu kapsamlı özellikleri, alt ekstremitte yaralanma profilaksisi ve rehabilitasyon süreçlerinin objektif izleminde kritik bir tanısal araç olarak konumlanmasını sağlamaktadır (Hislop ve Perrine, 1967).

İzokinetik test protokolünde, hızlanma fazında sistem sabit açısal hıza ulaşılıncaya kadar minimal direnç uygular. Bu fazı takiben, hareket hızının sabitlendiği ve kas tarafından üretilen torkun tam olarak ölçülebildiği izokinetik faz başlar (Kurdak vd., 2005). Bu kritik evrede, kasılma hızı sabit kalırken uygulanan direnç, kasın ürettiği kuvvetle dinamik olarak eşleşerek maksimal kuvvet çıktısının doğru bir biçimde kayıt altına alınmasını mümkün kılar.

Alt ekstremitte kas fonksiyonunun izokinetik değerlendirilmesinde, test protokolleri sırasında çeşitli kinetik parametreler kayıt altına alınmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan ölçüm parametreleri şunlardır: izometrik zirve kuvveti, zirve torku ve ortalama zirve torku gibi mutlak kuvvet değerleri; zirve kuvveti/torku açısı ve geçiş eksen açısı gibi kinematik parametreler; açıya özgü torklar, bağıl zirve torku ve açı-tork eğrileri gibi normalizasyon ve analitik veriler (Brockett vd., 2004; Kannus, 1991).

İzokinetik test sistemlerinde düşük açısal hızlarda ($30^{\circ}\cdot s^{-1}$ - $90^{\circ}\cdot s^{-1}$) elde edilen kuvvet parametrelerinin, yüksek hızlardaki ($240^{\circ}\cdot s^{-1}$ - $450^{\circ}\cdot s^{-1}$) fonksiyonel iyileşmeleri prediktif olarak yansıtabildiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, özellikle yüksek hızlarda test protokollerinin uygulanmasının teknik olarak güvenilir ölçümler sağlamadığı durumlarda, daha düşük hızlarda yapılan değerlendirmelerin yeterli diagnostik bilgi sunabildiği kabul edilmektedir (Bell ve Wenger, 1992; Tabaković vd., 2016). Yüksek açısal hızlardaki temel metodolojik sınırlama, katılımcıların preset açısal

velositeye ulaşamaması veya bu hıza ulaşsalar bile optimal eklem hareket açıklığının yalnızca kısıtlı bir bölümünde sürdürebilmeleridir. Bu durum, yüksek hızlarda kazanılan tork verilerinin hem geçerliliğini hem de güvenilirliğini kısıtlayan kritik bir öneme sahip olan faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Baltzopoulos ve Brodie, 1989). Ek olarak, test protokolünde öngörülen açısal hıza ulaşılan kısa zaman dilimlerinde dahi, katılımcıların gerçek maksimal tork üretim kapasitelerine ulaşmaları fizyolojik olarak mümkün olmayabilir. Bu durum, yüksek hızlarda ölçülen tork değerlerinin bireyin tam olarak nöromüsküler becerilerinin yansıtmama riskini beraberinde getirmektedir. İzokinetik değerlendirme protokollerinde, yüksek açısal hızların ($\geq 240^\circ \cdot s^{-1}$) atletik hareket paternlerini simüle etme avantajı bulunsa da, kapsamlı bir kuvvet-tork profilinin oluşturulması için düşük hızların ($30^\circ \cdot s^{-1}$ - $180^\circ \cdot s^{-1}$) kullanımı gereklidir. Düşük açısal hızlarda, katılımcıların önceden hazırlanmış preset test hızına daha hızlı ulaşmaları ve bu hızı eklem hareket açıklığının daha geniş bir bölümünde sürdürebilmeleri mümkün olmaktadır. Bu koşullar, zirve tork değerlerinin öngörülen açısal hızda gerçekleşme olasılığını önemli ölçüde artırmakta ve ölçümlerin gerekli olan güvenilirliğinin optimizasyonunu sağlar (Baltzopoulos ve Brodie, 1989).

1.3.1.1. İzokinetik Sistemin Parametreleri

İzokinetik değerlendirme sistemlerinde kas fonksiyonunun kantitatif ve grafiksel analizini mümkün kılan ve uluslararası birimlerle ifade edilen temel parametreler şunlardır:

Açısal Pozisyon, Yer Değiştirme ve Hız

İzokinetik değerlendirmede temel kinematik parametrelerden açısal pozisyon, kas fonksiyonunun analizinde belirleyici bir rol oynar. Bu parametre kontraktıl kas dokusunun mekanik özellikleri hakkında bilgi sağlarken, maksimum kas gücü için gereken optimum eklem açısının belirlenmesine olanak tanır. Maksimum tork pozisyonunun hareketin açısal hızından etkilendiği bilinmektedir (Kannus, 1994).

Açısal olarak yer değiştirme, varolan bir çizginin diğer bir çizgiyle çakışması için gereken rotasyon miktarını radyan veya derece cinsinden ifade eden temel kinematik büyüklüktür. Açısal hız ise açısal yer değiştirmenin birim zamandaki değişim oranını temsil eder ve ölçüm birimi olarak derece/saniye ($^\circ/s$) veya radyan/saniye (rad/s) kullanılmaktadır (Kannus, 1994).

Zirve Tork (ZT)

İzokinetik değerlendirmelerde kas kuvvet hacminin temel göstergesidir. Birimi Newton metre (Nm) olan bir parametredir (Clamann ve Broecker, 1979; Iossifidou ve Baltzopoulos, 2000; Kannus, 1994). Ekstremit hareketi boyunca kaslar tarafından üretilen maksimum döndürme momenti olarak

tanımlanan bu parametre hem klinik hem de bilimsel çalışmalarda doğruluk, ön görülebilirlik ve klinik anlamlılık açısından altın standart olarak kabul edilmektedir.

Zirve tork değeri, açısal hızla karakteristik bir ilişki sergilemektedir. 0-60°/s aralığındaki düşük açısal hızlarda sabit kalan zirve tork, daha yüksek hızlarda lineer olarak azalma eğilimi göstermektedir. Bu tork-hız ilişkisinin altında yatan fizyolojik mekanizma, farklı kas lifi tiplerinin farklılaşan ateşlenme paternleridir. Düşük açısal hızlarda hem Tip I (yavaş kasılan) hem de Tip II (hızlı kasılan) kas lifleri maksimal düzeyde aktifleşebilirken, açısal hız arttıkça önce Tip II lifleri devreye girmekte, Tip I lifleri ise progresif olarak inhibe olmaktadır. En yüksek açısal hızlarda ise tork üretimi minimum düzeylere inmektedir (Kannus, 1994).

Döndürme Momenti (Tork)

Bir eksen etrafında döndürülmek üzere cisme uygulanan kuvvettir. Birimi Newton.metre'dir (Nm) (Brown, 2000; Hislop ve Perrine, 1967).

Döndürme Momenti/Vücut Ağırlığı

Vücut ağırlığına (VA) normalize edilmiş tork (Döndürme momenti/Vücut ağırlığı), bireyler arası karşılaştırmalarda kullanılan ve kilogram başına düşen relatif tork değerini ifade eden normalizasyon parametresidir. Birimi Newton metre/kilogram (Nm/kg) olan bu kantitatif ölçüm, farklı vücut kompozisyonlarına sahip bireylerin nöromüsküler performanslarının objektif karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır (Brown, 2000; Hislop ve Perrine, 1967).

Total İş ve Zirve İş

Kas dokusunun mekanik enerji üretim kapasitesini ölçen temel parametrelerdir. İzokinetik sistemde iş, tork-açısal yer değiştirme eğrisinin integrali ($\text{İş} = \text{Tork} \times \text{Açısal Yer Değiştirme}$) olarak hesaplanmaktadır. Total İş, tüm test tekrarları boyunca üretilen kümülatif iş miktarını ifade ederken; Zirve İş (PW) ise en yüksek performansın gösterildiği tek tekrarda gerçekleştirilen maksimum iş miktarını temsil etmektedir (Brown, 2000; Clamann ve Broecker, 1979; Hislop ve Perrine, 1967; Iossifidou ve Baltzopoulos, 2000; Kannus, 1994).

1.4. Direnç Antrenmanları ve Türleri

Direnç antrenmanı, kasların dışsal bir dirence karşı kuvvet üretebilme kapasitesini artırmayı amaçlayan sistematik bir fiziksel egzersizler bütünü olarak tanımlanır (Kraemer vd., 1988; Pal vd.,

2023). Serbest ağırlıklar, direnç bantları veya vücut ağırlığı kullanılarak uygulanan bu antrenman tipi, yüklenme yoğunluğu, tekrar sayısı, dinlenme süresi ve egzersiz hacmi gibi değişkenlerin manipülasyonu ile farklı adaptif yanıtlar oluşturulabilmektedir (Kraemer vd., 1988). Direnç antrenmanının fizyolojik etkileri sinirsel, morfolojik, metabolik, hormonal ve kardiyorespiratuar düzeyde gerçekleşmekte olup, erken dönem adaptasyonlarda sinirsel faktörlerin, uzun dönem süreçte ise kas hipertrofisinin belirleyici olduğu bilinmektedir (Carroll vd., 2001; Deschenes ve Kraemer, 2002).

Direnç antrenman modelinin önemi, yalnızca sportif performansı geliştirme ile sınırlı değildir. Direnç egzersizleri aynı zamanda vücut kompozisyonunun düzenlenmesi, kas-iskelet sistemi sağlığının korunması ve iyileştirilmesi, kardiyometabolik risk faktörlerinin oluşmasının önüne geçilmesinde etkileri kanıtlanmış metot bir olarak öne çıkmaktadır (Guggenheimer vd., 2017; Pal vd., 2023). Sporcu perspektifinden bakıldığında ise maksimum kuvvet, kas dayanıklılığı, patlayıcı güç ve genel performans kapasitesi gibi temel bileşenlerin iyileştirilmesinde önem arz eden bir rol oynamaktadır (Kraemer vd., 1988; Townsend, 2022).

Sistemli olarak uygulanan direnç antrenmanları, organizmada çok boyutlu fizyolojik adaptasyonları ortaya çıkarır. Nöromusküler adaptasyonlar, motor birimlerin senkronizasyonundaki artış, ateşleme frekansı ve motor nöron uyarılabilirliğindeki gelişmelerle karakterize edilir ve erken dönem kuvvet artışlarının temelini oluşturur (Carroll vd., 2001). Kas-iskelet sistemi adaptasyonları kapsamında ise, kas protein sentezindeki artışa bağlı olarak hipertrofi meydana gelirken, artan mekanik yüklenme kemik mineral yoğunluğu ve kortikal kalınlığı artırarak kemik dayanıklılığını güçlendirir. Tendon ve bağ dokularındaki kolajen sentez artışı ise eklem stabilitesini iyileştirir (Legerlotz vd., 2016). Hormonal ve metabolik düzeyde, direnç egzersizleri testosteron, büyüme hormonu ve IGF-1 gibi anabolik hormonların salgısını artırarak kas protein sentezini uyarır (Burger vd., 2002). Ayrıca, glikojen depolarının genişlemesi ve enzimatik aktivitelerdeki artış gibi metabolik adaptasyonlar gözlenir (Fleck ve Kraemer, 1988; Kraemer vd., 1988). Kardiyorespiratuar ve otonom adaptasyonlar incelendiğinde, direnç antrenmanlarının kalp hızı değişkenliği (HRV), VO₂max ve vasküler fonksiyon üzerinde miyokardiyal adaptasyonlar ve artan otonom sinir sistemi dengesi yoluyla olumlu etkiler oluşturabileceğini bildirilmektedir (Steele vd., 2012).

Direnç antrenmanı metodolojileri, kas kuvveti, dayanıklılık ve hipertrofik adaptasyonları optimize etmek amacıyla farklı uygulama parametreleri ile tasarlanmaktadır. Güncel literatür, bu antrenman modalitelerini kullanılan ekipman türü ve biyomekanik uygulama karakteristiklerine bağlı olarak sınıflandırmaktadır:

Sabit Direnç: Sabit direnç antrenman sistemleri, eklem hareket açıklığının tümü boyunca değişmeyen yük altında çalışmayı sağlayan modalitelerden oluşmaktadır. Bu kategoride serbest

ağırlıklar (dambıl, halter) ve sabit yüklü makineler gibi ekipmanlar yer almakta olup, bu sistemler nöromüsküler adaptasyon için temel bir biyomekanik altyapı sunmaktadır (Hernández-Abad, 2022; McMaster vd., 2009).

Değişken Direnç: Değişken direnç antrenman sistemleri, eklem açıklığı boyunca değişen kuvvet-moment kolu ilişkisini kompanse etmek amacıyla hareketin farklı fazlarında progresif veya regresif direnç modifikasyonu sağlayan mekanizmaları içermektedir. Bu kapsamda kam-kaldıraç sistemleri, elastik bantlar, zincir entegrasyonları ve konik makara düzenekleri gibi spesifik ekipmanlar kullanılarak antrenmanın biyomekanik spesifitesi artırılmaktadır (Fuentes-García vd., 2024; Hernández-Abad, 2022; McMaster vd., 2009).

Uyumlu Direnç: Uyumlu direnç sistemleri, katılımcının ürettiği kuvvetle orantılı olarak dinamik direnç ayarlaması yapan mekanizmalardan oluşmaktadır. Bu kategorideki izokinetik dinamometreler, sabit açısal hızda maksimal efor uygulanmasına imkan vererek nöromüsküler performansın kantitatif değerlendirmesi ve geliştirilmesinde altın bir standart şeklinde kabul görmektedir (McMaster vd., 2009).

Eksantrik Direnç: Eksantrik direnç antrenman modaliteleri, kasın uzama fazında maksimal kuvvet üretim kapasitesini hedefleyen spesifik protokolleri içermektedir. Bu kapsamda izokinetik sistemler, flywheel (atalet) düzenekleri, tempo-kontrollü eksantrik uygulamalar ve piloyometrik egzersizler gibi yöntemler, kasın negatif iş fazındaki mekanik yüklenmesini optimize ederek nöromüsküler adaptasyon süreçlerini geliştirmektedir (Bright vd., 2023; Krzysztofik vd., 2019; Suchomel vd., 2019).

Kan Akışı Kısıtlamalı: Kan akışı kısıtlama antrenmanı, ekstremitelere uygulanan oklüzyon basıncı altında düşük yükle (%20-30 1TM) gerçekleştirilen direnç egzersizlerini kapsayan spesifik bir modalitedir. Bu protokol, metabolik stresi maksimize ederek düşük mekanik yükte bile hipertrofik ve kuvvet adaptasyonlarını indükleyen nöroendokrin ve hücrel yanıtları aktive etmektedir (Krzysztofik vd., 2019; Yasuda, 2022).

Fonksiyonel/Spesifik Direnç: Spor-spesifik direnç antrenmanları, hedef aktivitenin biyomekanik ve kinetik özelliklerini taklit eden fonksiyonel hareket paternleri üzerine tasarlanmaktadır. Golf, yüzme ve atletizm gibi disiplinlere yönelik geliştirilen bu spesifik protokoller, sporcuya özgü nöromüsküler adaptasyonları maksimize ederek performans transferini optimize etmeyi amaçlamaktadır (Guo vd., 2022; Uthoff vd., 2021).

1.4.1. Konsantrik Direnç ve İzokinetik Sistem Antrenmanları

İzokinetik konsantrik antrenman protokolleri, kasların sabit açısal hızda ve dinamik direnç altında kısalma fazında çalıştırılmasını sağlayan spesifik bir egzersiz modalitesidir. Bu metodoloji hem klinik rehabilitasyon uygulamalarında hem de atletik performans optimizasyonunda güvenilir ve kantitatif bir değerlendirme aracı olarak yaygın kullanım alanı bulmaktadır (Çiftçi vd., 2020; Guadagnin vd., 2022; Hammami vd., 2024; İnce ve Lök, 2009; Wang vd., 2022). Bu egzersiz protokolleri, nöromüsküler kuvvet ve lokal kas dayanıklılığının geliştirilmesi amacıyla hem klinik rehabilitasyon süreçlerinde hem de atletik performans optimizasyonunda yaygın olarak uygulanan kantitatif bir antrenman modalitesidir (Çiftçi vd., 2020; Şirin vd., 2009). Kas kuvveti parametrelerinin kantitatif ve objektif ölçümüne olanak tanıyarak bireysel nöromüsküler gelişimin boylamsal izlemine ve detaylı analizini mümkün kılmaktadır. Bu antrenman modaliteleri, kas gruplarının preset açısal hızda ve standardize edilmiş biyomekanik parametreler altında çalışmasını sağlayarak, kontrollü bir ortamda optimal nöromüsküler adaptasyon ve güvenli kuvvet gelişimi imkanı sunmaktadır (İnce ve Lök, 2009). Düzenli olarak gerçekleştirilen fiziksel aktivite uygulayan bireylerde, sedanter bireylere kıyasla hem izokinetik kas kuvvet parametrelerinde hem de kemik mineral yoğunluğu değerlerinde anlamlı üstünlükler rapor edilmiştir (Şirin vd., 2009). Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası rehabilitasyon sürecinde uygulanan izokinetik egzersiz protokollerinin, operasyon geçiren ekstremitelerde kas kuvveti rejenerasyonunu hızlandırdığı ve fonksiyonel iyileşme parametrelerinde anlamlı düzeltilmeler sağladığı klinik çalışmalarla doğrulanmıştır (İnce ve Lök, 2009). Diz cerrahisi sonrası rehabilitasyon sürecinde uygulanan izokinetik antrenman protokollerinin, operasyon geçiren sporcularda kas kuvveti, hipertrofik adaptasyonlar ve fonksiyonel iyileşme parametreleri üzerinde etkinliği kanıtlanmıştır. Sistemik literatür derlemeleri, izokinetik antrenmanların kas kuvveti kazanımları ve postüral stabilite gelişimi açısından geleneksel izotonik protokollere kıyasla en az eşdeğer, bazı parametrelerde ise daha üstün sonuçlar verebileceğini ortaya koymaktadır (Petrucci vd., 2024). Alt ekstremitte fonksiyonel instabilitesi bulunan hastalar üzerinde yürütülen randomize kontrollü bir klinik araştırmada, izokinetik konsantrik kuvvet antrenman protokollerinin Thera-Band ile yapılan geleneksel direnç egzersizlerine kıyasla izokinetik kas kuvveti, postüral denge parametreleri ve fonksiyonel iyileşme ölçütlerinde anlamlı derecede üst sonuçlar sağladığı tespit edilmiştir (Wang vd., 2022). İleri yaş popülasyonunda uygulanan izokinetik konsantrik antrenman protokolleri, kas kuvveti, güç çıktısı ve nöromüsküler koordinasyon parametrelerinde istatistiksel açıdan anlamlı iyileşmeler sağlamaktadır. Preset açısal hızda gerçekleşen kontrollü yüklenme mekanizması ve minimize edilmiş sakatlanma riski profiliyle bu antrenman modalitesi, hem geriatrik rehabilitasyon uygulamalarında hem de yaşlanmaya bağlı sarkopeniye karşı performans optimizasyon süreçlerinde fonksiyonel bir araç olarak öne çıkmaktadır (Guadagnin vd., 2022; Housh vd., 1992).

Konsantrik izokinetik antrenman protokolleri, hedeflenen kas gruplarında hem morfolojik hem de fonksiyonel adaptasyonları belirgin şekilde uyarmaktadır. Sekiz haftalık sistematik uygulamalar

sonucunda, antrenmana tabi tutulan kaslarda enine kesit alanı genişlemesi ve nöromüsküler kuvvet parametrelerinde anlamlı artışlar gözlemlenirken, kontralateral ekstremitelerde bu adaptif farklılıkların gerçekleşmediği raporlanmıştır. Bu bulgular, izokinetik konsantrik antrenmanların yanıtlarının lokalize ve spesifik karakterini ortaya koymaktadır (Housh vd., 1992). Konsantrik antrenman protokolleri kas hipertrofisini indüklemekle birlikte, mekanik stres ve metabolik uyarım düzeyleri açısından eksantrik antrenmanlara kıyasla genellikle daha sınırlı hipertrofik yanıt oluşturmaktadır. Karşılaştırmalı çalışmalar, eksantrik uygulamaların konsantrik modlara göre kesit alanı artışı ve morfometrik adaptasyonlar bakımından daha yüksek etkinlik profili sergilediğini ortaya koymaktadır (Farthing ve Chilibeck, 2003; Sato vd., 2022). Bununla birlikte, konsantrik antrenman protokolleri hem nöromüsküler kuvvet parametrelerinde hem de kas dokusunun morfometrik değerlerinde anlamlı gelişmeler sağlama kapasitesini sürdürmektedir (Housh vd., 1992; Sato vd., 2022).

İzokinetik konsantrik antrenman protokolleri, maksimal kuvvet üretimi, güç çıktısı ve lokalize kas dayanıklılık parametrelerinde ölçülebilir gelişmeler sağlamaktadır. Kadın popülasyonunda uygulanan çok eklemli izokinetik direnç programları, 6 haftalık periyot sonunda bench press, bent-over row ve push-up testlerinde istatistiksel açıdan anlamlı performans artışları ortaya koymuştur (Ratamess vd., 2016). Genç buz hokeyi oyuncularında uygulanan izokinetik direnç antrenman protokolleri, maksimal kuvvet ve güç parametrelerinde geleneksel antrenman yöntemleriyle karşılaştırılabilir düzeyde gelişim sağlarken, kas kalınlığı ölçümlerinde ise daha belirgin ve istatistiksel açıdan anlamlı hipertrofik adaptasyonlar oluşturmıştır (Horwath vd., 2019). Antrenman setleri arasındaki dinlenme periyotlarının süresi, nöromüsküler performansın sürdürülebilirliği açısından belirleyici role sahiptir. DeneySEL bulgular, üç dakikalık dinlenme aralıklarının, setler arasında optimal ATP-PCr sistem replasmanı sağlayarak tekrar sayısının korunmasında ve performans çıktılarının devamlılığında daha etkin olduğunu ortaya koymaktadır (Dincer ve Erdemir, 2019). İzokinetik konsantrik direnç antrenman protokolleri, nöromüsküler kuvvet kazanımı, hipertrofik adaptasyon ve fonksiyonel performans artışı sağlamada kanıta dayalı bir metodoloji sunmaktadır. Bu sistemin kontrollü biyomekanik parametreleri ve standardize edilmiş uygulama protokolleri hem klinik rehabilitasyon süreçlerinde hem de atletik performans optimizasyonunda güvenli ve etkili bir uygulama alanı oluşturmaktadır (Horwath vd., 2019; Housh vd., 1992; Ratamess vd., 2016; Sato vd., 2022).

1.5. Kas Protein Mekanizması

İskelet kas dokusu, insan vücudundaki en büyük organ sistemini oluşturarak total vücut ağırlığının yaklaşık %45'ini temsil eder ve total vücut protein dönüşümünün %30-50'sinden sorumludur. Bu dokunun primer fonksiyonları, hareketi sağlamak ve postüral stabiliteyi korumaktır (Zurlo vd., 1990). İskelet kas dokusunun homeostazı, kas protein sentezi (KPS) ve kas protein yıkımı (KPY) arasındaki dinamik denge ile sağlanır. Kas kütleğinde meydana gelen kazanç veya kayıplar, bu iki süreçten

birindeki veya her ikisindeki süregelen farklılıkların bir sonucudur (Wall vd., 2015). İskelet kası, glikoz homeostazının dengelenmesinde merkezi bir rolü vardır. Bu doku, kan dolaşımından alınan glikozun, enerji gerektiren hücresel süreçler için ATP üretimi amacıyla okside edilmesinin veya depo polimeri olan glikojene dönüştürülerek stoklanmasının ana lokusudur (Thiebaud vd., 1982). Benzer şekilde, iskelet kası, postprandiyal lipid depolanmasına aracılık eder ve bu depolar, düşük şiddetli egzersizlerde enerji üretimi için okside edilir (Corcoran vd., 2007). İskelet kası aynı zamanda amino asit homeostazının dengelenmesinde merkezi bir rolü vardır. Bu doku, plazmadaki serbest amino asit havuzunun yanı sıra, total vücut protein kütlelerinin %50-75'ine denk gelen ve kas proteinleri şeklinde depolanan devasa bir amino asit rezervini barındırır (Wolfe, 2006). Besin alımı ve açlık durumlarının döngüsel ritmi, kas protein sentezi ile degradasyonu arasındaki dengeyi günlük ölçekte dinamik bir dalgalanma içinde tutar (McKendry vd., 2021). Kas protein sentezi (KPS) ve kas protein yıkımı (KPY) arasındaki fark, net protein dengesinin göstergesidir. Genç, sağlıklı bireylerde iskelet kas dokusu, günlük yaklaşık %1,2 oranında yenilenerek proteinlerin sürekli bir tekrar modelleme sürecinden geçmesine imkân verir. Homeostaz durumunda, KPS ve KPY oranları dengelidir, bu da sabit bir net kas proteini dengesine işaret eder. Ancak, bu süreçleri etkileyerek kas protein dengesinde hem akut hem de kronik değişikliklere sebebiyet verebilecek çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bahsi geçen dengenin bozulması halinde, sentez hızındaki minimal bir düşüş ile yıkım hızındaki bir artış, kas kütlesi kaybı ile sonuçlanabilir. Bu tür bir dengesizliğe örnek olarak, yatak istirahati, ekstremit immobilizasyonu ve benzeri hareketsizlik formları sırasında kas dokusunun atrofiye uğraması gösterilebilir (Dirks vd., 2014; Kilroe vd., 2020). İskelet kası atrofisi, aşağıdaki durumlardan birinin veya birkaçının bir sonucu olarak negatif bir azot dengesi ile nitelendirilir: azalmış kas proteini sentezi (KPS), artmış kas proteini yıkımı (KPY) veya her iki sürecin de eşzamanlı olarak bozulması (Kobak vd., 2021). Sarkopeni olarak bilinen yaşa bağlı iskelet kası kaybı, kas gücü ve fonksiyonunun azalmasına yol açar. Bu süreç, bozulmuş protein dengesi, artmış protein yıkımı (proteoliz), azalmış protein sentezi (KPS) ve anabolik uyarılara (örn. amino asitler) karşı duyarsızlık ile ilişkilidir (Wall vd., 2015; Wilkinson vd., 2018). İskelet kası kütlelerinin artırılmasında en etkili iki uyarıcı, direnç tipi egzersiz ve protein alımı olup, bu faktörler bir arada etki ederek net protein dengesini pozitif olarak değiştirir ve protein artışını sağlar. Egzersizin kendisi ise, kas protein döngüsünü hızlandıran bir metabolik stresör görevi görerek hem KPS hem de KPY'de akut bir artışa neden olur (Biolo vd., 1995; Phillips vd., 1997). Ancak, ekzojen kaynaklardan (diyet veya supleman) amino asit arzı yetersiz olduğunda, kas protein sentez (KPS) hızı, kas protein yıkım (KPY) hızının gerisinde kalır ve sonuç olarak net kas protein dengesi negatif duruma geçer (Biolo vd., 1995; Chesley vd., 1992). Yapılan çalışmalar, hücre dışı ortamdaki amino asit konsantrasyonunun, kas proteini sentez (KPS) oranları üzerinde anabolik uyarıcı özellikler ile ön plandadır (Bohé vd., 2003). Bu bulgu, esansiyel amino asitlerin (EAA) kas proteini sentezinin (KPS) birincil düzenleyicileri olduğunu gösteren çok sayıda çalışmanın önünü açmıştır (Fujita vd., 2007; K. Tipton vd., 1999). Egzersiz sonrası dönemde, yalnızca 6 gram esansiyel amino asit (EAA) alımı (Tipton vd., 2002) serbest amino asitlerin (AA) infüzyonu (Biolo vd., 1997) veya oral yoldan alınması (K. D. Tipton vd., 1999) ya

da amino asitlerin karbonhidrat ile kombinasyonu (Rasmussen vd., 2000), anabolik yanıtı maksimum düzeyde uyarma kapasitesine sahiptir. Kas protein metabolizmasındaki dinamik değişkenlik ve hücre içi sinyal iletim yollarının hızlı aktivasyonu, egzersizi takiben gözlemlenen kısa süreli yanıtların temel bileşenleridir; bu akut yanıtlar ise, sonuçta ortaya çıkan ve kas kütlesi ile fonksiyonundaki kalıcı değişimleri yansıtan fenotipik uyumların bir göstergesidir (Hawley vd., 2014). Kas hipertrofisi, net kas protein dengesinin pozitif olması sonucunda gelişir. Bu durum, kas proteini sentez (KPS) hızının, kas proteini yıkım (KPY) hızını sürekli olarak aşması ve mevcut kas liflerine yeni uydu hücrelerinin füzyonu ile karakterizedir. Bu süreç, büyük ölçüde mekanik hedef rapamisin (mTOR) protein kinazının ve onun iki ana çoklu protein kompleksi olan mTORC1 ile mTORC2'nin aktivasyonuna bağlıdır. mTOR sinyal yolağının aktivasyonu, protein translasyonunun başlangıcını artırma kapasitesi sayesinde hipertrofiyi belirleyici bir rol oynar. mTORC1 kompleksi, özellikle iki kilit proteini fosforile ederek bu süreci yönlendirir:

Ökaryotik Translasyon Başlatma Faktörü 4E (eIF4E): Bu fosforilasyon, başlık-bağımlı translasyonun başlatılmasını ve devam etmesini teşvik eder.

p70 Ribozomal Protein S6 Kinaz beta-1 (p70S6K1): Bu kinazın aktivasyonu, ribozomal proteinlerin translasyonunu düzenleyerek ribozom biyogenezini artırır.

mTORC1 aracılı bu sinyalleme basamaklarını, kas proteini sentez hızında hızlı ve belirgin bir artışa sebebiyet verir, bu durum da nihayetinde kas lifi hipertrofisi ile sonuçlanır (Fujita vd., 2007; Laplante ve Sabatini, 2009). Bu sinyal yollarındaki gen ekspresyonundaki değişiklikler, örneğin egzersiz sonrası kaslarda gözlemlenen ökaryotik translasyon başlatma faktörü 4E (EIF4E) ekspresyonundaki artış (Monteyne vd., 2020), artırılmış bir translasyonel kapasitenin göstergesidir. Bu durum, kas proteini sentez (KPS) hızlarında bir yükselmeye olanak tanır. Söz konusu yolların ve diğer sayısız hücresel iletişim ağının fizyolojik önemi, söz konusu anahtar mekanizmaların yokluğunda veya farmakolojik/genetik olarak inhibe edildiği durumlarda daha belirgin biçimde gözlemlenebilir (Smiles vd., 2016).

mTORC1 sinyal yolunun aktivasyonunun, insülin (Fujita vd., 2007), amino asitler (özellikle lösin (Atherton, Smith, vd., 2010)) ve kas kasılması (Burd vd., 2010) gibi anahtar anabolik uyaranlara yanıt verdiği iyi karakterize edilmiştir. Bu nedenle, mTORC1 yolunun rapamisin ile inhibisyonu, egzersiz kaynaklı kas kasılmasının ve amino asit uyarımının kas proteini sentez (KPS) hızları üzerindeki uyarıcı etkilerini tamamen bloke eder (Dickinson vd., 2011). Daha spesifik olarak, esansiyel amino asit lösinin, KPS için anahtar anabolik sinyal olduğu düşünülmektedir (Layman, 2002). Lösin amino asitinin kas protein sentezine etkisinin kapsamını anlamak için, lösinin tek başına (Anthony vd., 2000) ve yetersiz protein dozuna eklenen lösinin (Tipton vd., 2009) KPS yanıtını en üst düzeye çıkardığı çalışmalar yürütülmüştür. Lösin, sestrin2 tarafından algılanır (Wolfson vd., 2016) ve mTOR yolunu (Drummond

ve Rasmussen, 2008; Fujita vd., 2007) ve çeviri başlangıcını aktive eden bir sinyalleme basamakları aracılığıyla KPS'nin uyarılması için bir sinyal sağlar. Bununla birlikte, fosforilasyon ölçümleri egzersizi takiben belirli zamanlarda alınan anlık görüntüler olduğundan, ölçülen akut protein metabolizması olayları ile enzim ekspresyon seviyeleri arasında bir farklılık oluşabilir.

İskelet kas kütlesi, genç ve sağlıklı (18-40 yaş) bireylerde nispeten stabil bir homeostaz sergiler; bu durum, kas proteini sentez (KPS) ve yıkım (KPY) hızları arasındaki dinamik dengenin bir sonucu olup sıfır net protein dengesi ile karakterizedir. Bununla birlikte, direnç egzersizi gibi bir anabolik uyarı takiben, KPS hızının KPY hızını sürekli olarak aşması durumunda net protein dengesi pozitif döner ve bu da iskelet kasında adaptif hipertrofi ile sonuçlanır (Cermak vd., 2012). Aksine; katabolik durumlarda (örneğin, uzamış hareketsizlik veya immobilizasyon sırasında) kas proteini yıkım (KPY) hızlarının, sentez (KPS) hızlarını sürekli olarak aşması durumunda, net protein dengesi negatifleşir ve bu da progresif kas atrofisi ile sonuçlanır (Dirks vd., 2016; Kilroe vd., 2019). Kas protein dönüşümü hızlarındaki değişimler, her zaman net doku kütlesi değişiklikleriyle korelasyon göstermese de fonksiyonel adaptasyon ve metabolik yeniden modelleme süreçlerine işaret edebilir. Örneğin, kas proteini sentez (KPS) ve yıkım (KPY) hızlarının eşzamanlı ve eş büyüklüklü artışı, net kütle değişimi olmaksızın gerçekleşen bir metabolik tekrar modellemeyi yansıtabilir. Ancak, anabolik uyarılara yanıt olarak KPS'de gözlemlenen değişkenlik, KPY'deki değişken düşüş ve artışa kıyasla hem dinamik aralık hem de fonksiyonel sonuçlar açısından daha belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle, KPS'deki akut ve kronik modülasyonlar, iskelet kası homeostazının ve hipertrofik adaptasyonun temel belirleyicisi olarak öne çıkmakta ve bu alandaki bilimsel odağın ana eksenini oluşturmaktadır (Glynn vd., 2010; Tipton vd., 2018). Kas proteini sentezindeki bu artışı ve bunu takip eden adaptif hipertrofik yanıtı tetikleyen primer anabolik uyarılara baktığımızda, ekzojen olarak alınan protein/amino asitler ve iskelet kasında egzersize bağlı oluşan kasılmadır.

1.6. Protein

Diyetle alınan protein, kas proteini sentez hızını (KPS) potansiyel olarak stimüle etmekle beraber bu anabolik yanıtın büyüklüğü, tüketilen ekzojen protein kaynağının biyoyararlanımı ve amino asit kompozisyonuna bağlı olarak kayda değer varyasyon göstermektedir (Bohé vd., 2003). İzotopik olarak işaretlenmiş proteinlerin kullanımı, diyetle alınan proteinin metabolik akıbetini incelememize olanak tanır. Bu metodoloji, bir protein yükünü takiben erken ve geç postprandiyal fazlar boyunca iskelet kasına ait protein fraksiyonundaki artışın kantifikasyonuna imkân verir (Van Loon vd., 2009). Amino asitler, hem protein sentezini uyarıyan sinyal mekanizmaları için bir tetikleyici hem de bu biyosentetik sürecin temel yapısal bileşenleri olarak çift yönlü bir role sahiptir (Layman, 2002). Kas dokusuna amino asit sunumunun, total protein alım dozuna (Moore, Robinson, vd., 2009; Pennings vd., 2012; Witard vd., 2014; Yang vd., 2017), proteinin vücutta sindirilebilirliği ve emilimine (Burd vd., 2012; Pennings vd.,

2011; Tang vd., 2009; West vd., 2011), amino asit profiline (Fujita vd., 2007; K. Tipton vd., 1999; K. D. Tipton vd., 1999) ve besin matrisinin makro-mikro besin kompozisyonuna (Kim vd., 2016; Van Vliet vd., 2017; West, Monteyne, Whelehan, Abdelrahman, vd., 2023) bağlı olarak modüle edildiği düşünülmektedir. Diyetle alınan protein, kas proteini sentez oranlarını (KPS) belirgin şekilde artırır (Groen vd., 2015; Rennie vd., 1982) ve daha az ölçüde de kas proteini yıkım oranlarını (KPY) baskılayarak (Greenhaff vd., 2008; Wilkes vd., 2009) net protein dengesini pozitif yönde değiştirir ve sonuçta kas dokusunun anabolik akümüasyonunu teşvik eder. Ekzojen proteinlerin gastrointestinal sindirimi, midede başlar. Burada mekanik işleme ve proteaz enzimi pepsinin katalizlediği hidroliz sonucunda proteinler daha küçük peptit fraksiyonlarına parçalanır. Bu kısmen sindirilmiş materyal, onikiparmak bağırsağına (duodenum) geçiş yaptığında sindirim süreci, pankreatik proteazlar (örn. tripsin, kimotripsin) ve enterosit fırça kenarında lokalize olmuş spesifik peptidazlar aracılığıyla daha da ilerler ve tamamlanır (Bornhorst ve Paul Singh, 2014; Guerra vd., 2012). Proteolizisin bu son ürünleri, intestinal mukozal bariyeri spesifik taşıyıcı aracılı mekanizmalarla geçerek sistemik dolaşıma hepatik portal sistem yoluyla ve dolayısıyla ilk geçiş etkisiyle karaciğere katılır (Bröer ve Fairweather, 2019). Portal venöz sistem tarafından drene edilen visseral dokular, diyet kaynaklı amino asitlerin sistemik dolaşıma ulaşmadan önce önemli bir bölümünü (%20-75) tutarak kendi doku protein sentezi ve enerji metabolizması ihtiyaçları için kullanır ve bu fizyolojik süreç splanknik ekstraksiyon veya splanknik retansiyon olarak tanımlanır (Boirie vd., 1997; Volpi vd., 1999).

Splanknik ekstraksiyon sürecine katılan karaciğer, portal dolaşımdan önemli miktarda amino asit çeker. Bu amino asitler, organın kendi protein sentezi ihtiyacının yanı sıra, transaminasyon ve deaminasyon yoluyla amino asit katabolizması, glukojenik amino asitlerden glukoneogenez (Westerterp-Plantenga vd., 2009) ve lipogenez (Hellerstein vd., 1996) gibi çeşitli anahtar metabolik yollar için substrat olarak kullanılır. Karaciğer tarafından ekstrakte edilmeyen kalan amino asitler, hepatik ven yoluyla sistemik dolaşıma salınarak iskelet kası gibi periferik dokuların kullanımına sunulur. Postprandiyal plazma amino asidemik yanıtı; pik plazma amino asit konsantrasyonunu (Cmax), bu konsantrasyona ulaşma süresini (Tmax) ve yemek sonrası dönemdeki toplam amino asit kullanılabilirliğini temsil eden integral alanı (iAUC) kapsar. Tüm bu farmakokinetik parametreler, diyet kaynaklı amino asitlerin kas dokusuna ulaşımını ve biyoyararlanımını düzenler. Kas dokusunda amino asitlerin miyosit içine taşınması; LAT1, SNAT2, PAT1 ve CAT1 gibi spesifik zar taşıyıcı proteinler aracılığıyla gerçekleşir ve her bir taşıyıcı belirli amino asit substratlarına afinite gösterir. Her ne kadar bu taşıyıcılar kas dokusunda konstitütif olarak bulunsa da, bunların ekspresyon düzeyleri (gen transkripsiyonu) ve fonksiyonel aktiviteleri (mRNA translasyonu ve post-translasyonel modifikasyonlar) dinamik olarak düzenlenir ve anabolik uyarılar (egzersiz, besin alımı) ile modüle edilir (Dickinson ve Rasmussen, 2013). Araştırmalar, postprandiyal dönemde sistemik dolaşımdaki esansiyel amino asit (EAA) seviyelerindeki artışın ve bunun sonucunda ekstraselüler ile intramiyoselüler kompartmanlar arasında oluşan yüksek EAA konsantrasyon gradyanının, amino asit taşıyıcı proteinlerin

mRNA ekspresyonunu yukarı regüle ettiğini göstermiştir (Churchward-Venne vd., 2012; Drummond vd., 2011; Drummond vd., 2010). Bu artmış taşıyıcı ekspresyonu, sonuçta amino asitlerin miyosit içine translokasyon hızını (akış) artırır; bu fenomen, dinamik arteriyovenöz balans ölçüm yöntemleriyle deneysel olarak doğrulanmıştır (Drummond vd., 2010).

Tersine, fiziksel aktivitenin azalması (örn. uzun süreli yatak istirahati) ve ileri yaşlanma gibi durumların, amino asit taşıyıcıların mRNA ekspresyon seviyelerini down-regüle ederek amino asit internalizasyonunu bozduğu ve bu mekanizmanın da kas atrofisine katkıda bulunduğu hipotez öne sürülmüştür (Dickinson vd., 2013; Drummond vd., 2012).

Miyosit içine taşındığında, hücre içi AA bulunabilirliğindeki artış, öncelikle rapamisin C1'in (mTORC1) mekanik hedefinin aktivasyonu yoluyla protein sentezini düzenler (Dickinson vd., 2011; Drummond vd., 2009; Fujita vd., 2007). Özellikle, artan intraselüler amino asit disponibilesi, başta DZAA lösin olmak üzere, hücrel stres yanıtında görev alan Sestrin2 proteini tarafından birincil sensör olarak algılanır (Chantranupong vd., 2014; Wolfson vd., 2016), ikincil bir algılama mekanizması ise lösil-tRNA sentetaz aracılığıyla gerçekleşir (Han vd., 2012). Lösinin Sestrin2'ye bağlanması, Rag GTPazlarının aktivasyonunu tetikleyerek inaktif durumdaki sitozolik mTORC1 kompleksinin lizozomal membrana rekrütasyonunu ve yerleşimini sağlar; bu translokasyon, mTORC1 aktivasyonu için hayati bir adımdır (Sancak vd., 2008). Lizozomal membranda konumlanmış olan mTORC1 kompleksi, lizozomal yüzeyde lokalize GTPaz Rheb ile etkileşerek tam aktivasyon durumuna ulaşır (Bar-Peled ve Sabatini, 2014; Sancak vd., 2010). Lösin, mTORC1 aktivasyonunun birincil tetikleyicisi olarak işlev görmesine karşın, diğer DZAA ve esansiyel amino asitlerin (EAA) eşzamanlı alımı, sinyal iletiminin magnitudünü sinerjistik olarak güçlendirir (Moberg vd., 2016). Diğer amino asitlerin mTORC1 aktivasyonundaki işlevsel katkıları incelendiğinde, arginin amino asiti vazgeçilmez bir önemi vardır. Zira argininin, lösin kaynaklı sinyallemeden bağımsız mekanizmalar yoluyla mTORC1'i aktive etme hacminin olduğu gösterilmiştir. Fakat, bu bulgular halihazırda in vitro koşullarda elde edilmiş olup, in vivo geçerlilikleri deneysel olarak doğrulanmayı gerektirmektedir (Chantranupong vd., 2016; Saxton vd., 2016). mTORC1 aktivasyonu, protein sentezinin translasyonel kontrolünden sorumlu bir dizi aşağı akım sinyal basamaklarını initiye eder. mTOR aracılı translasyonel düzenleme, başlıca iki ana efektör molekülün fosforilasyonu üzerinden ilerler: ribozomal protein S6 kinaz beta-1 (p70S6K1) ve ökaryotik translasyon başlatma faktörü 4E bağlayıcı protein. p70S6K1 fosforilasyonu, eIF4B ve ribozomal protein S6 aktivasyonu ile ökaryotik elongasyon faktörü 2 inhibisyonu da dahil olmak üzere mRNA translasyonunun başlatılmasını ve ilerlemesini destekleyen çoklu substratları aktive eder. p70S6K1'den bağımsız olarak, 4EBP'nin fosforilasyonu, bu inhibitör proteinin eIF4E'den dissosiasyonunu sağlayarak eIF4G, eIF4A ve eIF4E'den oluşan eIF4F kompleksinin bağlantısı ve dolayısıyla kap bağımlı translasyonel başlatmanın gerçekleşmesine olanak tanır (Saxton ve Sabatini, 2017).

Translasyonel başlangıcın, protein biyosentezindeki hız sınırlayıcı basamak olması nedeniyle, bu sürecin ana düzenleyicileri konumundaki p70S6K1 ve 4EBP, kas protein sentezinin kapasitesini ve hızını belirlemede ciddi bir rol oynamaktadır (Jackson vd., 2010).

İskelet kasında yapılan in vivo çalışmalar, açlık ve istirahat durumlarında düşük mTORC1 aktivitesi gözlemlendiğini ve bu durumun p70S6K1 ile 4EBP fosforilasyonundaki azalma ve sonuç olarak translasyonel başlangıçtaki baskılanmayla ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, amino asit alımı ve/veya kas kasılması gibi anabolik uyarılar, mTORC1 sinyal yolak aktivasyonunu takiben p70S6K1 ve 4EBP gibi aşağı akım efektörlerinin fosforilasyon düzeylerinde ve fonksiyonel aktivitelerinde belirgin artışa neden olmaktadır (Borack vd., 2016; Burd vd., 2010; Cuthbertson vd., 2005; Dreyer vd., 2006; Fujita vd., 2007). Translasyonel inisiasyonu, polipeptit zincirinin uzama fazı takip eder. Bu faz, yeni sentezlenmekte olan proteine amino asitlerin eklenmesini içerir ve ribozomlar tarafından katalizlenir. Dolayısıyla, translasyonel başlangıç intraselüler amino asit disponibilesine bağımlıdır ve ekstraselüler amino asitlerin hücre içine taşınmasını gerektirebilir. Fizyolojik koşullar altında, yukarıda özetlenen moleküler basamaklarının aktivasyonu, protein alımını takiben kas proteini sentez (KPS) hızında yaklaşık 2-3 katlık bir artışa olanak tanır. Bu KPS artışının başlangıcı, protein kaynağına, dozajına ve formuna (izolat, konsantre, tam gıda matrisi) bağlı olarak genellikle 45-90 dakika gecikme ile gerçekleşir (Atherton, Etheridge, vd., 2010; Bohé vd., 2001), pik yanıt ise tipik olarak alımdan 120-180 dakika sonra gözlemlenir (Bukhari vd., 2015; Fuchs vd., 2019; Moore, Tang, vd., 2009; West, Monteyne, Whelehan, van der Heijden, vd., 2023). Postprandiyal kas proteini sentez (KPS) yanıtının temporal dinamiği tam olarak aydınlatılamamış olup, genellikle deneysel protokollerin izin verdiği ölçüm zaman aralığı ile sınırlıdır. İskelet kası dokusunun diyet kaynaklı amino asitlere karşı anabolik kapasitesinin hızla doyumluğa ulaştığını ve/veya bu amino asitlerin anabolik potansiyeline yönelik fizyolojik bir tavan etkisi olduğunu öne sürülmüştür (Atherton, Etheridge, vd., 2010; Bohé vd., 2001; Van Vliet vd., 2019). Ancak, bu kanıtlar büyük ölçüde standart 5-6 saatlik stabil izotop amino asit infüzyon protokollerini kullanan çalışmalardan türetilmiştir. Buna karşıt olarak, Trommelen ve arkadaşlarının yakın tarihli çalışması, 25 g ve 100 g intrinsik olarak işaretlenmiş süt proteini alımının, egzersiz sonrası miyofibriler protein sentez (MyoPS) oranlarını (25 g dozunda genel karışık KPS değil) 12 saatlik bir süre boyunca anlamlı şekilde artırdığını ve 100 g'lık dozun, 25 g'lık doza kıyasla çok daha büyük ve uzun süreli bir anabolik yanıt oluşturduğunu göstermiştir (Trommelen vd., 2023).

Ayrıca, artan substrat disponibilesi, daha yüksek total vücut, kas bağ dokusu ve plazma protein sentez yanıtları ile bağlantılandırılmıştır. Her ne kadar bu bulgular net protein dengesini değerlendirmemiş olsa (KPY ölçülmemiştir) ve protein kaynağının rolü, optimal KPS yanıtları veya yaşlanmanın etkisi gibi faktörleri içermese de protein alımını takiben uzamış bir anabolik pencerenin varlığına işaret ederek KPS yanıtlarını yorumlamada zaman çerçevesinin kritik önemini vurgulamaktadır. Farklı bir şekilde, 25 g protein alımından sonraki 12 saatlik kümülatif miyofibriler

protein sentez (MyoPS) artışı, geç fazdaki (4-12 saat) yanıttan ziyade erken fazdaki (0-4 saat) yanıt tarafından yönlendirilmiştir. Bu, dolaşımdaki amino asit konsantrasyonlarının 25 g alımdan yaklaşık 5 saat sonra bazal seviyelere dönmüş olmasına rağmen gerçekleşmiştir. Bu gözlem, direnç antrenmanı yapan genç bireylerde ~20 g (~0.25 g/kg vücut ağırlığı veya ~2.5 g lösin içeren) yüksek kaliteli izole protein alımından sonra optimal/maksimum KPS yanıtlarını gösteren önceki çalışmalarla uyumludur (Moore, Robinson, vd., 2009; Witard vd., 2014).

1.6.1. Protein Takviyeleri

Kas hacmi ve kuvvet artışlarının yalnızca direnç egzersizi ile elde edilen kazanımların ötesine taşınmasında besin takviyesi etkili bir yöntemdir. Protein takviyesi ekstra olarak yüksek yoğunluklu antrenman sonrası iyileşmeyi optimize etmek amacıyla sıklıkla başvurulmuş bir yöntemdir (Pasiakos vd., 2014). Direnç egzersizi ile eş zamanlı uygulanan peynir altı suyu proteini (whey), kreatin ve serbest amino asit takviyeleri, anabolik sinyalleri sinerjistik olarak güçlendirerek kas protein sentezinde ve dolayısıyla hipertrofide potansiyel bir artış sağlar (Burke vd., 2001; Morton vd., 2015; Paddon-Jones vd., 2004; Rondanelli vd., 2016). Genç yetişkinlerde izole takviyenin kas hipertrofisi üzerindeki rolüne dair veriler sınırlı olsa da, amino asit alımının bu popülasyonda kas proteini sentez (KPS) hızını artırdığı görülmektedir. Bunun ile beraber, bu akut etkinin uzun vadeli kas gelişimine dönüşümü net değildir (Paddon-Jones vd., 2004).

DeneySEL bulgular, 100 tekrarlı bir diz ekstansör eksantrik antrenmanının ardından uygulanan peynir altı suyu proteini hidrolizatı (25 g/31 g) suplementasyonunun, 6. ve 24. saatlerdeki maksimal kuvvet üretim kapasitesinin restorasyonu üzerinde olumlu yönde bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır (Buckley vd., 2010; Ives vd., 2017). Diz ekstansör kaslarına uygulanan 300 tekrarlı eksantrik bir egzersiz protokolünün ardından, egzersiz sonrası 9 saatlik akut dönemde dörder defa 20 gram olarak ve sonrasında günlük tek doz şeklinde uygulanan bir peynir altı suyu proteini ve kazein karışımının, iskelet kası kuvvetinin toparlanma hızını anlamlı ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir (Draganidis vd., 2017). Toparlanma fazının erken evresinde (ilk 48 saat) kaydedilen maksimal kuvvet üretim kapasitesindeki düşüş, gecikmiş kas ağrısı (DOMS) semptomlarının şiddetlendiği periyotla çakışmakta olup, bu semptomlar protein (Draganidis vd., 2017; Ives vd., 2017) veya dallı zincirli amino asit (Jackman vd., 2010) alımı modülasyonu ile hafifletilebilmektedir.

1.6.1.1. Hayvansal Protein Takviyeleri

Sporcuların performanslarını ve toparlanmalarını en iyi hale getirmek için kullandıkları beslenme stratejileri içerisinde, özellikle peynir altı suyu proteini, kazein ve kolajen hidrolizatları gibi süt proteinlerine odaklanılarak hayvansal kaynaklı protein takviyelerinin kullanımı giderek daha önemli

hale gelmektedir (Zhou vd., 2023). Söz konusu besin takviyeleri, pratik uygulanabilirlikleri kadar, kas protein sentezi (KPS), iyileşme süreçleri ve genel fiziksel uygunluk da dahil olmak üzere çeşitli atletik performans parametreleri üzerindeki kanıta dayalı etkinlikleriyle de önemli bir değere sahiptir (Mhamed vd., 2024). Hayvansal proteinin iskelet kası üzerindeki faydalı rolü, kısa dönemli laboratuvar verilerinden, egzersiz ve yaşlanmada uzun vadeli kas adaptasyonlarını inceleyen çalışmalara kadar uzanan kanıtlar ışığında, sistematik derlemelerde tutarlı bir şekilde rapor edilmektedir (Devries ve Phillips, 2015; Gorissen ve Witard, 2018; Hidayat vd., 2018; Lim vd., 2021; Phillips, 2016; Van Vliet vd., 2015; Witard vd., 2016). Bu konuda en çok kullanılan protein kaynakları yine insanların aşına olduğu hayvansal sütler. Süt proteinleri, yaşamın yenidoğan aşamasında insanlar için ilk protein alımının kaynağını temsil eder ve inek, koyun ve keçi gibi türleri içeren memeli evcilleştirme döneminden bu yana, bu süt türevi proteinler tarih boyunca insan diyetindeki protein içeriğinin önemli bir bileşenini oluşturmuştur. Süt tüketimi, yalnızca tam, bütün gıda ürünlerini değil, aynı zamanda konsantreler, izolatlar ve süt proteininin hidrolizatları gibi çeşitli formülasyonları ve ayrıca süttten elde edilen belirli bireysel protein fraksiyonlarını içeren çeşitli süt proteini bileşenlerini de kapsayan çeşitli biçimlerde gerçekleşir. Özellikle insanlar hariç süt memelilerinden elde edilen sütte bulunan baskın protein fraksiyonları arasında iki ana tip tanımlanabilir: Sütün toplam protein içeriğinin yaklaşık %80'ini oluşturan kazein ve toplam süt protein içeriğinin yaklaşık %20'sini oluşturan whey (peynir altı suyu) (Huppertz ve Chia, 2021).

Spor beslenmesi sektörü, atletik performans ve toparlanmayı optimize etmek amacıyla çeşitli hayvansal kaynaklardan türetilmiş çok sayıda besin takviyesi sunmaktadır. Whey ve kazein gibi süttten elde edilen proteinlere ek olarak kolajenler de hayvansal protein takviyeleri arasında yer almaktadır. Bu geniş ürün yelpazesi içinde üç protein formu fonksiyonel özellikleriyle öne çıkar; whey proteini (peynir altı suyu) hızlı emilimiyle akut anabolik yanıt için ideal olan yüksek biyoyararlılığa sahip bir proteindir. Kazein proteini, yavaş sindirimi sayesinde uzamış amino asit salınımı sağlayarak daha sürekli bir protein sentez ortamı oluşturur. Kolajen peptitler, bağ dokusu bütünlüğünü ve eklem sağlığını desteklemek üzere tasarlanmış spesifik bir amino asit profiline sahiptir. Bu hedefe yönelik formülasyonlar, farklı kullanıcı gereksinimlerini karşılamanın ötesinde, beslenme biliminin insan performansını ve fizyolojisini optimize etme konusundaki ilerleyişinin bir göstergesidir (Martinez Galan vd., 2021).

1.6.1.1.1. Whey Proteini Takviyesi

Whey proteinin atletik performanstaki temel rolü, üç temel özelliğe dayanır: hızlı emilim kinetiği, zengin amino asit kompozisyonu ve özellikle lösin açısından yüksek içeriği. Bu özellikler, egzersiz sonrası kas protein sentezinde (KPS) güçlü bir anabolik yanıt oluşturur. Lösin (içeriğin ~%10-12'si), kas hipertrofisi ve onarımında anahtar düzenleyici olan mTOR sinyal yolunun doğrudan bir aktivatörüdür. Bu mekanizma, whey proteinin yoğun egzersizi takiben kas adaptasyonu ve toparlanmayı

desteklemedeki etkinliğinin moleküler temelini oluşturur (Martinez Galan vd., 2021). Whey proteini, kas protein sentezini (KPS) uyarmadaki etkinliği ile kas adaptasyonu ve onarımında yaygın kabul gören bir standarttır. Bu güçlü anabolik etkinin temelini, yüksek dallı zincirli amino asit (DZAA) içeriği ve özellikle lösinin bu süreçteki kritik rolü oluşturur. Lösin, protein sentezinin ana düzenleyicisi olan mekanik hedef rapamisin (mTOR) kompleksini doğrudan aktive ederek anabolik süreçleri tetikler. mTOR yolunun lösin aracılı aktivasyonu, beslenme uyarılarına yanıt olarak kas protein sentezinin düzenlenmesindeki moleküler mekanizmaları ortaya koymakta ve whey proteininin fonksiyonel değerini biyokimyasal düzeyde açıklamaktadır (Zhou vd., 2023). Whey proteini suplementasyonunun dayanıklılık performansını istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde iyileştirdiği ve genel atletik kapasiteye katkıda bulunduğu deneysel çalışmalarla doğrulanmıştır. Bu olumlu etkiler çeşitli fizyolojik mekanizmalarla açıklanmaktadır; öncelikle, whey proteini karbonhidratlarla kombine edildiğinde glikojen resentez sürecini optimize ederek kas glikojen depolarının etkin şekilde yenilenmesini sağlamakta ve toparlanmayı hızlandırmaktadır. İkincil olarak, egzersize bağlı kas hasarını ve fizyolojik stresi azaltarak uzun süreli antrenman programlarından kaynaklanan adaptasyon süreçlerini olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca, whey proteini uzun süreli dayanıklılık aktiviteleri sırasında değerli bir alternatif enerji substratı işlevi görerek sürdürülebilir enerji homeostasisinin sağlanmasına ve uzamış fiziksel efor dönemlerinde metabolik kapasitenin desteklenmesine katkıda bulunmaktadır (Zhao vd., 2024). Whey proteini suplementasyonu, egzersiz sonrası gelişen gecikmiş başlangıçlı kas ağrısının (DOMS) şiddetini azaltmada etkili bir stratejidir. Bu koruyucu etki, whey proteininin anti-inflamatuar özellikleri ve kas onarım mekanizmalarını hızlandırıcı kapasitesi ile ilişkilendirilmektedir. Biyokimyasal parametrelerde gözlemlenen iyileşmeler řu şekilde özetlenebilir; kas hasarının önemli bir belirteci olan kreatin kinaz (CK) seviyelerinde hızlanmış normalizasyon, hücresel hasar göstergesi laktat dehidrogenaz (LDH) düzeylerinde belirgin iyileşme ve sistemik inflamasyon belirteçlerinden C-reaktif protein (CRP) başta olmak üzere çeşitli inflamatuvar belirteçlerde anlamlı düşüş (Martinez Galan vd., 2021). Whey proteinin oral alımını takiben plazma dallı zincirli amino asit (DZAA) konsantrasyonları 60-120 dakikalık periyot içinde maksimum seviyelere ulaşmaktadır. Bu hızlı farmakokinetik profil, egzersiz sonrası dönemde anabolik sinyal iletimi ve kas protein sentez aktivasyonu için kritik öneme sahip metabolik bir pencere oluşturmaktadır (Martinez Galan vd., 2021).

1.6.1.2. Bitkisel Protein Takviyeleri

Bitki başlı proteinler geleneksel olarak insan beslenmesinde önemli bir yer tutmakla birlikte, hayvansal protein üretiminin yol açtığı sera gazı emisyonları ve artan küresel protein talebi, alternatif bitki kaynaklı proteinlere yönelik ilgiyi bilimsel ve endüstriyel düzeyde artırmıştır. Bu geçiş, sürdürülebilir gıda sistemleri ve beslenme güvenliği bağlamında stratejik bir önem kazanmaktadır (Henchion vd., 2017). Bitki kaynaklı proteinlerin giderek önem kazanması, bu kaynakların çevresel ayak izinin nispeten düşük olması, hayvan refahı ve etik unsurlarla uyumluluğu ve aynı zamanda insan

fizyolojisi üzerindeki olumlu sağlık etkilerine dair giderek güçlenen bilimsel verilerle açıklanmaktadır (Lea vd., 2006). Bitki kaynaklı protein sistemleri, hayvansal sistemlerle karşılaştırıldığında, sera gazı emisyonları, enerji tüketimi, arazi kullanım verimliliği ve su ayak izi gibi çevresel sürdürülebilirlik metrikleri açısından kayda değer üstünlükler sergilemektedir (Donati vd., 2016). Bitki bazlı protein alımının yüksek olduğu diyet modelleri, düşük vücut kitle indeksi ve kardiyovasküler hastalıklar, kanser ile tip 2 diyabet gibi yaygın kronik hastalık riskinde azalma ile anlamlı şekilde ilişkilendirilmektedir (Sabaté ve Wien, 2015; Tusso vd., 2013). Günümüzde yaygın olarak kullanılan bitkisel protein kaynakları arasında bezelye, soya, pirinç, kenevir, kinoa ve patates proteinleri fonksiyonel ve besinsel özellikleriyle öne çıkmaktadır (Pinckaers vd., 2021). Bitkisel proteinlerin spor performansı üzerindeki fizyolojik etkileri, hayvansal proteinlere kıyasla daha karmaşık bir profil sergilemektedir. Bu farklılık temel olarak amino asit kompozisyonundaki varyasyonlar, sindirim kinetiği ve nihai biyoyararlanım düzeylerinden kaynaklanmaktadır. Kas protein sentez (KPS) uyarımı bağlamında, bitkisel kaynaklı proteinlerin tipik olarak daha düşük lösin konsantrasyonu ve bazı esansiyel amino asitlerdeki sınırlayıcı profil nedeniyle anabolik kapasiteleri hayvansal eşdeğerlerine göre genellikle daha düşüktür (Kerksick vd., 2021). Bitki bazlı proteinlerin düşük lösin içeriği ve amino asit kompozisyonundaki kısıtlamalar nedeniyle (Gorissen vd., 2018), bu protein kaynaklarından optimal kas protein sentez (KPS) yanıtı elde etmek için daha yüksek dozlarda alınmaları gerekmektedir. Deneysel çalışmalar, yaşlı erkek bireylerde 35 gram buğday proteini tüketiminin (2.3 gram lösin içeriği ile) aynı miktarda lösin sağlayan whey proteinine kıyasla benzer düzeyde KPS uyarımı gerçekleştirebildiğini göstermiştir (Gorissen vd., 2016). Güncel bilimsel veriler, optimize edilmiş dozlama protokolleri, amino asit suplementasyonu ve stratejik protein kombinasyonları uygulandığında, bitki kaynaklı proteinlerin kas protein sentezi ve atletik performans parametreleri üzerinde hayvansal proteinlerle eşdeğer anabolik ve fonksiyonel yanıtlar oluşturabileceğini ortaya koymaktadır (Govindasamy vd., 2025).

Bitki kaynaklı proteinlerin sindirim kinetiği ve amino asit biyoyararlanımı, hayvansal proteinlere kıyasla farklılık göstermektedir. Protein kalite değerlendirme ölçütleri (PDCAAS/DIAAS) bitkisel ürünlerde geniş bir varyasyon sergilemekte olup, ileri işleme teknikleri ve izolat/hidrolyzat formülasyonları sindirilebilirlik parametrelerinde kayda değer iyileşmeler sağlayabilmektedir (Lonnie vd., 2020).

“Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü” (GTÖ) ve “Dünya Sağlık Örgütü” (DSÖ) tarafından 1989’da düzenlenen protein kalitesi değerlendirmesi uzman konsültasyonu, “Proteinin Sindirilebilirliği-Düzeltilmiş Amino Asit Skoru’nun” (PDCAAS) protein kalitesinin ölçümünde birincil yöntem olarak benimsenmesini ve yüzde değeri şeklinde ifade edilmesini önermiştir. PDCAAS hesaplaması, amino asit skorunun gerçek fekal azot sindirilebilirliği ile çarpımını içerir. Amino asit skoru ise, test edilen proteindeki belirli bir amino asitin içeriğinin, FAO tarafından tanımlanan referans amino asit modelindeki karşılık gelen amino asit içeriğine oranıyla belirlenir. Hesaplanan amino asit skoru 1,00

veya üzerinde ise, o amino asit bakımından bir eksiklik bulunmamaktadır. En düşük amino asit skoru, proteinin birinci sınırlayıcı amino asidini yansıttığından, PDCAAS hesaplamasında bu değer amino asit skoru olarak kullanılmaktadır (Organization, 1991).

Çizelge 1.1. Seçili hayvansal ve bitkisel protein kaynakları için hesaplanmış PDCAAS değerleri (Nosworthy vd., 2023)

Protein Kaynaklar	PDCAAS
Süt	1,0
Yumurta	1,0
Tavuk	1,0
Yulaf Ezmesi	0,82
Beyaz Ekmek	0,28
Beyaz Pirinç	0,56
Tofu	0,56
Kırmızı Barbunya	0,55
Lacivert Fasulye	0,67
Tam Yeşil Mercimek	0,63
Kırmızı Mercimek	0,54
Sarı Bezelye	0,64
Yeşil Bezelye	0,50
Siyah Fasulye	0,53
Nohut	0,52
Pinto Fasulye	0,59

Yapılan klinik çalışmalar, 8-12 haftalık bir süre boyunca yeterli miktarda esansiyel amino asit ve lüsin içeren bitki kaynaklı protein suplementasyonunun, kas hipertrofisi ve kuvvet kazanımları açısından hayvansal proteinlerle benzer etkinlik profili sergileyebileceğini göstermektedir. Ancak bu sonuçların bireysel popülasyon özellikleri, antrenman deneyimi ve toplam günlük protein alım düzeyi gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilendiği gözlenmektedir (Kerksick vd., 2021).

1.6.1.2.1. Bezelye Proteini Takviyeleri

Bezelye (*Pisum sativum*), yaygın dağılımı ve düşük maliyeti ile besinsel açıdan değerli bir baklagil olup, yaklaşık %20-33 oranında protein içeriğine sahiptir. Bitki, insan beslenmesi için gerekli olan karbonhidrat, diyet lifi, vitamin ve mineraller açısından zengin bir nişasta kaynağı olarak kabul edilmektedir (Boye vd., 2010; Dahl vd., 2012; Shanthakumar vd., 2022).

Sarı bezelyeden ekstrakte edilen protein izolatu, yüksek protein içeriği ve emülsiyon stabilizasyonu ile jel oluşturma gibi üstün teknolojik özellikleri sayesinde gıda endüstrisinde değerli bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Bezelye unu, protein konsantresi ve protein izolatu formlarında işlenen bu ürünler, tahıl bazlı ürünlerden fırıncılık mamullerine, makarna-erişte sistemlerinden et/süt alternatiflerine kadar geniş bir yelpazedeki ticari gıda formülasyonlarında hem besinsel değer artırıcı

hem de fonksiyonel özellik geliştirici olarak yaygın şekilde kullanılmakta veya doğrudan protein takviyesi olarak pazarlanmaktadır (Nadathur vd., 2016; Shanthakumar vd., 2022). Bezelye proteini, alerjenik potansiyelinin düşük olması ve önemli bir gıda alerjisi sınıfında yer almaması nedeniyle dikkat çekici bir bitki bazlı protein kaynağıdır. Laktoz içermemesi, glutensiz yapısı gibi özellikleriyle beslenme intoleransı olan bireyler için güvenli bir alternatif oluşturmaktadır. Bildirilen advers reaksiyonların sınırlı olması, bezelye proteininin fonksiyonel ve besinsel avantajlarını destekleyen önemli bir güvenlik profilini işaret etmektedir (Robinson ve Domoney, 2021). Bezelye proteininin, tokluk hissini artırdığı ve kan glukoz konsantrasyonlarını düşürdüğü bilimsel çalışmalarla doğrulanmıştır. Yüksek diyet lifi içeriği ile birleşen bu özellikler, glisemik kontrolün sağlanması, kardiyovasküler risk faktörlerinin modülasyonu ve gastrointestinal sistem sağlığının desteklenmesi gibi çok yönlü fizyolojik faydalar sunmaktadır. Ayrıca, sarı bezelyenin antioksidan kapasitesi, antihipertansif etkileri ve antienflamatuar özellikleri de fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak değerini daha da artırmaktadır (Ge vd., 2020; Stilling, 2020). Bezelye proteini, bu fonksiyonel ve beslenme profilinden ötürü gıda endüstrisi ve tüketiciler arasında giderek daha fazla tercih edilen bir protein kaynağı haline gelmektedir.

Baklagil proteinleri tipik olarak lizin, lösin, aspartik asit, glutamik asit ve arginin gibi amino asitler açısından zengin bir profile sahipken, kükürt içeren amino asitler olan metiyonin ve sistein ile triptofan bakımından sınırlı içeriğe sahiptir (Gorissen vd., 2018; Who, 2007). Lösin içeriği ise yaklaşık %8 düzeyinde olup bu değer hayvansal proteinlerdeki (%8-9) lösin konsantrasyonu ile benzerlik göstermekte ve diğer bitkisel protein kaynaklarının (%5-9) çoğundan belirgin şekilde yüksek bir profil sergilemektedir (Gorissen vd., 2018; Van Der Heijden vd., 2023).

Metiyonin eksikliği nedeniyle, bezelye ve bezelye protein izolatu/konsantresinde PDCAAS değerleri 0.71-0.82 aralığında rapor edilmekte olup, bu değerler hayvansal protein kaynaklarına kıyasla daha düşük bir protein kalitesine işaret etmektedir. Bununla birlikte, Guillin ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, bezelye protein izolatının in vivo ileal sindirilebilirliğinin %92 olduğu tespit edilmiştir. Bu değer, kazein proteininin sindirilebilirliği olan %94'e yakındır ve bezelye proteininin yüksek biyoyararlanım kapasitesine işaret etmektedir (Guillin vd., 2022). Bezelye proteini izolatları tipik olarak %80'in üzerinde protein içeriğine sahiptir, esansiyel amino asit (EAA) gereksinimlerini karşılama kapasitesi bulunmakta ve yeterli düzeyde dallı zincirli amino asit (DZAA) içermektedir (Gorissen vd., 2018; Who, 2007).

Çizelge 1.2. Bezelye proteininin diğer protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında protein sindirilebilirliği düzeltilmiş amino asit puanları (Yang vd., 2012)

Protein Kaynağı	PDCAAS (%)
Kazein	100
Yumurta akı	100
Soya proteini	100
Bezelye Proteinini	93
Sığır eti	92
Meyveler	76
Sebzeler	73
Baklagiller	70
Tahıllar	59
Tam buğday	42

1.7. Whey Proteinini ve Bezelye Proteinin Egzersiz ile Birlikte Kullanımı

Protein suplementasyonu, egzersiz kaynaklı fizyolojik adaptasyon süreçlerinin optimizasyonunda temel bir rol üstlenmektedir. Bu alanda whey proteini geleneksel olarak referans standardını oluştururken, bezelye proteini gibi bitki kaynaklı alternatifler son yıllarda belirgin bir bilimsel ve ticari önem kazanmıştır. Her iki protein kaynağının antrenmanla sinerjistik etkileşimlerinin karşılaştırmalı analizi, sporcu popülasyonları için kanıta dayalı beslenme protokollerinin geliştirilmesine kritik katkı sağlamaktadır (Pinckaers vd., 2021). Egzersiz sonrası kas protein sentez (KPS) yanıtları, kas hipertrofisi, kuvvet kazanımları ve toparlanma dinamikleri bağlamında whey ile bezelye proteininin göreceli etkinliklerinin incelenmesi, güncel spor bilimleri literatüründe öne çıkan araştırma odaklarından biridir. Söz konusu karşılaştırmalı çalışmalar, protein kaynaklarının fonksiyonel özelliklerine ilişkin kanıta dayalı değerlendirmeler sunarak optimal beslenme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Van der Heijden vd., 2024). Kas protein sentezinin akut uyarımı bağlamında yapılan whey ve bezelye proteini karşılaştırmaları, optimal dozlarda uygulandığında her iki protein kaynağının da benzer anabolik etkinlik sergilediğini göstermektedir. Pinckaers ve arkadaşlarının (Pinckaers vd., 2024) kontrollü çalışmasında, 30 gram bezelye proteini ile 30 gram süt proteininin (sütten elde edilen konsantre protein) 5 saatlik postprandiyal dönemde oluşturduğu kas protein sentez yanıtları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Direnç egzersizini takiben miyofibriller protein sentez yanıtları değerlendirildiğinde, uygun dozlarda uygulanan bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarının benzer anabolik etkinlik sergilediği gözlemlenmektedir. van der Heijden ve meslektaşlarının (Van der Heijden vd., 2024) gerçekleştirdiği çalışmada, 32 gram bitkisel protein karışımı (ağırlıklı olarak bezelye proteini içeren) ile 32 gram whey proteininin egzersiz sonrası 4 saatlik dönemde oluşturduğu miyofibriller protein sentez hızları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. McKendry ve arkadaşları (McKendry vd., 2024) tarafından yaşlı erkek popülasyonunda gerçekleştirilen klinik çalışmada, günlük 2×25 gram protein suplementasyonunun entegre miyofibriller protein sentez oranları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre whey proteini grubunda entegre KPS'de 23 ± 8 , bezelye proteini grubunda ise 21 ± 7 oranında artış

gözlemlenmiş olup, gruplar arası fark istatistiksel anlamlılık göstermemiştir ($p>0.05$). Bu sonuçlar, yaşlı bireylerde gözlemlenen anabolik direncin üstesinden gelmede her iki protein kaynağının da benzer etkinlik profili sergilediğine işaret etmektedir.

Uzun dönem direnç antrenmanı çalışmaları, whey ve bezelye proteininin kas kütlesi ile kuvvet adaptasyonları açısından benzer etkinlik profili sergilediğini ortaya koymaktadır. Teixeira ve arkadaşlarının (Teixeira vd., 2022) profesyonel futsal oyuncularını üzerinde gerçekleştirdiği 8 haftalık randomize kontrollü çalışma, bu konudaki en kapsamlı karşılaştırmalı verileri sunmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, whey proteini grubunda yağsız kütlede 1.8 ± 0.9 kg artış gözlemlenirken, bitkisel protein grubunda bu artış 1.6 ± 0.8 kg olarak kaydedilmiş ve gruplar arası fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunamamıştır ($p=0.67$). Kuvvet parametrelerinde 1RM bench press ve squat değerlerinde her iki grupta da benzer iyileşmeler tespit edilirken, güç parametreleri (counter-movement jump ve Wingate pik güç) ile aerobik dayanıklılık (VO_{2max}) ölçümlerinde de gruplar arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Bu bulgular, optimal dozlarda uygulanan bitkisel protein kaynaklarının atletik performans adaptasyonları üzerinde whey proteini ile karşılaştırılabilir etkinlik sergileyebileceğine işaret etmektedir.

Singh ve meslektaşlarının (Singh vd., 2024) sedanter yetişkin popülasyonunda gerçekleştirdiği 12 haftalık randomize kontrollü çalışmada, bezelye proteininin kas kütlesi ve kuvvet parametreleri üzerindeki etkilerinin whey proteini ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma verilerine göre kas kütlesi artışı whey protein grubunda 2.3 kg, bezelye proteini grubunda ise 2.1 kg olarak ölçülmüş olup gruplar arası fark istatistiksel anlamlılık göstermemiştir ($p>0.05$). Her iki protein grubunda da kuvvet parametrelerinde plasebo grubuna kıyasla anlamlı iyileşmeler kaydedilirken, gastrointestinal tolerans açısından bezelye proteininin whey proteinine göre daha olumlu bir yan etki profili sergilediği gözlemlenmiştir.

Nieman ve meslektaşlarının (Nieman vd., 2020) gerçekleştirdiği kapsamlı çalışmada, 90 dakikalık eksantrik bacak egzersizini takip eden 5 günlük toparlanma periyodunda whey ve bezelye proteininin hem biyokimyasal hem de fonksiyonel iyileşme parametreleri üzerindeki etkileri sistematik olarak değerlendirilmiştir. Biyokimyasal bulgulara göre, kas hasarının temel göstergeleri olan kreatin kinaz (CK) ve miyoglobin seviyelerinde her iki protein grubunda da plaseboya kıyasla anlamlı iyileşme gözlemlenmiştir. CK seviyeleri egzersiz sonrası 1. günde whey grubunda 387 ± 156 U/L, bezelye grubunda 445 ± 178 U/L iken plasebo grubunda 523 ± 201 U/L olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde miyoglobin seviyeleri de 1. günde whey grubunda 89 ± 34 ng/mL, bezelye grubunda 102 ± 41 ng/mL ve plasebo grubunda 125 ± 48 ng/mL değerleriyle kaydedilmiştir. Beş günlük izlem boyunca whey ve bezelye protein grupları arasında kas hasarı belirteçleri açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Fonksiyonel toparlanma parametrelerinde ise gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı

(DOMS) skorlarında whey grubunda 1. gün 6.8 ± 1.2 'den 5. gün 2.1 ± 0.8 'e, bezelye grubunda 7.2 ± 1.4 'ten 2.8 ± 1.1 'e düşüş gözlemlenirken, plasebo grubunda bu iyileşme 8.1 ± 1.6 'dan 4.2 ± 1.3 'e şeklinde daha sınırlı kalmıştır. Maksimal gücün geri kazanım oranları ise 3. günde whey grubunda %85, bezelye grubunda %80 ve plasebo grubunda %70 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, her iki protein takviyesinin de plaseboya kıyasla hem biyokimyasal hem de fonksiyonel toparlanmayı anlamlı derecede iyileştirdiğini, whey ve bezelye proteini arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir üstünlük farkı bulunmadığını ortaya koymaktadır.

Spoelder ve meslektaşlarının (Spoelder vd., 2023) yaşlı yetişkin popülasyonunda gerçekleştirdiği klinik çalışmada, 30 kilometrelik yürüyüş protokolünü takip eden toparlanma sürecinde whey ve bezelye proteininin etkinlik profilleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre whey proteini grubunda kreatin kinaz seviyelerinin normalizasyon hızında %40'lık bir üstünlük gözlemlenirken, bezelye proteini grubunda daha sınırlı düzeyde bir toparlanma etkisi kaydedilmiştir. Özellikle ileri yaş grubunda whey proteininin biyoyararlanım avantajının daha belirgin şekilde ortaya çıktığı ve yaşlanmayla ilişkili anabolik direnç durumunda whey proteininin toparlanma süreçleri üzerinde daha etkili olabildiği tespit edilmiştir.

Saracino ve meslektaşlarının (Saracino vd., 2020) gerçekleştirdiği klinik araştırmada, sabah uygulanan hasarlayıcı egzersiz protokolünü takiben uyku öncesi alınan protein takviyelerinin gece boyunca süren toparlanma süreçleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma bulgularına göre, uyku öncesi whey proteini alan grupta ertesi sabah ölçülen kas fonksiyon parametrelerinde %12'lik anlamlı bir performans üstünlüğü gözlemlenirken, bitkisel protein grubunda daha sınırlı düzeyde bir iyileşme kaydedilmiştir. Gece boyunca yapılan metabolik ölçümler, whey proteininin daha uzun süreli ve sürdürülebilir bir amino asit salım profili sağladığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, özellikle uyku öncesi dönemde whey proteininin gece boyunca devam eden anabolik süreçlerde bitkisel proteinlere kıyasla daha etkili bir strateji olabileceğine işaret etmektedir.

Loureiro ve meslektaşlarının (Loureiro vd., 2023) futbolcu popülasyonunda gerçekleştirdiği randomize çapraz çalışmada, whey ve bezelye proteininin metabolik parametreler üzerindeki etkileri sistematik olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre glikoz homeostazı üzerinde her iki protein kaynağının da benzer düzenleyici etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Lipid profili analizlerinde ise bezelye proteininin whey proteinine kıyasla hafif fakat istatistiksel açıdan anlamlı bir LDL kolesterol düşüşü sağladığı gözlemlenmiştir. İnflamatuar belirteçlerde her iki grupta da eşdeğer anti-inflamatuar etkiler kaydedilirken, oksidatif stres parametrelerinde benzer düzeyde antioksidan kapasite artışı tespit edilmiştir. Bu bulgular, bezelye proteininin whey proteinine kıyasla kardiyometabolik sağlık parametreleri üzerinde en az eşdeğer, bazı parametrelerde ise hafif üstün etkiler sergileyebileceğine işaret etmektedir.

Amaç ve İkincil Amaçlar

Direnç egzersizi ile uygulanan farklı protein takviyelerinin fiziksel uygunluk parametreleri ve kalp hızı değişkenliği üzerindeki etkileri yeterince bilinmemektedir. Bu nedenle, farklı protein kaynaklarının egzersizle etkileşimi sonucu ortaya çıkan fizyolojik adaptasyonların belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, direnç egzersizi ile alınan farklı protein takviyelerinin (örneğin bezelye proteini ve whey proteini) vücut kompozisyonu, izometrik kas kuvveti, kas dayanıklılığı, esneklik, kardiyorespiratuar uygunluk gibi çeşitli fiziksel uygunluk parametreleri ve kalp hızı değişkenliği üzerindeki etkilerini incelemektir.

İkincil Amaçlar

Bitkisel (bezelye) ve hayvansal (whey) protein kaynaklarının direnç egzersizine bağlı fizyolojik adaptasyonlarda farklılık oluşturup oluşturmadığını ortaya koymaktır. Direnç egzersiziyle birlikte kullanılabilir, ekonomik ve sürdürülebilir protein takviyesi alternatiflerinin etkinliğini bilimsel olarak değerlendirmektir.

Günümüzde sağlıklı yaşamın sürdürülebilmesi, fiziksel performansın iyileştirilmesi ve egzersize bağlı adaptasyonların optimize edilebilmesi amacıyla direnç egzersizleri geniş ölçüde uygulanmaktadır. Bu süreçte protein takviyeleri, kas gelişimi, toparlanma süresi ve performans artışı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak farklı kaynaklardan elde edilen proteinlerin, özellikle bitkisel (bezelye) ve hayvansal (whey) proteinlerin, fizyolojik etkileri ve egzersiz sonrası adaptasyon süreçlerine etkileri konusunda literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu araştırma, direnç egzersiziyle birlikte kullanılan farklı protein takviyelerinin vücut kompozisyonu, kas kuvveti, dayanıklılık, esneklik, kardiyorespiratuar uygunluk ve kalp hızı değişkenliği üzerindeki etkilerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmesi açısından önem taşımaktadır. Elde edilen bulgular, spor bilimleri literatürüne katkı sağlayarak antrenörler ve bireyler için kanıta dayalı beslenme ve antrenman protokollerinin geliştirilmesine yönelik bilimsel bir altyapı oluşturacağı öngörülmektedir.

Ayrıca bu araştırma, bitkisel protein kaynaklarının hayvansal proteinlere alternatif olarak etkinliğinin ortaya konmasına katkıda bulunarak, sürdürülebilir beslenme anlayışı ve ekonomik takviye seçeneklerinin geliştirilmesi açısından da literatüre değerli bilgiler sunacaktır.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1. Araştırma Grubu

Bu çalışmanın örneklemini, Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde öğrenim gören, 18-25 yaş aralığındaki 23 kadın gönüllüden oluşmaktadır.

Örneklem seçiminde uygulanan dahil etme kriterleri şunlardır: son üç ay içerisinde 1500 metre ve üzeri yükseklikte konaklama veya antrenman yapmamış olmak, tütün kullanmamak, kronik hastalık bulunmamak, düzenli ilaç kullanmamak, son altı ayda kas-iskelet sistemi yaralanması geçirmemiş olmak ve haftada en az 150 dakika orta şiddette (3-6 MET) düzenli fiziksel aktivite yapıyor olmak. Çalışmanın iç geçerliliğini artırmak amacıyla, katılımcılardan araştırma süresince çalışma protokolü dışında ergojenik destek kullanmamaları, merkezi sinir sistemi veya endokrin sistemi etkileyebilecek ilaçlar almamaları ve protokol dışı egzersiz programlarına katılmamaları konularında bilgilendirilmişlerdir. Katılımcılar randomize, çift kör bir şekilde üç farklı gruba whey protein grubu (n=8), bezelye protein grubu (n=8) ve plasebo grubu (n=7) olarak üç farklı gruba ayrılmıştır. Uygun örneklem boyutunu belirleme sürecinde, G-Power 3.1.9.7. yazılımı kullanılarak üç grup için ANOVA: fixed effects, omnibus, one way analizi ile elde edilen sonuç dikkate alınmıştır (Kang, 2021).

Çalışmanın etik kurul onayı, Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurulu'ndan alınmıştır. Potansiyel çıkar çatışması risklerini minimize etmek amacıyla katılımcı seçimi, araştırmacı öğretim elemanlarından herhangi bir ders almamış gönüllüler arasından yapılmıştır. Uygulama öncesi süreçte, tüm katılımcılara çalışmanın amacı, yöntemi, olası riskleri ve katılım haklarına ilişkin kapsamlı bilgilendirme yapılarak, yazılı onamları alınmıştır. Bilgilendirilmiş gönüllü olur formunda, katılımcıların araştırmanın herhangi bir aşamasında herhangi bir gerekçe göstermeksizin çalışmadan çekilebileceği ve bu durumun akademik değerlendirmeleri üzerinde olumsuz bir etki oluşturmayacağı açık şekilde belirtilmiştir. Veri toplama sürecinde katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuş, veriler anonimleştirilerek depolanmış ve tüm veri işleme süreçlerinde etik kurallara riayet edilmiştir.

2.2. Araştırma Deseni

Bu çalışmada deneysel araştırma modeli kullanılmıştır. Deneysel modeller, grupların seçim ve atama yöntemlerine göre tam (gerçek) deneysel ve yarı deneysel olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır (Aydoğdu vd., 2017). Bu çalışmada üç farklı grubun yer alması, katılımcıların bu gruplara rastgele olarak atanması ve her bir gruba yönelik müdahale sürecinin farklı aşamalarını değerlendirmek

amacıyla ön test, ara test ve son test ölçümlerinin uygulanması nedeniyle, araştırma deseni tam deneysel modeller kapsamında değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu çalışma, ön test–son test kontrol gruplu deneysel modelin genişletilmiş bir formu olarak tasarlanmıştır. Bu modelin tercih edilmesinin temel nedeni, uygulanan müdahalenin (direnç antrenmanına ek olarak alınan farklı protein takviyelerinin) zamana bağlı etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemeye olanak sağlamasıdır. Böylece her bir grubun başlangıç düzeyleri kontrol altına alınarak, gözlenen farklılıkların yalnızca yapılan uygulamalardan kaynaklanıp kaynaklanmadığı istatistiksel olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca bu model, nedensel çıkarımların güçlendirilmesi, deneysel sürecin yüksek düzeyde kontrol altında tutulması ve uygulanan müdahalenin etki büyüklüğünün güvenilir bir biçimde belirlenmesi açısından spor bilimleri alanındaki deneysel çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir.

Katılımcılar, araştırma sürecinin tüm aşamaları hakkında ayrıntılı olarak bilgilendirilmiştir. Çalışmanın birinci gününde, öncelikle katılımcıların boy ve vücut kompozisyonu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ardından, dinlenik kalp atım hızı ve kalp hızı değişkenliği (KHD) verileri kaydedilmiştir. Bu ölçümleri takiben, kas kuvveti ve kas dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla izokinetik test sistemi kullanılmış; aerobik dayanıklılık ölçümleri ve esneklik ölçümleri de aynı oturum içerisinde tamamlanmıştır. Tüm değerlendirmeler, Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Performans Laboratuvarı'nda, standart laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Ön test aşamasının tamamlanmasının ardından, katılımcılar üç ayrı gruba ayrılmıştır: whey protein grubu, bezelye protein grubu ve plasebo grubu. Gruplandırma işlemi, randomize olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma başlangıç planı

2.3. Veri Toplama Araçları

2.3.1. Demografik Bilgiler Formu

Demografik bilgiler formu içerisinde; doğum yılı, mevcut ilaç kullanım durumu, yiyecek alerji durumuna ve beslenme programı hazırlamaya ilişkin soruları içeren, mevcut araştırmacı tarafından tasarlanmış bir formdur. Forma dair örnek EK- 2' de sunulmuştur.

2.3.2. Vücut Kompozisyonunun Belirlenmesi

Katılımcıların boy uzunlukları, Holtain Ltd. (İngiltere) marka bir stadiometre kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm sırasında katılımcılar çıplak ayakta, dik durarak, topukları bitişik ve kolları yanlarda serbest olacak şekilde konumlandırılmıştır. Başları, Frankfort düzlemi referans alınarak yatay pozisyona getirilmiştir. Katılımcıların derin bir nefes almalarını ve ölçüm süresince nefeslerini tutmaları istenmiş; başın en yüksek noktası 1 mm hassasiyetle santimetre cinsinden kaydedilmiştir. Vücut kompozisyonu ölçümü ise Tanita FAST (TANITA, Japonya) medikal tartı kullanılarak ölçülmüştür. Katılımcılardan biyoempedans analizi ölçüm protokolü öncesinde, ölçüm doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla tüm metal aksesuarların (takı, saat, gözlük vb.) çıkarılması standardize edilmiş bir prosedür olarak talep edilmiştir. Katılımcıların yaş, boy, cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyi gibi bilgileri cihaza girdikten sonra, topuklar ve ayak parmakları, cihaz üzerindeki elektrotlara tam temas edecek şekilde yerleştirilmesi ve el elektrotlarının tutulması sağlanarak cihazdan ölçüm alınmıştır. Katılımcılar, ölçümden en az 4 saat öncesinde yemeyi ve içmeyi bırakmaları, en az 12 saat öncesinde alkol ve diüretik ürünler almayı ve yüksek yoğunluklu fiziksel aktiviteleri bırakmaları hakkında bilgi verilmiştir (Kyle vd., 2004).

2.3.3. Dinlenik Kalp Atım Hızı ve Kalp Hızı Değişkenliği

Katılımcıların kalp atım hızı (KAH) ölçümleri için Polar H10 model göğüs bandı (Polar Electro Oy, Finlandiya) kullanılmıştır. Ölçüm protokolü kapsamında, katılımcılardan ön test, ara test ve son test ölçümleri öncesinde kafeinli ürünler tüketmemeleri ve sigara kullanmamaları istenmiştir. Bu cihaz ile yapılan ölçümler dış uyaranların minimize edildiği, sessiz ve ışık kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmiştir.

Katılımcılar, 10 dakika boyunca sırtüstü yatar pozisyonda istirahat ettirilmiş ve bu sürenin son 5 dakikasına ait KAH verileri analiz için kaydedilmiştir. Aynı protokol egzersiz ara ve son ölçümlerde de tekrarlanmıştır. Elde edilen ham kalp atım hızı verileri, Kubios HRV Standard yazılımına (sürüm 3.4.2, Kuopio Üniversitesi, Finlandiya) aktarılmıştır. Bu sayede KHD'ye ait RR, HR gibi zaman ve frekans parametreleri, SDNN, RMSSD, NN50, pNN50, TiNN gibi zaman-alan parametreleri, LF, HF, TP, LF/HF gibi frekans-alan parametreleri ve SD1, SD2, SD2/SD1, ApEn, SampEn gibi diğer doğrusal olmayan parametreler ölçülmüştür (Weippert vd., 2010).

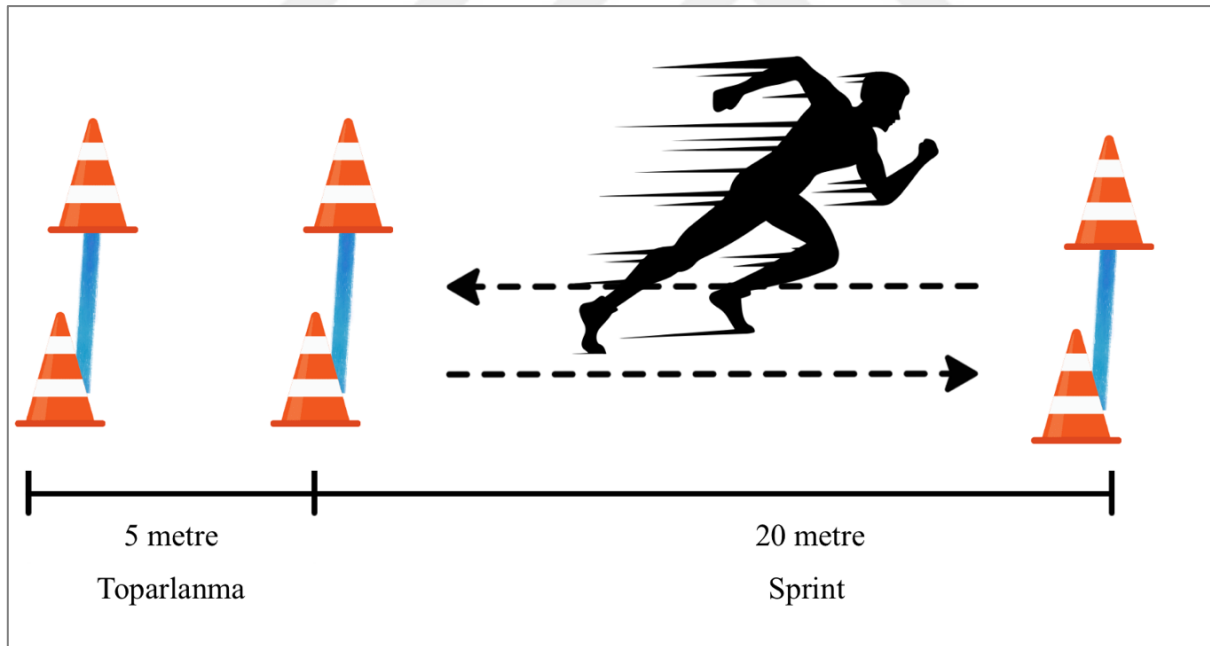
2.3.4. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi-1 (Yo-Yo IR1)

Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi Seviye 1 (Yo-Yo IR1), maksimal aerobik kapasitenin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş ve Krustup ve meslektaşları (Krustup vd., 2003) tarafından bilimsel geçerlilik ve güvenilirliği kanıtlanmış standardize bir performans ölçüm protokolüdür.

Bu test, kayıttan gelen sesli sinyallerle yönlendirilen progresif hız artışlı koşulardan oluşmaktadır. Test düzeneği, 2 x 20 metrelik koşu alanı ve 10 saniyelik aktif toparlanma sağlayan 2 x 5 metrelik jog / yürüme alanından oluşmaktadır. Katılımcılar ardışık 2 sinyali yakalayamadığında test sonlandırılmış, son seviyesi kaydedilmiş ve bu seviye üzerinden kat edilen mesafe ile maksimum oksijen kapasitesi hesaplanmıştır (Castagna vd., 2006; Krustup vd., 2003).

Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi Seviye 1 testi performansına dayalı maksimal oksijen tüketim kapasitesi (VO_{2maks}) aşağıdaki formül (Bangsbo vd., 2006) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$VO_{2maks} (mL \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}) = Koşu \text{ Mesafesi (m)} \times 0,0084 + 36,4$$



Şekil 2.2. Yo-yo aralıklı toparlanma testi

2.3.5. Otur-Uzan Testi

Katılımcıların hamstring kas esnekliğini değerlendirmek için alt taban uzunluğu 35 cm, genişlik 45 cm, yükseklik 32 cm; üst ölçüm yüzeyi ise 55 cm uzunluk ve 45 cm genişliğe sahip standart bir

Baseline marka otur-uzan sehpa kullanılmıştır. Ölçüm yüzeyinde, ayak dayama bölgesinden 15 cm dışarı taşacak şekilde tasarlanmış ve üzerinde 0-50 cm aralığında standardize bir ölçüm cetveli bulunmaktadır.

Testten önce, protokol katılımcılara ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Test protokolüne göre katılımcılardan, diz ekstansiyon pozisyonunda, bacaklar birleşik ve ayak tabanları sehpanın dikey yüzeyine tam temas edecek şekilde oturmaları istenmiştir. Dominant el diğer elin üzerine avuç içi aşağı bakacak şekilde konumlandırılarak, katılımcıların kollarını ölçüm cetveli boyunca yavaş ve kontrollü bir şekilde ileri doğru kaydırmaları ve ulaşabildikleri maksimum mesafede pozisyonu 2 saniye süreyle korumaları talimatı verilmiştir. Toplam üç deneme yapılmış ve denemeler arasında 30 saniyelik dinlenme süresi verilmiştir. Ortalama değer santimetre cinsinden kayıt altına alınmıştır (Mackenzie, 2005).

2.3.6. İzokinetik Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Kas kuvveti ve dayanıklılığının incelenmesi için izokinetik test sistemi kullanılmıştır (TUR-ISOFORCE, multi joint testing and rehabilitation system, Germany). Katılımcılar ilk olarak cihazın con/con modunda ekstansiyon ve fleksiyon yönlerinde submaksimal kasılmalar (her biri 4 -5 saniye süren, 5 tekrar) ile ısınma yapmıştır. Ardından her katılımcının oturur pozisyonda diz ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerinin 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlarda, 10 tekrar maksimal con/con kuvvet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kas kuvvetinin değerlendirmesinde sağ ve sol, ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri için zirve tork (ZT, N.m), relatif zirve tork (RZT, N.m/Kg), ortalama tork (OT, N.m) ve toplam iş (Tİ, J) değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 2.3. TUR-ISOFORCE, çok eklemlili test ve rehabilitasyon sistemi

2.3.7. Algılanan Zorluk Derecesinin Belirlenmesi

Katılımcıların egzersiz yoğunluğuna ilişkin subjektif değerlendirmelerini ölçmek amacıyla, her izokinetik antrenman protokolünün tamamlanmasını takiben 6-20 puan aralığına sahip Borg Algılanan Zorluk Skalası (Ratings of Perceived Exertion) kullanılarak veriler toplanmıştır. Protokol gereği, antrenmanı tamamlayan katılımcılardan, egzersiz süresince deneyimledikleri genel fizyolojik zorlanma derecesini sözlü olarak belirtmeleri istenmiştir. Katılımcıların algılanan yorgunluk ölçümleri egzersiz sonrası (5 dakika sonra) yapılmıştır. Bu yöntem, fizyolojik yük ile subjektif algı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracı olarak literatürde yaygın şekilde kabul görmektedir (Borg, 1982).

ZORLANMA DERECEŚİ	
6	
7	ÇOK ÇOK HAFİF
8	
9	ÇOK HAFİF
10	
11	OLDUKÇA HAFİF
12	
13	BİRAZ ZOR
14	
15	ZOR
16	
17	ÇOK ZOR
18	
19	ÇOK ÇOK ZOR
20	

Şekil 2.4. Borg skalası

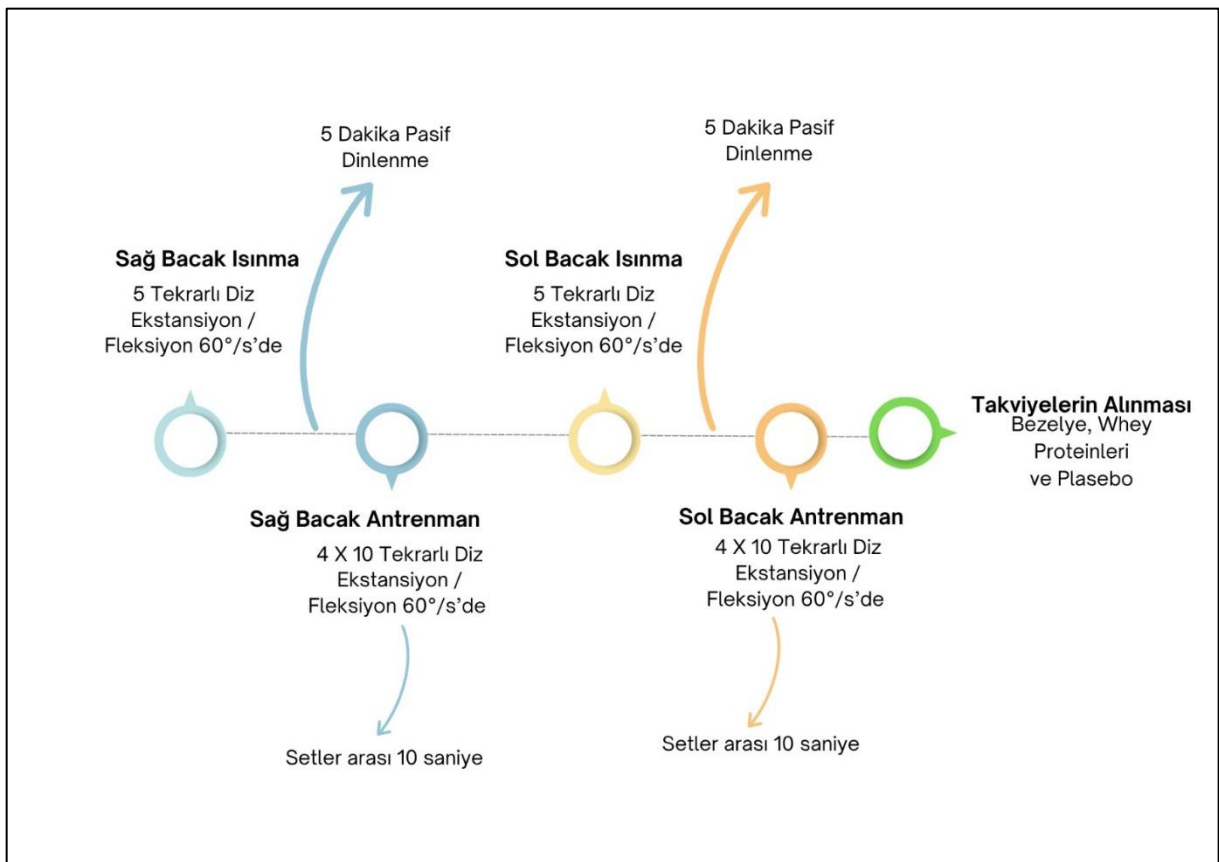
2.4. Direnç Antrenman Programının Uygulanması

İzokinetik kuvvet antrenmanları, izokinetik test sistemi (TUR-ISOFORCE, multi joint testing and rehabilitation system, Almanya) ile gerçekleştirilmiştir.

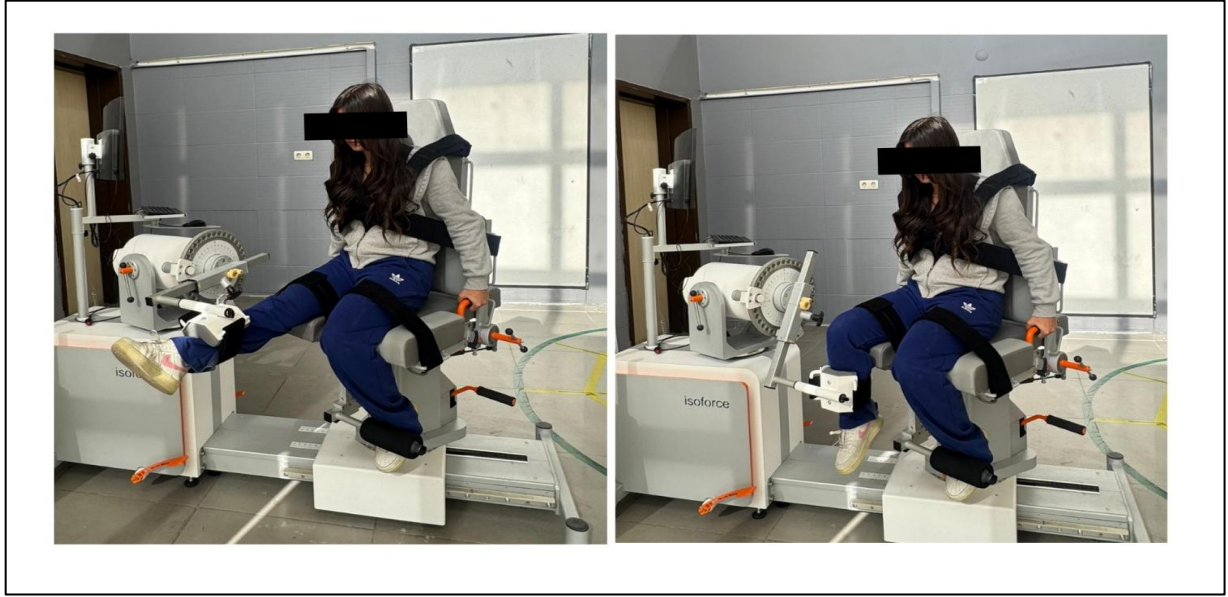
Tüm antrenman seansları, ölçümlerdeki ile aynı standardize edilmiş 10 tekrardan oluşan ısınma protokolü ile başlatılmıştır. Isınma sonrasında katılımcılara 5 dakikalık pasif dinlenme süresi verilmiş ve ardından her iki diz için fleksiyon-ekstansiyon egzersizleri uygulanmıştır.

Antrenman protokolü, her iki diz eklemi için 10 tekrardan oluşan 4 set şeklinde dizayn edilmiştir. Setler arasında 10 saniyelik dinlenme aralıkları uygulanmış olup, tüm hareketler 60°/saniye açısal hızda gerçekleştirilmiştir. Antrenman programı 6 hafta boyunca haftada 3 gün olarak sürdürülmüştür.

Her antrenman seansı sonunda, katılımcıların algılanan egzersiz şiddetini değerlendirmek amacıyla 6-20 aralığındaki Borg Algılanan Zorluk Skalası (AZD) kullanılmıştır. Ölçümler, egzersizin hemen sonlanmasını takiben katılımcıların subjektif zorluk derecelerini sözlü olarak ifade etmeleri şeklinde yapılmıştır. Tüm antrenman seansları, deneyimli bir antrenör gözetiminde ve standardize edilmiş laboratuvar koşullarında yürütülmüştür.



Şekil 2.5. İzokinetik kuvvet antrenmanı çalışma planı



Şekil 2.6. TUR-ISOFORCE, antrenman çalışması

2.5. Protein Takviyesi Uygulama Protokolü

Çalışmada besin takviyelerinin etkinliğini değerlendirmek üzere çift-kör randomize kontrollü çalışma deseni uygulanmıştır. Tüm deney gruplarına verilen takviyelerin organoleptik özelliklerini standardize etmek ve katılımcıların hangi spesifik takviyeyi tükettiklerini ayırt etmelerini engellemek amacıyla ürünlere kakao ilave edilerek etkin körleme sağlanmıştır. Katılımcıların beslenme programları, bireysel enerji gereksinimlerine göre hesaplanmış olup makrobesin dağılımı karbonhidratlardan %50-55, proteinden %12-15 ve yağlardan %25-30 olacak şekilde standardize edilmiştir.

Diyetlere ek olarak, antrenman günlerinde gruplara vücut ağırlığının kilogramı başına 0.5 gram olacak şekilde farklı takviyeler uygulanmıştır: Bezelye Proteini Grubu'na (BP) bezelye proteini, Whey Proteini Grubu'na (WP) whey proteini ve Plasebo Grubu'na (PG) maltodekstrin verilmiştir. Kullanılan tüm takviye edici gıdalar (Whey Proteini: TR-34-K-158599 numaralı Hardline Marka, Bezelye Proteini: TR-34-K-216412 numaralı Hardline Marka, Maltodekstrin: TR-34-K-214471 numaralı Hardline Marka) Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı'nın "Onaylı Takviye Edici Gıdalar Listesi"nde kayıtlı olup mevzuata uygunluk sağlanmıştır. Takviyeler, antrenman sonrası ilk 30 dakikalık anabolik pencere döneminde, 200 ml su içerisinde karıştırılarak tüketilecek şekilde standardize edilmiş ve uygulama zamanı ile dozajı tüm gruplarda aynı protokole bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir.

2.6. Verilerin Analizi

Verilerin analizleri IBM SPSS (version 24) ile yapılmıştır. Normallik dağılımı Shapiro-wilk ile kontrol edildi. Plasebo, Whey Proteini ve Bezelye Proteini takviyeleri uygulanan gruplarda, suplementasyon ve antrenmana bağlı değişimlerin değerlendirilmesi amacıyla İki Yönlü Tekrarlı Ölçümler Varyans Analizi (Two-Way Repeated Measures) yapıldı. Grup ve zaman parametrelerinin arasındaki farkların varyanslarının eşitliği Machuly'nin küresellik varsayımı testi ile değerlendirildi. Küresellik testinde istatistiksel anlamlılık tespit edilmiş ise epsilon değeri 0,75'ten küçük ise Greenhouse-geiser, epsilon değeri 0,75'te büyük ise Huynh-Feldt düzeltmesi uygulanarak istatistiksel anlamlılık seviyeleri düzeltilmiştir. Tekrarlı ölçümler analizi için etki düzeyinin sınıflaması için kısmi eta kare (η^2p) değeri kullanılmış ve küçük ($\eta^2 \geq 0.01$), orta ($\eta^2 \geq 0.06$), ve büyük ($\eta^2 \geq 0.14$) etki olarak sınıflandırılmıştır. Grup veya zaman arasında istatistiksel farklılıklar tespit edildiğinde bu farkların hangi grup ya da zaman noktasında ortaya çıktığını anlamak için Bonferroni post-hoc testi yapılmıştır. Bonferroni post-hoc analizinde etki düzeyleri Cohoen's D sınıflaması ile $d < 0,2$ etkisiz, 0,2–0,4 küçük, 0,5–0,7 orta ve > 0.8 büyük etki olarak değerlendirilmiştir. Alfa değeri istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Vücut Kompozisyon Değerleri ve Ortalama Karşılaştırmaları

Katılımcıların vücut kompozisyonu analizinden bulgularına ait parametrelerin parametrelerin ön, ara ve son testlerin ortalama, standart sapma ve ait tekrarlı ölçümler ANOVA çıktıları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Katılımcıların vücut kompozisyonu ortalamaları, standart sapmaları ve tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları

Değişken	Grup	Ön Test	Ara Test	Son Test	ANOVA: [F] p (η^2)		
					Zaman	Grup	Etkileşim
Vücut Ağırlığı (kg)	PG	55,64 ± 9,45	54,20 ± 10,65	54,75 ± 10,83	[1,242] 0,300 (0,058)	[1,244] 0,310 (0,111)	[0,764] 0,555 (0,071)
	WG	67,73 ± 20,98	67,51 ± 21,16	67,04 ± 21,12			
	BG	59,92 ± 12,55	59,74 ± 12,99	60,11 ± 12,42			
BKI (kg/m ²)	PG	20,24 ± 3,47	20,23 ± 3,36	20,47 ± 3,45	[1,311] 0,275 (0,062)	[1,052] 0,368 (0,095)	[3,500] 0,032* (0,259)
	WG	24,33 ± 7,38	24,20 ± 7,40	24,10 ± 7,48			
	BG	22,15 ± 3,48	22,04 ± 3,55	21,88 ± 3,65			
Vücut Yağ Oranı (%)	PG	22,27 ± 4,75	21,23 ± 5,34	21,31 ± 5,42	[0,264] 0,724 (0,013)	[0,271] 0,766 (0,026)	[1,010] 0,406 (0,092)
	WG	24,76 ± 11,24	24,84 ± 10,61	24,34 ± 11,28			
	BG	22,08 ± 7,93	22,36 ± 7,88	22,70 ± 7,47			
Vücut Yağ Kütlesi (kg)	PG	12,44 ± 4,91	11,90 ± 5,17	12,08 ± 5,34	[0,412] 0,622 (0,020)	[0,814] 0,457 (0,075)	[0,645] 0,603 (0,061)
	WG	18,79 ± 14,44	18,53 ± 14,08	18,32 ± 14,73			
	BG	13,99 ± 7,51	14,17 ± 7,70	14,28 ± 7,60			
Yağsız Vücut Kütlesi (kg)	PG	41,77 ± 6,23	42,30 ± 6,01	42,67 ± 5,90	[0,073] 0,929 (0,004)	[1,900] 0,176 (0,160)	[1,780] 0,152 (0,151)
	WG	48,94 ± 7,18	48,74 ± 8,14	48,96 ± 7,35			
	BG	45,69 ± 5,98	45,58 ± 6,02	45,03 ± 6,20			
Kas Kütlesi (kg)	PG	39,59 ± 6,00	40,06 ± 5,75	40,44 ± 5,70	[0,055] 0,944 (0,003)	[1,863] 0,181 (0,157)	[1,361] 0,032* (0,227)
	WG	46,46 ± 6,84	46,28 ± 7,75	46,26 ± 7,16			
	BG	43,58 ± 5,66	43,23 ± 5,72	42,74 ± 5,88			
Sağ Bacak Yağ Oranı (%)	PG	29,21 ± 4,62	29,49 ± 4,16	29,87 ± 3,65	[3,314] 0,047* (0,142)	[0,394] 0,680 (0,038)	[0,810] 0,526 (0,075)
	WG	32,43 ± 8,40	32,01 ± 8,35	32,81 ± 8,74			
	BG	29,84 ± 6,20	30,71 ± 5,60	31,21 ± 5,35			
Sol Bacak Yağ Oranı (%)	PG	28,46 ± 3,99	28,80 ± 3,89	29,40 ± 3,65	[7,222] 0,002** (0,265)	[0,667] 0,524 (0,063)	[0,693] 0,601 (0,065)
	WG	32,24 ± 8	32,06 ± 7,94	33,23 ± 8,30			
	BG	29,16 ± 6,62	30,15 ± 5,97	30,65 ± 5,56			

p < 0,05* p < 0,005**

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *vücut ağırlığı* değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır (F = 1,242; p = 0,300; η^2 = 0,058). Aynı zamanda grup ana etkisi (F = 1,244; p = 0,310; η^2 = 0,111) ve zaman × grup etkileşimi (F = 0,764; p = 0,555; η^2 = 0,071) açısından da istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *BKI*, değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 1,311$; $p = 0,275$; $\eta^2 = 0,062$). Aynı zamanda grup ana etkisi ($F = 1,052$; $p = 0,368$; $\eta^2 = 0,095$) açısından da istatistiksel açıdan anlamlı bir farkla ilişkin anlamlı bir kanıt sunmamıştır. Buna karşın, zaman x grup etkileşimi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 1,311$; $p = 0,032$, $\eta^2 = 0,259$). Bonferroni post-hoc etkileşime bağlı koşullu karşılaştırma analiz sonuçları BKI için incelendiğinde zaman x grup etkileşimindeki istatistiksel yönden farklılığın BP'den kaynaklı olduğu bulgulanmıştır. BP son test değeri ön testten (ortalama fark = 0,275; $p = 0,037$; Cohen's $d = 0,053$) istatistiksel açıdan anlamlı ve küçük etki düzeyinde daha düşük bulunmuştur. Ön test ve ara test (ortalama fark = 0,112; $p = 0,872$; Cohen's $d = 0,022$) ile ara test ve son test (ortalama fark = 0,162; $p = 0,389$; Cohen's $d = 0,031$) arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre *vücut yağ oranı (VYO)* değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır ($F = 0,264$; $p = 0,724$; $\eta^2 = 0,013$). Ayrıca grup ($F = 0,271$; $p = 0,766$; $\eta^2 = 0,026$) ve zaman x grup etkileşimi ($F = 1,010$; $p = 0,406$; $\eta^2 = 0,092$) açısından da istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre *vücut yağ kütlesi (VYK)* değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır ($F = 0,412$; $p = 0,622$; $\eta^2 = 0,020$). Ayrıca grup ($F = 0,814$; $p = 0,457$; $\eta^2 = 0,075$) ve zaman x grup etkileşimi ($F = 0,645$; $p = 0,603$; $\eta^2 = 0,061$) açısından da istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre *yağsız vücut kütlesi (YVK)* değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 0,073$; $p = 0,929$; $\eta^2 = 0,004$). Ayrıca grup ($F = 1,900$; $p = 0,176$; $\eta^2 = 0,160$) ve zaman x grup etkileşimi ($F = 1,780$; $p = 0,152$; $\eta^2 = 0,151$) açısından da istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonucuna göre *kas kütlesi değişkeninde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 0,055$; $p = 0,944$; $\eta^2 = 0,003$). Ayrıca grup ana etkisi de istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 1,863$; $p = 0,181$; $\eta^2 = 0,157$). Buna karşın, zaman x grup etkileşimi açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 1,361$; $p = 0,032$; $\eta^2 = 0,227$). Bonferroni post-hoc analizine bağlı koşullu karşılaştırma analiz sonuçları incelendiğinde, istatistiksel yönden anlamlı farkın belirli bir gruptan kaynaklandığına dair sınırlı bir bulgu gözlemlenmiştir. Bezelye grubunda son test değerinin ön testten daha düşük olduğu görülmüş ve bu fark anlamlılığa yakın düzeyde bulunmuştur (ortalama fark = 0,837; $p = 0,054$; Cohen's $d = 0,132$). Diğer gruplarda ise istatistiksel açıdan anlamlı farklar saptanmamıştır. Plasebo grubunda ön test–son test (ortalama fark = -0,849; $p = 0,074$; Cohen's $d = -0,134$), ön test–ara test (ortalama fark = -0,474; $p =$

0,697; Cohen's $d = -0,075$) ve ara test–son test (ortalama fark = $-0,374$; $p = 0,399$; Cohen's $d = -0,059$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Benzer şekilde, Whey grubunda da ön test–ara test (ortalama fark = $0,187$; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,030$), ön test–son test (ortalama fark = $0,206$; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,033$) ve ara test–son test (ortalama fark = $0,019$; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,003$) karşılaştırmalarında istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ bacak yağ oranı değişkeninde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve orta düzey etki büyüklüğünde bulunmuştur ($F = 3,314$; $p = 0,047$; $\eta^2 = 0,142$). Ayrıca grup ($F = 0,394$; $p = 0,680$; $\eta^2 = 0,038$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 0,810$; $p = 0,526$; $\eta^2 = 0,075$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön test değerlerinden (ortalama fark = $-0,807$; $p = 0,049$; Cohen's $d = -0,124$) istatistiksel açıdan anlamlı ve küçük etki düzeyinde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Buna karşın, ön test ve ara test (ortalama fark = $-0,245$; $p = 0,451$; Cohen's $d = -0,038$) ile ara test ve son test (ortalama fark = $-0,562$; $p = 0,176$; Cohen's $d = -0,087$) karşılaştırmalarında istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Bonferroni post-hoc analizleri grup faktörü açısından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında (ortalama fark = $-2,893$; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,447$), Plasebo ve Bezelye grupları arasında (ortalama fark = $-1,064$; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,164$) ve Whey ile Bezelye grupları arasında (ortalama fark = $1,829$; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,282$) istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol bacak yağ oranı değişkeninde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 7,222$; $p = 0,002$; $\eta^2 = 0,265$). Buna karşın, grup ($F = 0,667$; $p = 0,524$; $\eta^2 = 0,063$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 0,693$; $p = 0,601$; $\eta^2 = 0,065$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = $-1,139$; $p = 0,008$; Cohen's $d = -0,380$) ve ara testten (ortalama fark = $-0,754$; $p = 0,031$; Cohen's $d = -0,319$) istatistiksel açıdan anlamlı ve küçük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Buna karşılık, ön test ve ara test arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = $-0,385$; $p = 0,208$; Cohen's $d = -0,061$). Bonferroni post-hoc analizleri grup faktörü açısından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında (ortalama fark = $-3,623$; $p = 0,835$; Cohen's $d = -0,572$), Plasebo ve Bezelye grupları arasında (ortalama fark = $-1,102$; $p = 0,863$; Cohen's $d = -0,174$) ve Whey ile Bezelye grupları arasında (ortalama fark = $2,521$; $p = 0,863$; Cohen's $d = 0,398$) istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

3.2. 60°/s Açısal Hızda Diz İzokinetik Sistem Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları

Katılımcıların 60°/s açısal hızda diz izokinetik testinden elde edilen parametrelerin ön, ara ve son testlerin ortalama, standart sapma ve ait tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Katılımcıların 60°/s açısal hızda diz izokinetik testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları.

Değişken	Grup	ANOVA [F] p (η ²)					
		Ön Test	Ara Test	Son Test	Zaman	Grup	Etkileşim
Sağ Ekstansiyon OT (Nm)	PG	87,64 ± 23,50	85,47 ± 28,58	122,87 ± 36,73	[29,264] < .001**	[2,358] 0,120 (0,191)	[1,078] 0,380 (0,097)
	WG	105,71 ± 25,19	127,25 ± 22,48	144,66 ± 32,33			
	BG	96,48 ± 26,81	112,63 ± 28,71	137,26 ± 27,20	(0,594)		
Sağ Ekstansiyon ZT (Nm)	PG	106,81 ± 23,55	107,94 ± 38,50	140,03 ± 39,20	[21,310] < .001**	[2,164] 0,141 (0,178)	[0,420] 0,793 (0,040)
	WG	130,23 ± 25,63	146,83 ± 21,82	165,31 ± 36,85			
	BG	116,18 ± 34,13	130,23 ± 27,56	155,05 ± 29,86	(0,516)		
Sağ Ekstansiyon ZT/Kg (Nm)	PG	1,94 ± 0,47	1,81 ± 0,49	2,47 ± 0,38	[22,091] < .001**	[0,592] 0,563 (0,056)	[1,256] 0,307 (0,112)
	WG	2,01 ± 0,38	2,28 ± 0,44	2,51 ± 0,33			
	BG	2,01 ± 0,72	2,16 ± 0,38	2,64 ± 0,49	(0,525)		
Sağ Ekstansiyon Toplam İş (J)	PG	580,50 ± 212,69	563,50 ± 196,42	836,19 ± 262,85	[21,284] < .001**	[1,541] 0,239 (0,134)	[0,674] 0,614 (0,063)
	WG	654,11 ± 279,88	814,71 ± 116,50	990,94 ± 173,88			
	BG	630,30 ± 113,53	718,18 ± 255,11	897,95 ± 264,00	(0,516)		
Sağ Fleksiyon OT (Nm)	PG	50,16 ± 16,73	52,44 ± 23,04	73,07 ± 25,02	[12,795] < .001**	[3,985] 0,035* (0,285)	[0,562] 0,692 (0,053)
	WG	71,20 ± 19,42	82,65 ± 14,76	89,58 ± 18,25			
	BG	64,81 ± 14,62	68,81 ± 27,38	90,09 ± 19,09	(0,390)		
Sağ Fleksiyon ZT (Nm)	PG	58,21 ± 16,93	62,41 ± 27,37	80,87 ± 25,27	[10,942] < .001**	[4,200] 0,030* (0,296)	[0,540] 0,707 (0,051)
	WG	81,98 ± 19,82	93,64 ± 14,12	98,94 ± 18,96			
	BG	75,31 ± 14,69	80,94 ± 28,40	101,75 ± 23,26	(0,354)		
Sağ Fleksiyon ZT/Kg (Nm)	PG	1,03 ± 0,28	1,03 ± 0,34	1,42 ± 0,30	[11,569] < .001**	[2,808] 0,084 (0,219)	[0,984] 0,427 (0,090)
	WG	1,25 ± 0,28	1,48 ± 0,40	1,53 ± 0,34			
	BG	1,31 ± 0,37	1,37 ± 0,42	1,72 ± 0,30	(0,366)		
Sağ Fleksiyon Toplam İş (J)	PG	362,67 ± 201,48	353,97 ± 210,46	529,50 ± 274,91	[6,169] < .005**	[3,534] 0,048* (0,261)	[0,163] 0,956 (0,016)
	WG	587,83 ± 206,81	619,09 ± 175,14	710,09 ± 189,31			
	BG	478,51 ± 110,74	485,59 ± 335,76	656,49 ± 126,58	(0,236)		
Sol Ekstansiyon OT (Nm)	PG	79,56 ± 14,97	87,79 ± 22,44	119,76 ± 20,09	[28,041] < .001**	[0,612] 0,552 (0,058)	[0,855] 0,499 (0,079)
	WG	86,51 ± 25,68	108,01 ± 22,25	123,88 ± 24,76			
	BG	92,43 ± 33,89	96,35 ± 32,41	134,61 ± 38,06	(0,584)		
Sol Ekstansiyon ZT (Nm)	PG	103,03 ± 20,53	105,67 ± 24,65	138,71 ± 22,89	[24,169] < .001**	[0,679] 0,519 (0,064)	[0,780] 0,545 (0,072)
	WG	105,06 ± 23,34	125,56 ± 27,86	141,83 ± 27,53			
	BG	113,65 ± 39,55	121,94 ± 31,36	159,20 ± 46,57	(0,547)		
Sol Ekstansiyon ZT/Kg (Nm)	PG	1,84 ± 0,25	1,81 ± 0,36	2,49 ± 0,33	[25,447] < .001**	[1,233] 0,313 (0,110)	[1,159] 0,343 (0,104)
	WG	1,64 ± 0,43	1,94 ± 0,45	2,18 ± 0,36			
	BG	1,96 ± 0,75	2,03 ± 0,25	2,63 ± 0,58	(0,560)		
Sol Ekstansiyon Toplam İş (J)	PG	569,83 ± 151,19	588,30 ± 140,92	789,94 ± 137,96	[16,650] < .001**	[0,899] 0,423 (0,083)	[0,243] 0,912 (0,024)
	WG	669,21 ± 275,67	725,10 ± 174,55	934,14 ± 185,17			
	BG	658,23 ± 211,46	613,99 ± 256,82	857,10 ± 336,77	(0,454)		
Sol Fleksiyon OT (Nm)	PG	45,59 ± 6,97	48,70 ± 16,60	63,60 ± 12,84	[21,438] < .001**	[3,609] 0,046* (0,265)	[0,963] 0,438 (0,088)
	WG	62,26 ± 12,35	64,75 ± 10,56	76,56 ± 12,56			
	BG	61,69 ± 20,19	61,23 ± 18,58	86,91 ± 25,41	(0,517)		
Sol Fleksiyon ZT (Nm)	PG	55,97 ± 10,07	57,51 ± 16,56	72,90 ± 13,32	[25,739] < .001**	[3,278] 0,059 (0,247)	[1,273] 0,297 (0,113)
	WG	72,05 ± 13,93	77,23 ± 11,22	85,48 ± 11,93			
	BG	74,49 ± 21,24	74,40 ± 21,18	96,85 ± 27,42	(0,563)		
Sol Fleksiyon ZT/Kg (Nm)	PG	1,00 ± 0,07	0,96 ± 0,15	1,32 ± 0,21	[31,266] < .001**	[2,209] 0,136 (0,181)	[1,973] 0,117 (0,165)
	WG	1,13 ± 0,32	1,22 ± 0,36	1,34 ± 0,31			
	BG	1,27 ± 0,35	1,25 ± 0,29	1,62 ± 0,35	(0,610)		
Sol Fleksiyon Toplam İş (J)	PG	343,93 ± 129,63	337,93 ± 153,47	456,80 ± 139,80	[21,438] < .001**	[2,557] 0,103 (0,204)	[1,012] 0,413 (0,092)
	WG	537,33 ± 117,53	497,11 ± 126,34	643,70 ± 131,28			
	BG	499,21 ± 232,63	425,01 ± 256,51	668,43 ± 242,86	(0,517)		

p < 0,05* p < 0,005**

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon ortalama tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 29,264$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,594$). Buna karşın, grup ($F = 2,358$; $p = 0,120$; $\eta^2 = 0,191$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır ($F = 1,078$; $p = 0,380$; $\eta^2 = 0,097$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -38,32; $p < 0,001$; Cohen's d = -1,361) ve ara testten (ortalama fark = -26,48; $p < 0,001$; Cohen's d = -0,940) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ile ara test karşılaştırıldığında ise anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -11,84; $p = 0,167$; Cohen's d = -0,420). Bonferroni post-hoc analizleri grup faktörü bakımından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlenmesine rağmen fark istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır (ortalama fark = -27,21; $p = 0,129$; Cohen's d = -0,966). Plasebo ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır (ortalama fark = -16,79; $p = 0,592$; Cohen's d = -0,596). Benzer şekilde, Whey ve Bezelye grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 10,42; $p = 1,000$; Cohen's d = 0,370).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon zirve tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 21,310$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,516$). Buna karşın, grup ($F = 2,164$; $p = 0,141$; $\eta^2 = 0,178$) ve zaman x grup etkileşimi incelendiğinde ise istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır ($F = 0,420$; $p = 0,757$; $\eta^2 = 0,040$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -35,73; $p < 0,001$; Cohen's d = -1,143) ve ara testten (ortalama fark = -25,13; $p < 0,001$; Cohen's d = -0,804) istatistiksel bakımdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır (ortalama fark = -10,59; $p = 0,380$; Cohen's d = -0,339). Grup ana etkisi açısından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey grupları arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlemlenmiş olmasına rağmen fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunamamıştır (ortalama fark = -29,19; $p = 0,152$; Cohen's d = -0,934). Plasebo ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir (ortalama fark = -15,55; $p = 0,842$; Cohen's d = -0,498). Aynı şekilde, Whey ve Bezelye grupları arasına bakıldığında da anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 13,64; $p = 0,979$; Cohen's d = 0,436).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon relatif zirve tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 22,091$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,525$). Buna karşın, grup ($F = 0,592$; $p = 0,563$; $\eta^2 = 0,056$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır ($F = 1,256$; $p = 0,307$; $\eta^2 = 0,112$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten

(ortalama fark = -0,555; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,192$) ve ara testten (ortalama fark = -0,459; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,985$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ile ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -0,097; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,207$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey grupları arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlenmesine rağmen fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunamamıştır (ortalama fark = -0,193; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,415$). Plasebo ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel olarak incelendiğinde anlamlı bir farklılık oluşmamıştır (ortalama fark = -0,196; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,421$). Whey ve Bezelye grupları arasında da anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = -0,003; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,007$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon toplam iş* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 21,284$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,516$). Buna karşın, grup ($F = 1,541$; $p = 0,239$; $\eta^2 = 0,134$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel anlamlılık düzeyinde bir fark gözlemlenmemiştir ($F = 0,674$; $p = 0,614$; $\eta^2 = 0,063$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -286,72; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,326$) ve ara testten (ortalama fark = -209,56; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,969$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel anlamlılık düzeyinde bir fark gözlemlenmemiştir (ortalama fark = -77,16; $p = 0,116$; Cohen's $d = -0,357$). Grup ana etkisi incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey grupları arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlenmesine rağmen farkın istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmadığı belirlenmiştir (ortalama fark = -159,86; $p = 0,284$; Cohen's $d = -0,739$). Plasebo ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -88,75; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,410$). Benzer şekilde, Whey ve Bezelye grupları arasında da anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 71,11; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,329$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon ortalama tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 12,795$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,390$). Aynı zamanda, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark gözlemlenmiştir ($F = 3,985$; $p = 0,035$; $\eta^2 = 0,285$). Buna karşın, zaman x grup etkileşimi açısından incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($F = 0,562$; $p = 0,692$; $\eta^2 = 0,053$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -22,188; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,100$) ve ara testten (ortalama fark = -16,276; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,807$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ile ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farka rastlanmamıştır (ortalama fark = -5,912; $p = 0,281$; Cohen's $d = -0,293$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bir fark bulunmuştur (ortalama fark = -

22,585; $p = 0,036$; Cohen's $d = -1,120$) ve Whey grubunun değerleri daha yüksek bulunmuştur. Plasebo ve Bezelye grupları arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlemlenmesine rağmen fark istatistiksel açıdan anlamlı değildir (ortalama fark = -16,014; $p = 0,128$; Cohen's $d = -0,794$). Aynı zamanda, Whey ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 6,571; $p = 0,415$; Cohen's $d = 0,326$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 10,942$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,354$). Aynı zamanda, gruplar arasında istatistiksel açıdan bakıldığında anlamlı farka rastlanmamıştır ($F = 4,200$; $p = 0,030$; $\eta^2 = 0,296$) Buna karşın, zaman x grup etkileşimi bakımından istatistiksel anlamda bir farka ulaşılamamıştır ($F = 0,540$; $p = 0,707$; $\eta^2 = 0,051$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -22,019; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,026$) ve ara testten (ortalama fark = -14,857; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,692$) istatistiksel açıdan anlamlı, büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farka ulaşılamamıştır (ortalama fark = -7,163; $p = 0,219$; Cohen's $d = -0,334$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey grupları değerlendirildiğinde istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bir fark bulunmuştur (ortalama fark = -24,350; $p = 0,034$; Cohen's $d = -1,134$) ve Whey grubunun ortalama değerleri daha yüksek bulunmuştur. Plasebo ve Bezelye grupları arasında büyük düzeyde bir etki büyüklüğü gözlemlenmesine rağmen istatistiksel açıdan oluşan fark anlamsızdır (ortalama fark = -18,833; $p = 0,087$; Cohen's $d = -0,877$). Whey ve Bezelye grupları arasında da oluşan fark anlamlı değildir (ortalama fark = 5,517; $p = 0,521$; Cohen's $d = 0,257$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon relatif zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 11,569$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,366$). Buna karşın, grup ($F = 2,808$; $p = 0,084$; $\eta^2 = 0,219$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,984$; $p = 0,427$; $\eta^2 = 0,090$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,362; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,063$) ve ara testten (ortalama fark = -0,267; $p = 0,001$; Cohen's $d = -0,785$) istatistiksel açıdan anlamlı, büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ile ara teste bakıldığında istatistiksel açıdan oluşan fark anlamlı bulunamamıştır (ortalama fark = -0,095; $p = 0,311$; Cohen's $d = -0,278$). Grup ana etkisi incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlenmesine rağmen fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunamamıştır (ortalama fark = -0,257; $p = 0,149$; Cohen's $d = -0,753$). Benzer şekilde, Plasebo ve Bezelye grupları arasında büyük düzeyde bir etki büyüklüğü olmasına rağmen istatistiksel açıdan oluşan fark anlamlı bulunamamıştır (ortalama fark = -0,303; $p = 0,114$; Cohen's $d = -0,890$). Whey ve Bezelye grupları değerlendirildiğinde ise oluşan fark anlamlı değildir (ortalama fark = -0,047; $p = 0,727$; Cohen's $d = -0,137$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları, *sağ fleksiyon toplam iş değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 6,169$; $p = 0,005$; $\eta^2 = 0,236$). Aynı zamanda, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bir fark bulunmuştur ($F = 3,534$; $p = 0,048$; $\eta^2 = 0,261$). Buna karşın, zaman x grup etkileşimi incelendiğinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit bulunamamıştır ($F = 0,163$; $p = 0,956$; $\eta^2 = 0,016$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü için incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = 155,689; $p = 0,004$; Cohen's $d = 0,732$) ve ara testten (ortalama fark = 145,810 J; $p = 0,008$; Cohen's $d = 0,685$) istatistiksel açıdan anlamlı ve orta düzeyde etkiyle daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark: -9,879 J; $p = 0,872$; Cohen's $d = -0,046$). Bonferroni post-hoc analizleri grup faktörü bakımından incelendiğinde ise Whey protein grubu ve Plasebo grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur ve büyük etki düzeyiyle Whey protein grubunun daha yüksek olduğu bulunmuştur (ortalama fark = 223,61 J; $p = 0,045$; Cohen's $d = 1,051$). Bezelye protein grubu ve Plasebo grubu arasında orta düzeyde bir etki büyüklüğü gözlemlenmesine rağmen istatistiksel açıdan anlamlı bir düzeyde farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = 124,81; $p = 0,307$; Cohen's $d = 0,587$). Whey ve bezelye protein grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 98,804 J; $p = 0,307$; Cohen's $d = 0,464$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon ortalama tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 28,041$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,584$) Buna karşın, grup ($F = 0,612$; $p = 0,552$; $\eta^2 = 0,058$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,855$; $p = 0,499$; $\eta^2 = 0,079$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -39,92; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,463$) ve ara testten (ortalama fark = -28,70; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,052$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -11,22; $p = 0,084$; Cohen's $d = -0,411$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunamamıştır (ortalama fark = -10,433; $p = 0,945$; Cohen's $d = -0,382$). Plasebo ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -12,096; $p = 0,945$; Cohen's $d = -0,443$). Benzer şekilde, Whey ve Bezelye grupları arasında da anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = -1,663; $p = 0,945$; Cohen's $d = -0,061$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon zirve tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 24,169$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,547$). Buna karşın, grup ($F = 0,679$; $p = 0,519$; $\eta^2 = 0,064$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,780$; $p = 0,545$; $\eta^2 = 0,072$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -39,33; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,277$) ve ara testten (ortalama fark = -28,86; $p < 0,001$; Cohen's

$d = -0,937$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -10,48; $p = 0,382$; Cohen's $d = -0,340$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -8,345; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,271$). Plasebo ve Bezelye grupları arasında da (ortalama fark = -15,791; $p = 0,773$; Cohen's $d = -0,513$) ve Whey ve Bezelye grupları arasında da anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -7,446; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,242$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon relatif zirve tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 25,447$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,560$). Buna karşın, grup ($F = 1,233$; $p = 0,313$; $\eta^2 = 0,110$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($F = 1,159$; $p = 0,343$; $\eta^2 = 0,104$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,621; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,384$) ve ara testten (ortalama fark = -0,507; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,131$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -0,113; $p = 0,299$; Cohen's $d = -0,253$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 0,129; $p = 0,826$; Cohen's $d = 0,288$). Benzer şekilde, Plasebo ve Bezelye grupları arasında da (ortalama fark = -0,159; $p = 0,826$; Cohen's $d = -0,355$) ve Whey ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -0,289; $p = 0,398$; Cohen's $d = -0,644$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon toplam iş değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 16,650$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,454$). Buna karşın, grup ($F = 0,899$; $p = 0,423$; $\eta^2 = 0,083$), zaman x grup etkileşimi incelendiğinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır ($F = 0,243$; $p = 0,912$; $\eta^2 = 0,024$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -227,97; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,033$) ve ara testten (ortalama fark = -217,93; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,987$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -10,04; $p = 0,841$; Cohen's $d = -0,045$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde, Plasebo ve Whey grupları (ortalama fark = -126,79; $p = 0,588$; Cohen's $d = -0,574$), Plasebo ve Bezelye grupları (ortalama fark = -60,41; $p = 0,954$; Cohen's $d = -0,274$) ve Whey ve Bezelye grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = 66,38; $p = 0,954$; Cohen's $d = 0,301$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon ortalama tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 21,438$; $p < 0,001$;

$\eta^2 = 0,517$). Aynı zamanda, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($F = 3,609$; $p = 0,046$; $\eta^2 = 0,265$). Buna karşın, zaman x grup etkileşimi açısından ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,963$; $p = 0,438$; $\eta^2 = 0,088$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -19,180; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,187$) ve ara testten (ortalama fark = -17,467; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,081$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -1,713; $p = 0,564$; Cohen's $d = -0,106$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde, Plasebo grubu ile Whey grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır (ortalama fark = -15,230; $p = 0,082$; Cohen's $d = -0,942$). Ancak, Plasebo ve Bezelye grupları arasındaki fark anlamlılığa oldukça yakın bulunmuştur (ortalama fark = -17,313; $p = 0,066$; Cohen's $d = -1,071$), bu da yüksek etki büyüklüğüyle birlikte istatistiksel olarak sınırda bir farklılık göstermektedir. Whey ve Bezelye grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -2,083; $p = 0,760$ Cohen's $d = -0,129$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon zirve tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 25,739$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,563$). Buna karşın, grup ($F = 3,278$; $p = 0,059$; $\eta^2 = 0,247$) ve zaman x grup etkileşimi incelendiğinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır ($F = 1,273$; $p = 0,297$; $\eta^2 = 0,113$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -17,570; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,011$) ve ara testten (ortalama fark = -15,360; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,884$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -2,21; $p = 0,393$; Cohen's $d = -0,127$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo grubu ile Whey grubu (ortalama fark = -16,121; $p = 0,123$; Cohen's $d = -0,928$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -19,782; $p = 0,074$; Cohen's $d = -1,139$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -3,661; $p = 0,647$; Cohen's $d = -0,211$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon relatif zirve tork değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 31,266$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,610$). Buna karşın, grup ($F = 2,209$; $p = 0,136$; $\eta^2 = 0,181$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 1,973$; $p = 0,117$; $\eta^2 = 0,165$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından değerlendirildiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,292; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,011$) ve ara testten (ortalama fark = -0,278; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,963$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = -0,014; $p = 0,745$; Cohen's $d = -0,048$). Grup faktörü açısından incelendiğinde ise, Plasebo ile Whey protein grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = -0,139;

$p = 0,550$; Cohen's $d = -0,481$). Plasebo ile Bezelye protein grupları arasında yüksek etki büyüklüğünde olmasına karşın istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $-0,288$; $p = 0,146$; Cohen's $d = -0,996$). Whey ve Bezelye protein grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $-0,149$; $p = 0,550$; Cohen's $d = -0,515$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon toplam iş değerinde* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 21,438$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,517$). Buna karşın, grup ($F = 2,557$; $p = 0,103$; $\eta^2 = 0,204$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($F = 1,012$; $p = 0,413$; $\eta^2 = 0,092$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = $-129,48$ J; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,720$) ve ara testten (ortalama fark = $-169,62$ J; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,943$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $40,14$; $p = 0,123$; Cohen's $d = 0,223$). Grup faktörü açısından incelendiğinde ise, Plasebo grubu ile Whey protein grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $-179,83$; $p = 0,139$; Cohen's $d = -1,000$). Plasebo ile Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunamamış (ortalama fark = $-151,33$; $p = 0,267$; Cohen's $d = -0,841$) ancak büyük etki düzeyinde bir farklılık saptanmıştır. Whey ve Bezelye protein grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $28,50$; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,158$).

3.3. 180°/s Açısal Hızda Diz İzokinetik Sistem Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları

Katılımcıların 180°/s açısal hızda diz izokinetik testinden elde edilen parametrelerin ön, ara ve son testlerin ortalama, standart sapma ve ait tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Katılımcıların 180°/s açısal hızda diz izokinetik testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları

Değişken	Grup	Ön Test	Ara Test	Son Test	ANOVA [F] p (η ²)		
					Zaman	Grup	Etkileşim
Sağ Ekstansiyon OT (Nm)	PG	50,14 ± 21,10	64,86 ± 21,94	80,39 ± 20,21	[26,891] < ,001** (0,573)	[0,292] 0,750 (0,028)	[0,780] 0,509 (0,072)
	WG	45,80 ± 16,08	72,98 ± 13,60	87,79 ± 20,48			
	BG	58,75 ± 24,35	69,78 ± 15,01	85,35 ± 24,35			
Sağ Ekstansiyon ZT (Nm)	PG	59,34 ± 22,44	73,89 ± 23,76	92,56 ± 23,11	[23,694] < ,001** (0,542)	[0,549] 0,586 (0,052)	[1,007] 0,404 (0,091)
	WG	57,90 ± 18,01	86,90 ± 14,92	99,11 ± 22,61			
	BG	73,73 ± 30,23	85,54 ± 18,65	96,05 ± 24,54			
Sağ Ekstansiyon ZT/Kg (Nm)	PG	1,02 ± 0,39	1,23 ± 0,23	1,64 ± 0,14	[28,360] < ,001** (0,586)	[1,168] 0,331 (0,105)	[1,543] 0,208 (0,134)
	WG	0,92 ± 0,33	1,33 ± 0,19	1,51 ± 0,27			
	BG	1,30 ± 0,62	1,45 ± 0,29	1,62 ± 0,30			
Sağ Ekstansiyon Toplam İş (J)	PG	316,34 ± 202,53	405,29 ± 201,56	507,51 ± 195,40	[21,225] < ,001** (0,515)	[0,377] 0,691 (0,036)	[0,979] 0,415 (0,089)
	WG	274,98 ± 172,18	497,49 ± 106,02	631,18 ± 110,86			
	BG	367,75 ± 195,74	467,90 ± 145,08	589,24 ± 314,61			
Sağ Fleksiyon OT (Nm)	PG	38,03 ± 19,56	51,33 ± 21,12	58,19 ± 16,93	[19,560] < ,001** (0,494)	[0,637] 0,539 (0,060)	[1,082] 0,378 (0,098)
	WG	36,68 ± 15,55	57,33 ± 16,38	71,55 ± 11,32			
	BG	45,01 ± 18,51	62,00 ± 16,50	62,50 ± 17,99			
Sağ Fleksiyon ZT (Nm)	PG	45,10 ± 21,69	61,70 ± 23,50	64,14 ± 16,48	[18,057] < ,001** (0,474)	[0,627] 0,544 (0,059)	[0,912] 0,466 (0,084)
	WG	45,93 ± 15,46	65,98 ± 18,43	80,00 ± 13,22			
	BG	53,14 ± 22,21	70,88 ± 16,79	71,36 ± 20,56			
Sağ Fleksiyon ZT/Kg (Nm)	PG	0,76 ± 0,34	1,04 ± 0,32	1,14 ± 0,18	[19,799] < ,001** (0,497)	[0,579] 0,570 (0,055)	[0,458] 0,766 (0,044)
	WG	0,76 ± 0,37	1,02 ± 0,29	1,24 ± 0,25			
	BG	0,91 ± 0,37	1,21 ± 0,29	1,23 ± 0,41			
Sağ Fleksiyon Toplam İş (J)	PG	243,51 ± 204,53	324,47 ± 211,96	383,11 ± 197,89	[11,471] < ,001** (0,365)	[0,973] 0,395 (0,089)	[1,448] 0,236 (0,127)
	WG	215,43 ± 151,78	444,33 ± 217,38	562,18 ± 170,99			
	BG	303,04 ± 240,79	471,35 ± 135,60	436,83 ± 134,77			
Sol Ekstansiyon OT (Nm)	PG	47,43 ± 21,03	62,33 ± 21,57	81,11 ± 16,82	[31,327] < ,001** (0,610)	[0,206] 0,815 (0,020)	[0,195] 0,883 (0,019)
	WG	49,90 ± 15,26	68,76 ± 12,60	80,36 ± 16,19			
	BG	52,25 ± 23,07	70,71 ± 16,06	81,68 ± 14,10			
Sol Ekstansiyon ZT (Nm)	PG	58,04 ± 22,44	71,40 ± 23,45	93,50 ± 18,20	[27,119] < ,001** (0,576)	[0,496] 0,616 (0,047)	[0,344] 0,787 (0,033)
	WG	62,18 ± 18,46	80,28 ± 13,82	92,60 ± 17,74			
	BG	68,65 ± 25,43	83,16 ± 17,25	95,53 ± 17,63			
Sol Ekstansiyon ZT/Kg (Nm)	PG	1,04 ± 0,39	1,20 ± 0,33	1,67 ± 0,18	[9,386] < ,001** (0,319)	[0,627] 0,544 (0,059)	[0,922] 0,436 (0,084)
	WG	1,19 ± 0,68	1,25 ± 0,32	1,42 ± 0,29			
	BG	1,17 ± 0,49	1,49 ± 0,32	1,63 ± 0,28			
Sol Ekstansiyon Toplam İş (J)	PG	286,13 ± 203,86	380,39 ± 190,37	567,27 ± 175,30	[19,160] < ,001** (0,489)	[0,260] 0,774 (0,025)	[0,327] 0,785 (0,032)
	WG	327,23 ± 192,59	482,04 ± 150,26	569,70 ± 120,82			
	BG	313,06 ± 184,58	477,69 ± 225,09	561,08 ± 144,78			
Sol Fleksiyon OT (Nm)	PG	33,70 ± 15,15	49,46 ± 17,41	59,46 ± 14,59	[22,966] < ,001** (0,535)	[0,731] 0,494 (0,068)	[0,087] 0,969 (0,009)
	WG	41,98 ± 10,91	54,88 ± 6,96	63,68 ± 10,76			
	BG	42,60 ± 18,15	54,45 ± 11,99	64,84 ± 21,95			
Sol Fleksiyon ZT (Nm)	PG	41,10 ± 16,94	55,86 ± 19,72	65,79 ± 15,97	[23,142] < ,001** (0,536)	[0,713] 0,502 (0,067)	[0,090] 0,972 (0,009)
	WG	48,23 ± 12,62	62,78 ± 8,03	70,59 ± 9,57			
	BG	51,03 ± 19,25	62,33 ± 11,47	71,70 ± 22,88			
Sol Fleksiyon ZT/Kg (Nm)	PG	0,73 ± 0,25	0,93 ± 0,23	1,16 ± 0,09	[26,634] < ,001** (0,571)	[0,553] 0,584 (0,052)	[0,337] 0,852 (0,033)
	WG	0,78 ± 0,29	0,99 ± 0,27	1,10 ± 0,23			
	BG	0,88 ± 0,38	1,07 ± 0,21	1,21 ± 0,33			
Sol Fleksiyon Toplam İş (J)	PG	199,14 ± 188,18	352,41 ± 192,93	436,60 ± 181,34	[14,260] < ,001** (0,416)	[1,030] 0,375 (0,093)	[0,066] 0,992 (0,007)
	WG	308,56 ± 132,94	428,76 ± 100,18	521,29 ± 103,01			
	BG	278,71 ± 178,47	390,43 ± 148,04	472,18 ± 225,75			

p < 0,05* p < 0,005**

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon ortalama tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur (F = 26,891; p < 0,001;

$\eta^2 = 0,573$). Buna karşın, grup ($F = 0,292$; $p = 0,750$; $\eta^2 = 0,028$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,780$; $p = 0,509$; $\eta^2 = 0,072$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından değerlendirildiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -32,94; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,650$) ve ara testten (ortalama fark = -15,31; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,766$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ön test ve ara test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -17,64; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,883$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -3,726; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,187$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -6,163; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,309$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -2,437; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,122$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 23,694$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,542$). Buna karşın, grup ($F = 0,549$; $p = 0,586$; $\eta^2 = 0,052$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır ($F = 1,007$; $p = 0,404$; $\eta^2 = 0,091$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından değerlendirildiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -32,25; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,441$) büyük etki düzeyinde ve ara testten (ortalama fark = -13,80; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,616$) anlamlı ve orta etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında da büyük etki düzeyinde istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunmuştur (ortalama fark = -18,45; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,824$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -6,042; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,270$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -9,842; $p = 0,928$; Cohen's $d = -0,440$) ve Whey ve Bezelye grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -3,800; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,170$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon relatif zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 28,360$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,586$). Buna karşın, grup ($F = 1,168$; $p = 0,331$; $\eta^2 = 0,105$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 1,543$; $p = 0,208$; $\eta^2 = 0,134$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,508; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,510$) ve ara testten (ortalama fark = -0,252; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,749$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ve ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -0,256; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,761$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = 0,040; $p = 0,784$; Cohen's $d = 0,120$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark

= -0,163; $p = 0,550$; Cohen's $d = -0,484$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -0,203; $p = 0,487$; Cohen's $d = -0,604$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ ekstansiyon toplam iş* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 21,255$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,515$). Buna karşın, grup ($F = 0,377$; $p = 0,691$; $\eta^2 = 0,036$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,979$; $p = 0,415$; $\eta^2 = 0,089$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından değerlendirildiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -256,3 J; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,339$) ve ara testten (ortalama fark = -119,1 J; $p = 0,001$; Cohen's $d = -0,622$) anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -137,2 J; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,717$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -58,165; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,304$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -65,248; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,341$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -7,083; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,037$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon ortalama tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 19,560$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,494$). Buna karşın, grup ($F = 0,637$; $p = 0,539$; $\eta^2 = 0,060$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 1,082$; $p = 0,378$; $\eta^2 = 0,098$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından değerlendirildiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -24,173; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,406$) ve ara testten (ortalama fark = -7,194; $p = 0,167$; Cohen's $d = -0,419$) anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (ortalama fark = -16,979; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,988$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -6,002; $p = 0,893$; Cohen's $d = -0,349$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -7,323; $p = 0,893$; Cohen's $d = -0,426$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -1,321; $p = 0,893$; Cohen's $d = -0,077$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 18,057$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,474$). Buna karşın, grup ($F = 0,627$; $p = 0,544$; $\eta^2 = 0,059$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,912$; $p = 0,466$; $\eta^2 = 0,084$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -23,781; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,258$) ve ara testten (ortalama fark = -5,652; $p = 0,137$; Cohen's

$d = -0,299$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = $-18,129$; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,959$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = $-6,986$; $p = 0,925$; Cohen's $d = -0,370$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = $-8,144$; $p = 0,925$; Cohen's $d = -0,431$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $-1,158$; $p = 0,925$; Cohen's $d = -0,061$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon relatif tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 19,799$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,497$). Buna karşın, grup ($F = 0,579$; $p = 0,570$; $\eta^2 = 0,055$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,458$; $p = 0,766$; $\eta^2 = 0,044$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = $-0,392$; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,216$) ve ara testten (ortalama fark = $-0,114$; $p = 0,078$; Cohen's $d = -0,354$) daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmıştır (ortalama fark = $-0,278$; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,863$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = $-0,029$; $p = 0,980$; Cohen's $d = -0,091$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = $-0,140$; $p = 0,980$; Cohen's $d = -0,435$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = $-0,111$; $p = 0,980$; Cohen's $d = -0,343$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sağ fleksiyon toplam iş* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 11,471$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,365$). Buna karşın, grup ($F = 0,973$; $p = 0,395$; $\eta^2 = 0,089$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 1,448$; $p = 0,236$; $\eta^2 = 0,127$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = $-206,71$; $p = 0,002$; Cohen's $d = -1,101$) ve ara testten (ortalama fark = $-47,32$; $p = 0,295$; Cohen's $d = -0,252$) istatistiksel açıdan anlamlı ve daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = $-159,39$; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,849$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = $-90,275$; $p = 0,682$; Cohen's $d = -0,481$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = $-86,704$; $p = 0,682$; Cohen's $d = -0,462$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = $3,571$; $p = 0,96$; Cohen's $d = 0,019$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon ortalama tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 31,327$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,610$). Buna karşın, grup ($F = 0,206$; $p = 0,815$; $\eta^2 = 0,020$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,195$; $p = 0,883$; $\eta^2 = 0,019$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -31,19; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,770$) ve ara testten (ortalama fark = -13,78; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,782$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -17,41; $p = 0,001$; Cohen's $d = -0,988$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -2,718; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,154$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -4,589; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,260$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -1,871; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,106$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 27,119$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,576$). Buna karşın, grup ($F = 0,496$; $p = 0,616$; $\eta^2 = 0,047$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,344$; $p = 0,787$; $\eta^2 = 0,033$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -30,92; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,578$) ve ara testten (ortalama fark = -15,60; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,796$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -15,32; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,782$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -4,036; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,206$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -8,132; $p = 0,994$; Cohen's $d = -0,415$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = -4,096; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,209$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon relatif zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 9,386$; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,319$). Buna karşın, grup ($F = 0,627$; $p = 0,544$; $\eta^2 = 0,059$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,922$; $p = 0,436$; $\eta^2 = 0,084$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,439; $p = 0,003$; Cohen's $d = -1,118$) ve ara testten (ortalama fark = -0,262; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,666$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak ön test ile ara test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -0,177; $p = 0,147$; Cohen's $d = -0,452$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan

anamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = 0,018; $p = 0,938$; Cohen's $d = 0,046$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -0,124; $p = 0,938$; Cohen's $d = -0,315$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır (ortalama fark = -0,142; $p = 0,938$; Cohen's $d = -0,361$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol ekstansiyon toplam iş* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 19,160$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,489$). Buna karşın, grup ($F = 0,260$; $p = 0,774$; $\eta^2 = 0,025$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,327$; $p = 0,785$; $\eta^2 = 0,032$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -257,2 J; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,441$) ve ara testten (ortalama fark = -119,3 J; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,669$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -137,9; $p = 0,011$; Cohen's $d = -0,773$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -48,392; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,271$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -39,346; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,220$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 9,046; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,051$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon ortalama tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 22,966$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,535$). Buna karşın, grup ($F = 0,731$; $p = 0,494$; $\eta^2 = 0,068$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,087$; $p = 0,969$; $\eta^2 = 0,009$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -23,232; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,570$) ve ara testten (ortalama fark = -9,729; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,657$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ön test ile ara test arasında da anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -13,502; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,912$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -5,970; $p = 0,860$; Cohen's $d = -0,403$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -6,424; $p = 0,860$; Cohen's $d = -0,434$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -0,454; $p = 0,937$; Cohen's $d = -0,031$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 23,142$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,536$). Buna karşın, grup ($F = 0,713$; $p = 0,502$; $\eta^2 = 0,067$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,090$; $p = 0,972$; $\eta^2 = 0,009$). Bonferroni

post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -22,574; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,429$) ve ara testten (ortalama fark = -9,039; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,572$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -13,536; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,857$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -6,282; $p = 0,827$; Cohen's $d = -0,398$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -7,436; $p = 0,827$; Cohen's $d = -0,471$) ve Whey ve Bezelye protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -1,154; $p = 0,859$; Cohen's $d = -0,073$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon relatif zirve tork* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 26,634$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,571$). Buna karşın, grup ($F = 0,553$; $p = 0,584$; $\eta^2 = 0,052$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,337$; $p = 0,852$; $\eta^2 = 0,033$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,364; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,361$) ve ara testten (ortalama fark = -0,162; $p = 0,001$; Cohen's $d = -0,607$) anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca ön test ile ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -0,202; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,754$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -0,016; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,061$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -0,113; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,424$) ve Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -0,097; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,362$).

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *sol fleksiyon toplam iş* değerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 14,260$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,416$). Buna karşın, grup ($F = 1,030$; $p = 0,375$; $\eta^2 = 0,093$) ve zaman x grup etkileşimi açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,066$; $p = 0,992$; $\eta^2 = 0,007$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -214,55; $p < 0,001$; Cohen's $d = -1,300$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak son test ile ara test (ortalama fark = -86,15; $p = 0,013$; Cohen's $d = -0,522$) ve ön test ile ara test bulunamamıştır (ortalama fark = -128,39; $p = 0,013$; Cohen's $d = -0,778$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo, Whey ve Bezelye grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Plasebo ve Whey protein grubu (ortalama fark = -90,15; $p = 0,501$; Cohen's $d = -0,546$), Plasebo ve Bezelye protein grubu (ortalama fark = -51,05; $p = 0,853$; Cohen's $d = -0,309$) ve Whey ve Bezelye

protein grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunamamıştır (ortalama fark = 39,10; $p = 0,853$; Cohen's $d = 0,237$).

3.4. Otur-Uzan Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları

Katılımcıların otur-uzan testinden elde edilen parametrelerin ön, ara ve son testlerin ortalama, standart sapma ve ait tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Katılımcıların otur-uzan testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları

Değişken	Grup	Ön Test	Ara Test	Son Test	ANOVA: [F] p (η^2)		
					Zaman	Grup	Etkileşimi
Otur-Uzan (cm)	PG	33,36 $\pm$ 10,69	36,19 $\pm$ 8,83	37,00 $\pm$ 8,39	[10,659] < ,001** (0,348)	[0,768] 0,477 (0,071)	[1,069] 0,384 (0,097)
	WG	36,83 $\pm$ 8,99	38,01 $\pm$ 8,54	39,40 $\pm$ 8,94			
	BG	32,24 $\pm$ 8,20	33,21 $\pm$ 6,46	33,43 $\pm$ 6,18			

$p < 0,05^*$ $p < 0,005^{**}$

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *otur uzan* değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 10,659$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,348$). Buna karşın, grup ($F = 0,768$; $p = 0,477$; $\eta^2 = 0,071$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi incelendiğinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 1,069$; $p = 0,384$; $\eta^2 = 0,097$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, ara test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -1,660; $p = 0,027$; Cohen's $d = -0,197$) ve son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -2,467; $p = 0,001$; Cohen's $d = -0,293$) istatistiksel açıdan anlamlı ve küçük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ara test-son test karşılaştırmasında ise anlamlılığa yakın bir fark saptanmıştır (ortalama fark = -0,807; $p = 0,058$; Cohen's $d = -0,096$). Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey protein grupları arasında (ortalama fark = -2,566; $p = 1,000$; Cohen's $d = -0,305$), Plasebo ve Bezelye protein grupları arasında (ortalama fark = 2,559; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,304$) ve Whey ile Bezelye protein grupları arasında (ortalama fark = 5,125; $p = 0,689$; Cohen's $d = 0,610$) istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

3.5. Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi Değerleri ve Karşılaştırmaları

Katılımcıların Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testinden elde edilen parametrelerin ön, ara ve son testlerin ortalama, standart sapma ve ait tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Katılımcıların Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları

Değişken	Grup	Ön Test	Ara Test	Son Test	ANOVA [F] p (η^2)		
					Zaman	Grup	Etkileşim
Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi VO ₂ max (min/ml/kg)	PG	38,51 ± 0,86	39,01 ± 0,87	39,66 ± 0,99	[17,282] < ,001** (0,464)	[0,117] 0,890 (0,012)	[0,595] 0,594 (0,056)
	WG	38,71 ± 0,70	39,01 ± 0,81	39,31 ± 0,95			
	BG	38,39 ± 0,87	38,93 ± 0,84	39,30 ± 1,17			

p < 0,05* p < 0,005**

İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, *Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi* zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde bulunmuştur ($F = 17,282$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,464$). Buna karşın, grup ($F = 0,117$; $p = 0,890$; $\eta^2 = 0,012$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi incelendiğinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ($F = 0,595$; $p = 0,594$; $\eta^2 = 0,056$). Bonferroni post-hoc analizleri zaman faktörü açısından incelendiğinde, ara test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,446; $p = 0,002$; Cohen's $d = -0,493$), son test değerlerinin ön testten (ortalama fark = -0,885; $p < 0,001$; Cohen's $d = -0,980$) ve ara test değerlerinin son testten (ortalama fark = -0,439; $p = 0,001$; Cohen's $d = -0,486$) istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Grup faktörü bakımından incelendiğinde ise, Plasebo ve Whey protein grupları arasında (ortalama fark = 0,049; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,055$), Plasebo ve Bezelye protein grupları arasında (ortalama fark = 0,191; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,211$) ve Whey ile Bezelye protein grupları arasında (ortalama fark = 0,142; $p = 1,000$; Cohen's $d = 0,157$) istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır.

3.6. Kalp Hızı Değişkenliği Değerleri ve Karşılaştırmaları

Katılımcıların Kalp Hızı Değişkenliği parametrelerinden elde edilen parametrelerin ön, ara ve son testlerin ortalama, standart sapma ve ait tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Katılımcıların Kalp Hızı Değişkenliği parametrelerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve Tekrarlı Ölçümler ANOVA sonuçları

Değişken	Grup	Ön Test	Ara Test	Son Test	ANOVA [F] p (η^2)		
					Zaman	Grup	Etkileşim
RR	PG	831,86 ± 102,38	902,00 ± 188,98	884,14 ± 179,58	[0,357] 0,662 (0,018)	[0,620] 0,548 (0,058)	[1,572] 0,212 (0,136)
	WG	826,00 ± 138,35	798,00 ± 123,12	792,63 ± 151,58			
	BG	899,13 ± 184,44	814,50 ± 55,51	810,38 ± 76,50			
HR	PG	72,86 ± 8,38	69,00 ± 14,82	70,14 ± 13,72	[0,428] 0,655 (0,021)	[0,699] 0,509 (0,065)	[0,753] 0,562 (0,070)
	WG	74,63 ± 14,11	76,88 ± 11,95	78,25 ± 15,94			
	BG	68,88 ± 12,28	74,00 ± 5,10	74,63 ± 7,23			
SDNN	PG	34,10 ± 18,24	29,26 ± 7,68	27,09 ± 8,30	[8,397] 0,007* (0,296)	[0,427] 0,658 (0,041)	[0,961] 0,405 (0,088)
	WG	37,05 ± 18,35	26,26 ± 4,49	26,24 ± 4,62			
	BG	46,58 ± 23,01	28,20 ± 7,10	25,13 ± 3,45			
RMSSD	PG	27,79 ± 7,73	24,27 ± 3,92	26,46 ± 9,00	[3,423] 0,071 (0,146)	[0,058] 0,944 (0,006)	[0,515] 0,635 (0,049)
	WG	30,03 ± 13,29	22,79 ± 6,05	22,65 ± 6,33			
	BG	33,23 ± 22,71	23,56 ± 4,02	21,19 ± 4,20			
NN50	PG	16,00 ± 10,33	13,43 ± 9,80	16,43 ± 16,95	[2,390] 0,129 (0,107)	[0,835] 0,449 (0,077)	[0,939] 0,424 (0,086)
	WG	37,00 ± 42,82	15,25 ± 13,47	16,00 ± 14,00			
	BG	20,75 ± 23,86	15,63 ± 8,43	10,00 ± 7,96			
pNN50	PG	6,62 ± 5,09	4,54 ± 3,66	5,54 ± 6,83	[3,750] 0,056 (0,158)	[0,462] 0,637 (0,044)	[0,618] 0,580 (0,058)
	WG	11,62 ± 14,53	4,58 ± 4,50	4,81 ± 4,52			
	BG	7,31 ± 7,25	4,24 ± 2,05	2,74 ± 2,24			
TiNN	PG	148,29 ± 51,63	146,00 ± 33,95	147,00 ± 74,04	[5,344] 0,026* (0,211)	[0,589] 0,564 (0,056)	[1,737] 0,195 (0,148)
	WG	198,75 ± 124,71	136,88 ± 31,41	135,75 ± 34,57			
	BG	264,13 ± 181,36	138,25 ± 26,57	127,63 ± 20,38			
LF	PG	6,00 ± 1,09	5,86 ± 0,83	5,55 ± 0,83	[7,612] 0,005** (0,276)	[0,313] 0,735 (0,030)	[1,444] 0,250 (0,126)
	WG	6,16 ± 0,84	5,89 ± 0,62	5,76 ± 0,53			
	BG	6,78 ± 0,90	5,77 ± 0,82	5,63 ± 0,58			
HF	PG	4,88 ± 0,48	5,18 ± 0,39	5,24 ± 0,54	[0,112] 0,894 (0,006)	[0,911] 0,418 (0,084)	[1,135] 0,354 (0,102)
	WG	5,47 ± 0,70	5,24 ± 0,50	5,25 ± 0,55			
	BG	5,31 ± 0,52	5,36 ± 0,36	5,07 ± 0,49			
TP	PG	6,63 ± 0,82	6,39 ± 0,64	6,25 ± 0,64	[7,810] 0,007* (0,281)	[0,722] 0,498 (0,067)	[1,464] 0,250 (0,128)
	WG	6,70 ± 0,72	6,48 ± 0,46	6,41 ± 0,32			
	BG	7,32 ± 0,93	6,56 ± 0,59	6,26 ± 0,37			
LF/HF	PG	7,03 ± 10,27	2,27 ± 1,26	1,79 ± 1,51	[3,624] 0,066 (0,153)	[0,728] 0,495 (0,068)	[0,957] 0,407 (0,087)
	WG	2,47 ± 1,92	2,32 ± 1,39	2,38 ± 2,53			
	BG	9,06 ± 13,58	2,12 ± 1,74	2,60 ± 3,05			
SD1	PG	19,69 ± 5,55	17,20 ± 2,79	18,74 ± 6,37	[3,434] 0,070 (0,147)	[0,057] 0,945 (0,006)	[0,515] 0,634 (0,049)
	WG	21,29 ± 9,41	16,14 ± 4,28	16,04 ± 4,47			
	BG	23,53 ± 16,10	16,68 ± 2,84	15,00 ± 2,97			
SD2	PG	43,33 ± 26,68	37,36 ± 11,82	32,59 ± 11,01	[8,098] 0,008* (0,288)	[0,371] 0,695 (0,036)	[0,960] 0,406 (0,088)
	WG	47,14 ± 26,43	33,25 ± 5,84	33,11 ± 7,01			
	BG	60,51 ± 30,85	35,64 ± 11,62	30,81 ± 6,87			
SD2/SD1	PG	2,15 ± 0,92	2,21 ± 0,77	1,86 ± 0,83	[1,222] 0,297 (0,058)	[0,758] 0,481 (0,070)	[0,539] 0,655 (0,051)
	WG	2,34 ± 0,92	2,17 ± 0,49	2,23 ± 0,83			
	BG	3,00 ± 1,68	2,29 ± 1,19	2,24 ± 0,80			
ApEn	PG	0,92 ± 0,38	1,08 ± 0,17	1,14 ± 0,14	[4,562] 0,016* (0,186)	[0,189] 0,735 (0,030)	[0,556] 0,696 (0,053)
	WG	1,06 ± 0,20	1,12 ± 0,14	1,10 ± 0,15			
	BG	0,95 ± 0,30	1,10 ± 0,14	1,09 ± 0,19			
SampEn	PG	1,34 ± 0,78	1,63 ± 0,42	1,78 ± 0,37	[3,717] 0,033* (0,157)	[0,164] 0,850 (0,016)	[0,442] 0,777 (0,042)
	WG	1,44 ± 0,43	1,58 ± 0,26	1,59 ± 0,38			
	BG	1,27 ± 0,60	1,64 ± 0,48	1,53 ± 0,43			

p < 0,05

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, RR değerinde zaman ($F = 0,357$; $p = 0,662$; $\eta^2 = 0,018$), grup ($F = 0,620$; $p = 0,548$; $\eta^2 = 0,058$) ve zaman $\times$ grup etkileşiminde de ($F = 1,572$; $p = 0,212$; $\eta^2 = 0,136$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, kalp hızı değerlerinde zaman ($F = 0,428$; $p = 0,655$; $\eta^2 = 0,021$), grup ($F = 0,699$; $p = 0,509$; $\eta^2 = 0,065$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,753$; $p = 0,562$; $\eta^2 = 0,070$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, SDNN değerlerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($F = 8,397$; $p = 0,007$; $\eta^2 = 0,296$). Buna karşın, grup ($F = 0,427$; $p = 0,658$; $\eta^2 = 0,041$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,961$; $p = 0,405$; $\eta^2 = 0,088$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bonferroni post-hoc analizlerine göre zaman faktörü açısından, ön test – son test (ortalama fark = 13,092; $p = 0,009$; Cohen's $d = 1,038$) arasında ve ön test – ara test (ortalama fark = 11,335; $p = 0,038$; Cohen's $d = 0,898$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır. Ancak ara test – son testler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 1,757; $p = 0,156$; Cohen's $d = 0,139$).

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, RMSSD değerlerinde zaman ($F = 3,423$; $p = 0,071$; $\eta^2 = 0,146$), grup ($F = 0,058$; $p = 0,944$; $\eta^2 = 0,006$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,515$; $p = 0,635$; $\eta^2 = 0,049$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, NN50 değerlerinde, zaman ($F = 2,390$; $p = 0,129$; $\eta^2 = 0,107$), grup ($F = 0,835$; $p = 0,449$; $\eta^2 = 0,077$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,939$; $p = 0,424$; $\eta^2 = 0,086$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, pN50 değerlerinde, zaman ($F = 3,750$; $p = 0,056$; $\eta^2 = 0,158$), grup ($F = 0,462$; $p = 0,637$; $\eta^2 = 0,044$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,618$; $p = 0,580$; $\eta^2 = 0,058$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, TİNN değerlerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($F = 5,344$; $p = 0,026$; $\eta^2 = 0,211$). Buna karşın, grup ($F = 0,589$; $p = 0,564$; $\eta^2 = 0,056$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 1,737$; $p = 0,195$; $\eta^2 = 0,148$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bonferroni post-hoc analizlerine göre, zaman faktörü açısından ön test – son test (ortalama fark = 66,929; $p = 0,079$; Cohen's $d = 0,759$) arasında ve ön test – ara test (ortalama fark = 63,345; $p = 0,018$; Cohen's $d = 0,759$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır. Ancak ara test – son test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 3,583; $p = 0,877$; Cohen's $d = 0,043$).

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, LF değerlerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($F = 7,612$; $p = 0,005$; $\eta^2 = 0,276$). Buna karşın, grup ($F = 0,313$; $p = 0,735$; $\eta^2 = 0,030$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 1,444$; $p = 0,250$; $\eta^2 = 0,126$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunamamıştır. Bonferroni post-hoc analiz sonuçlarına göre zaman faktörü açısından, ön test – son test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmıştır (ortalama fark = 0,668; $p < 0,001$; Cohen's $d = 0,842$). Ancak ön test – ara test (ortalama fark = 0,474; $p = 0,0091$; Cohen's $d = 0,597$) ve ara test – son test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 0,195; $p = 0,223$; Cohen's $d = 0,245$).

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, HF değerlerinde zaman ($F = 0,112$; $p = 0,894$; $\eta^2 = 0,006$), grup ($F = 0,911$; $p = 0,418$; $\eta^2 = 0,084$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 1,135$; $p = 0,354$; $\eta^2 = 0,102$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, TP değerlerinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($F = 7,810$; $p = 0,007$; $\eta^2 = 0,281$). Grup ($F = 0,722$; $p = 0,498$; $\eta^2 = 0,067$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 1,464$; $p = 0,250$; $\eta^2 = 0,128$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bonferroni post-hoc analizleri incelendiğinde, zaman faktörü açısından ön test – son test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmıştır (ortalama fark = 0,577; $p = 0,001$; Cohen's $d = 0,911$). Ancak ön test – ara test arasında (ortalama fark = 0,198; $p = 0,108$; Cohen's $d = 0,638$) ve ara test – son test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 0,173; $p = 0,108$; Cohen's $d = 0,272$).

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, LF/HF değerlerinde zaman ($F = 3,624$; $p = 0,066$; $\eta^2 = 0,153$), grup ($F = 0,728$; $p = 0,495$; $\eta^2 = 0,068$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,957$; $p = 0,407$; $\eta^2 = 0,087$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, SD1 değerlerinde zaman ($F = 3,434$; $p = 0,070$; $\eta^2 = 0,147$), grup ($F = 0,057$; $p = 0,945$; $\eta^2 = 0,006$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,515$; $p = 0,634$; $\eta^2 = 0,049$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, SD2 değişkeninde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($F = 8,098$; $p = 0,008$; $\eta^2 = 0,288$). Buna karşın, grup ($F = 0,371$; $p = 0,695$; $\eta^2 = 0,036$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,960$; $p = 0,406$; $\eta^2 = 0,088$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bonferroni post-hoc analiz sonuçlarına göre zaman faktörü açısından, ön test – son test (ortalama fark = 18,156; $p < 0,002$; Cohen's $d = 2,024$) ve ön ve ara test (ortalama fark = 14,911; $p < 0,007$; Cohen's $d = 0,833$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmıştır. Ancak ara

test – son test karşılaştırmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 3,245; $p = 0,504$; Cohen's $d = 0,181$).

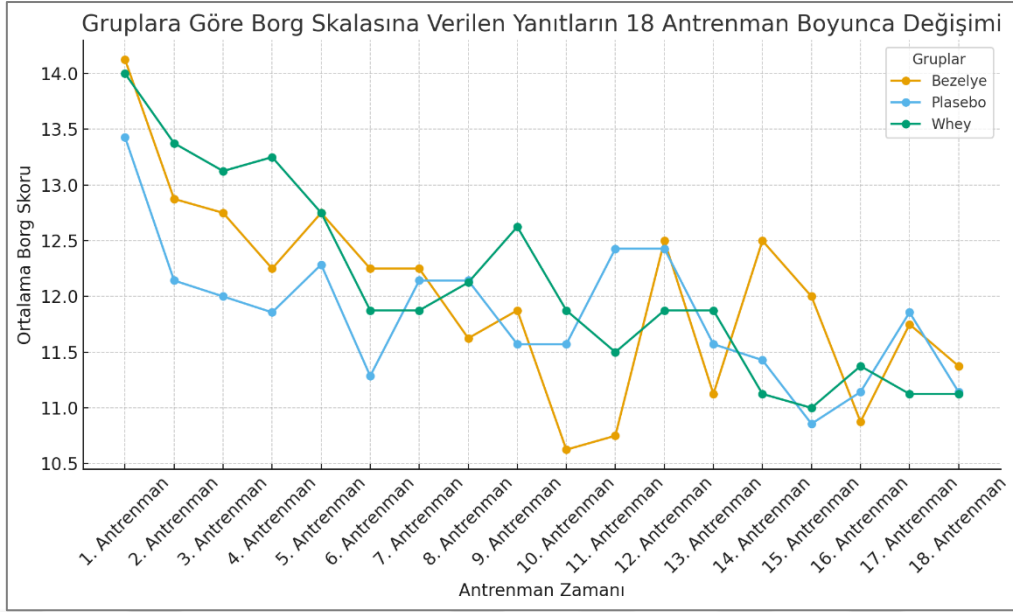
Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, SD2/SD1 değerlerinde zaman ($F = 1,222$; $p = 0,297$; $\eta^2 = 0,058$), grup ($F = 0,758$; $p = 0,481$; $\eta^2 = 0,070$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,539$; $p = 0,655$; $\eta^2 = 0,051$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre, ApEn değişkeninde zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($F = 4,562$; $p = 0,016$; $\eta^2 = 0,186$). Buna karşın, grup ($F = 0,189$; $p = 0,735$; $\eta^2 = 0,030$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,556$; $p = 0,696$; $\eta^2 = 0,053$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunamamıştır. Bonferroni post-hoc analiz sonuçlarına göre zaman faktörü açısından, ön test – son test karşılaştırmasında istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmıştır (ortalama fark = 0,136; $p < 0,043$; Cohen's $d = 0,634$). Ancak ön test – ara test (ortalama fark = 0,122; $p = 0,095$; Cohen's $d = 0,568$) ve ara test – son test karşılaştırmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = 0,014; $p = 0,716$; Cohen's $d = 0,066$).

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre SampEn değişkeninde zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmıştır ($F = 3,717$; $p = 0,033$; $\eta^2 = 0,157$). Buna karşın, grup ($F = 0,164$; $p = 0,850$; $\eta^2 = 0,016$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,442$; $p = 0,777$; $\eta^2 = 0,042$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bonferroni post-hoc analizleri sonuçlarına göre, zaman faktörü açısından ön test – son test arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (ortalama fark = -0,282; $p = 0,071$; Cohen's $d = -0,590$). Ayrıca, ön test – ara test ve ara test – son test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır (ortalama fark = -0,266; $p = 0,119$; Cohen's $d = -0,556$).

3.7. Antrenmanlar Süresince Alınan Algılanan Zorluk Dereceleri ve Karşılaştırmaları

Katılımcıların Borg Skalasına verdikleri yanıtların Algılanan Zorluk Derecelerine ait değerlerin değişimleri ile gruplar arası farklılıkların zaman içerisindeki değişim eğrisi Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Katılımcıların Borg Skalasına verdikleri yanıtların Algılanan Zorluk Derecelerine ait değerlerin değişimleri ile gruplar arası farklılıkların zaman içerisindeki değişim eğrisi

Gruplara göre Borg Skalasına verilen yanıtların 18 antrenman boyunca değişimi AZD incelendiğinde, tüm gruplarda antrenman sürecinin ilerlemesiyle birlikte algılanan zorluk derecesi skorlarında zamanla bir azalış olduğu ve bu azalışın saptanabilir olduğu görülmektedir. Buna ek olarak algılanan zorluk derecesi skorlarında ilk antrenman ile son antrenman arasında Plasebo grubunda %17,0, Bezelye grubunda %19,5 ve Whey grubunda %20,5 azalış görülmektedir.

Tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçlarına göre AZD değişkeninde zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık, büyük etki düzeyinde azalma bulunmuştur ($F = 14,180$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,415$). Buna karşın, grup ($F = 0,373$; $p = 0,693$; $\eta^2 = 0,036$) ve zaman $\times$ grup etkileşimi ($F = 0,285$; $p = 0,886$; $\eta^2 = 0,028$) açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

4. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, fiziksel olarak aktif, yetişkin kadınlarda direnç antrenmanına ek olarak alınan bezelye ve whey proteini takviyesinin bazı fiziksel uygunluk parametreleri ve kalp hızı değişkenliği üzerine etkilerinin karşılaştırılmasının incelenmesi amaçlanmıştır.

4.1. Vücut Kompozisyonu Verileri

Bezelye protein, whey protein ve plasebo kullanımının, ön test, ara test ve son test değerlerinde VA, VYO, VYK ve YVK değerleri üzerine anlamlı etkisi olmadığı ancak BKİ, sağ bacak yağ oranı, kas kütlesi, sol bacak yağ oranı değerlerine anlamlı etki ettiği ortaya konmuştur.

BKİ değerleri incelendiğinde zaman $\times$ grup etkileşiminde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler bu etkileşiminin kaynağının Bezelye (BP) grubundaki anlamlı düşüşten kaynaklandığını ortaya koymuştur. BP grubunda, son test BKİ değerlerinin ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki düzeyi büyüklüğüyle daha düşük olduğu görülmüştür. Ön test ve ara test ile ara test ve son test arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark görülmemiştir. Kas kütlesi değerleri incelendiğinde zaman $\times$ grup etkileşiminin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuştur. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, bu etkileşimin kaynağının Bezelye grubundaki değişimden kaynaklandığını göstermiştir. Bezelye grubunda, son test değerlerinin ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlılık sınırına yakın bir düzeyde ve küçük bir etki büyüklüğü ile daha düşük olduğu görülmüştür. Diğer gruplarda ise ön test, ara test ve son test karşılaştırmaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Sağ bacak yağ oranı değerleri incelendiğinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, etki kaynağının ön test değerlerine kıyasla son test değerlerinde gözlemlenen anlamlı artışlar küçük düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur. Grup ana etkisi ve zaman $\times$ grup etkileşiminin anlamlı bulunmaması, bu artışların tüm gruplarda benzer şekilde gerçekleştiğini ve dolayısıyla alınan protein takviyesine özgün bir durum olmadığını düşündürmektedir. Sol bacak yağ oranı değerleri incelendiğinde zaman ana etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, etki kaynağının ön test - son test değerleri ve ara test - son test değerlerinde gözlemlenen anlamlı artışlar küçük düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur.

Literatür incelendiğinde, Singh ve arkadaşları (2024) sedanter yetişkinlerde gerçekleştirdiği randomize kontrollü çalışmada, 12 haftalık direnç antrenmanı protokolüne ek olarak bezelye proteini suplementasyonunun kas hipertrofisi üzerindeki etkinliği whey proteini ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Vücut kompozisyonu verilerinden, yağ kütlesi ve vücut ağırlığı parametrelerinde gruplar

arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmadığını göstermekle birlikte hem bezelye proteini hem de whey proteini gruplarında bu parametrelerde hafif düzeyde regresyon eğilimi gözlemlenmiştir. Bu bulgular, enerji alımı ve harcamasının kontrollü olduğu koşullarda protein suplementasyonunun primer etki mekanizmasının adipoz doku yerine kas dokusunu hedeflediğine işaret etmektedir. Gözlemlenen minimal düzeydeki yağ kütlesi azalma eğiliminin altında yatan potansiyel mekanizmalar arasında, proteinin yüksek termik etkisi ve besin alımının düzenlenmesinde rol oynayan tokluk hormonları üzerindeki modülatör etkileri yer almaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, tez çalışmamızın sonuçlarıyla önem arz eden bir paralellik göstermektedir. Her iki çalışmada da yağ kütlesi ve vücut yağ ağırlığı parametrelerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu çalışmada vücut ağırlığı ve yağ kütlesinde gözlemlenen istatistiksel açıdan anlamlı olmayan ancak olumlu yöndeki azalma eğilimleri, bizim çalışmamızda da gruplar arasında ve zaman içinde anlamlı bir farkın olmayışı ile uyumludur. Bu tutarlılık, enerji kısıtlaması olmadan kullanılan protein takviyelerinin, vücut ağırlığı ve yağ kütlesi üzerinde tek başına dramatik ve anlamlı değişikliklere yol açmayabileceği görüşünü güçlendirmektedir. Bununla birlikte, her iki çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer örtüşen nokta, bezelye proteine dair potansiyel etkilerdir.

Ancak mevcut çalışmamızın bulgularından farklı olarak, Singh ve meslektaşlarının (2024) randomize kontrollü çalışmasında, bezelye proteini grubunda %2.3 ($p < 0.01$), whey proteini grubunda ise %2.4 ($p = 0.01$) oranında istatistiksel açıdan anlamlı kas hipertrofisi gözlemlenmiş olup, gruplar arası karşılaştırmada istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu sonuçlar, bezelye proteininin direnç antrenmanına bağlı kas protein sentez mekanizmaları ve hipertrofik adaptasyon süreçleri üzerinde whey proteini ile benzer etkinlik profili sergilediğine dair kanıt oluşturmaktadır.

Babault ve meslektaşları (2015) tarafından yürütülen randomize, çift-kör kontrollü klinik çalışmada, en az üç aydır düzenli antrenman yapmayan 161 sedanter erkek katılımcı, 12 haftalık progresif direnç antrenman programına paralel olarak bezelye proteini, whey proteini veya plasebo gruplarına randomize edilmiştir. Araştırma bulguları, bezelye proteini suplementasyonu sonucunda ultrasonografik olarak ölçülen pazu kas kalınlığındaki artışla birlikte whey grubunun da plasebo grubuna kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı üstün hipertrofik yanıt oluşturduğunu göstermiştir.

Cermak ve arkadaşlarının (2012), direnç antrenmanları yapan bireylerde protein takviyesinin kas kütlesi üzerindeki etkilerini inceleyen 22 randomize kontrollü çalışmayı meta-analizlerine dahil ederek yaptığı çalışmanın sonuçları, plaseboya kıyasla protein takviyesinin, direnç antrenmanına bağlı yağsız vücut kütlesi kazanımlarını istatistiksel açıdan anlamlı şekilde artırdığını ortaya koymuştur.

Benzer şekilde, Morton ve arkadaşlarının (2017) 49 çalışmayı kapsayan meta-analizlerinde, protein takviyesinin hem kas kütlesi hem de maksimal kuvvete anlamlı ve olumlu etkileri sağladığını belirlemişlerdir. Özellikle, bu çalışma takviye olarak protein kullanımının, antrenman geçmişi olan bireylerde daha belirgin olduğunu göstermiştir ve bizim çalışmamızın katılımcıları fiziksel olarak aktif bireyler olarak farklılaşmaktadır.

Tez çalışmamızın sonucunda, bezelye proteininin BKI üzerindeki olumlu etkisi umut verici olsa da genel vücut kompozisyonu sonuçlarımız, özellikle kas kütlesi ve bölgesel yağlanma bağlamında, literatürdeki bulgularla çelişmektedir. Bu da protein suplementasyonunun etkilerinin kesitsel ve bağlama bağlı olduğunu ve gelecekteki çalışmalarda bu bağlamsal faktörlerin daha sıkı kontrol altına alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.2. 60°/s ve 180°/s İzokinetik Test Verileri

Bezelye protein, whey protein ve plasebo kullanımının, ön test, ara test ve son test değerlerinde sağ ekstansiyon ortalama tork, sağ ekstansiyon zirve tork, sağ ekstansiyon relatif zirve tork, sağ ekstansiyon toplam iş, sağ fleksiyon ortalama tork, sağ fleksiyon zirve tork, sağ fleksiyon relatif zirve tork, sağ fleksiyon toplam iş, sol ekstansiyon ortalama tork, sol ekstansiyon zirve tork, sol ekstansiyon relatif zirve tork, sol ekstansiyon toplam iş, sol fleksiyon ortalama tork, sol fleksiyon zirve tork, sol fleksiyon relatif zirve tork, sol fleksiyon toplam iş parametrelerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sağ ekstansiyon ortalama tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu göstermiştir. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sağ ekstansiyon zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğunu göstermiştir. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. 60°/s son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. 180°/s son test değerleri ise ön testten büyük etki düzeyinde, ara testten orta etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sağ ekstansiyon relatif zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-

Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s ön test ve ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sağ ekstansiyon toplam iş değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s ön test ve ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s Sağ fleksiyon ortalama tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinde ve grup ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Zaman ana etkisindeki anlamlı bu farkı Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Grup ana etkisindeki farkı ise Post-Hoc analizler, farkın kaynağının Whey grubunun Plasebo grubundan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek değerlere sahip olmasından kaynaklandığını göstermiştir.

180°/s Sağ fleksiyon ortalama tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Zaman ana etkisindeki anlamlı bu farkı Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s Sağ fleksiyon zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ve grup ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, zaman etkisinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Grup farklılıkları incelendiğinde ise Whey grubunun, Plasebo grubundan istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek değerlere sahip olduğu bulunmuştur.

180°/s Sağ fleksiyon zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Zaman ana etkisindeki anlamlı bu farkı Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu

ortaya koymuştur. Son test değerleri hem n test hem de ara test değerlerinden istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sağ fleksiyon relatif zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem n test hem de ara test değerlerinden istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s n test ve ara test arasında da istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s sağ fleksiyon toplam iş değerleri incelendiğinde, zaman ve grup ana etkisinin istatikselsel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, zaman etkisinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu göstermiştir. Son test değerleri hem n test hem de ara test değerlerinden istatikselsel açıdan anlamlı ve orta etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Grup farklılıkları incelendiğinde ise Whey Protein grubunun, Plasebo grubundan istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek değerlere sahip olduğu bulunmuştur.

180°/s sağ fleksiyon ortalama tork verileri incelendiğinde, zaman ana etkisinde istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Zaman ana etkisindeki anlamlı bu farkı Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem n test hem de ara test değerlerinden istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sol ekstansiyon ortalama tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem n test hem de ara test değerlerinden istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s n test ve ara test arasında da istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sol ekstansiyon zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem n test hem de ara test değerlerinden istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s n test ve ara test arasında da istatikselsel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sol ekstansiyon relatif zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sol ekstansiyon toplam iş değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s sol fleksiyon ortalama tork değerleri incelendiğinde, zaman ve grup ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, zaman etkisinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu göstermiştir. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Grup farklılıkları incelendiğinde ise, Bezelye grubunun Plasebo grubundan yüksek etki büyüklüğüyle anlamlılık sınırında daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

180°/s sol fleksiyon ortalama tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Zaman ana etkisindeki anlamlı bu farkı Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s ön test ve ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sol fleksiyon zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s ön test ve ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s ve 180°/s sol fleksiyon relatif zirve tork değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde

daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 180°/s ön test ve ara test arasında da istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

60°/s sol fleksiyon toplam iş değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri hem ön test hem de ara test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

180°/s sol fleksiyon toplam iş değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

Literatür bakıldığında, Babault ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan araştırmada, 18-35 yaş aralığındaki 161 erkek katılımcı; bezelye proteini, whey proteini ve plasebo grubu olarak üç gruba ayrılmış ve 12 haftalık bir direnç antrenmanı uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda, uygulanan antrenman programının bir sonucu olarak, tüm gruplarda kuvvet kazanımı gözlemlense de bezelye proteini kullanan grup ile whey proteini kullanan grup arasında kuvvet artışı bakımından kayda değer bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu durum, bitki bazlı bir protein kaynağı olan bezelye proteininin, hayvansal kaynaklı whey proteini ile kıyaslanabilir ergojenik potansiyele sahip olduğunu düşündürmektedir.

Yüksek yoğunluklu fonksiyonel antrenman (HIFT) yapan bireyler ile yürütülen bir araştırmada, bezelye ve whey proteinlerinin kuvvet parametrelerine olası etkilerini incelemiştir (Banaszek vd., 2019). Sekiz haftalık antrenman sürecinin ardından, 1 Tekrar Maksimum (1RM) squat ve deadlift değerlerinde hem bezelye protein grubunda hem de whey protein grubunda benzer iyileşmeler görülmüştür. İki protein grubunda da kuvvet kazanımları açısından anlamlı bir farka rastlanmamış olması, bezelye proteininin whey proteini ile benzer şekilde kuvvet gelişimi sağlayabildiği yönündeki bulguları destekler niteliktedir.

Daha önce fiziksel olarak aktif olmayan yetişkinlerde 12 hafta boyunca (84 gün) uygulanan direnç antrenmanı programıyla birlikte bezelye ve whey proteinini bezelye ve whey proteini supplementasyonlarının etkileri incelenmiştir. Çalışmada kuvvet parametreleri; el kavrama kuvveti, alt ve üst vücut kuvvet testleri ile kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda, bezelye proteini kullanan grupta tüm vücut kas gücünde %16,1'lik bir artış ($p=0,01$) görülürken, whey proteini alan grupta %11,1'lik bir artış ($p=0,06$) saptanmıştır. Her ne kadar gruplar arasındaki bu farklılık

istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da çıktı olarak kabul edilen bulgular bezelye proteininin, sedanter bireylerde kuvvet kazanımını sağlamada en az whey proteini kadar etkili, hatta sayısal olarak daha yüksek bir artış eğilimi gösterebilecek bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır (Singh vd., 2024).

McKendry ve arkadaşları (2024) tarafından yaşlı bireyler üzerinde yürütülen çalışma, konuya moleküler düzeyde bir bakış açısı kazandırmaktadır. Araştırmanın bulguları hem whey hem de bezelye proteininin miyofibriler protein sentez (KPS) oranlarında plaseboya (kollajen proteini) kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı ve birbirine benzer düzeyde artış sağladığını ortaya koymuştur. İki yüksek kaliteli protein kaynağı arasında KPS tepkisi açısından anlamlı bir fark gözlemlenmemiş olması, bezelye proteininin de yaşlı bireylerde en az whey proteini kadar etkili bir anabolik uyaran oluşturabileceğine ve kas protein sentezini güçlü bir şekilde tetikleyebileceğine işaret etmektedir.

Söz konusu çalışmalardan çıktılarıyla mevcut çalışmamızın bulguları, bezelye proteininin kas kuvvetini geliştirmesi ve korunması açısından whey proteini ile kayda değer ölçüde benzer bir etkililik profiline sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çıktılara baktığımızda, direnç antrenmanlarını takiben ortaya çıkan akut toparlanma süreçlerinden, yaşlanmaya bağlı kas metabolizması değişimlerine kadar uzanan geniş bir perspektifle, bezelye proteininin en az whey proteini kadar güçlü bir anabolik yanıt oluşturabileceğini göstermektedir.

Farklı popülasyonlarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Nabuco ve arkadaşları (2019) tarafından yaşlı kadın popülasyonu üzerinde yürütülen çalışmada, 12 hafta süresince direnç antrenmanı programına dahil edilmiş ve antrenmanın izokinetik kas kuvveti (zirve tork değeri) üzerindeki etkileri, whey proteini takviyesi alan grubu ile plasebo grubu arasında karşılaştırılmıştır. Bulgular, direnç antrenmanının her iki grupta da kuvvet artışı sağlamış olup, whey proteini takviyesi alan grupta, plasebo grubuna kıyasla izokinetik kas kuvvetinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde daha yüksek bir iyileşme kaydedildiğini göstermiştir. Bu sonuç, yaşlı bireylerde direnç antrenmanına ek olarak yüksek kaliteli protein takviyesinin, fonksiyonel kapasiteyi destekleyen kas kuvveti kazanımlarını optimize etmede hayati bir önem arz ettiğini göstermektedir.

Kim ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada, diyetin standardize edildiği kontrollü bir koşul altında whey proteini takviyesinin olası etkileri incelenmiştir. Dört haftalık bir direnç antrenmanı programını sonrasında, protein takviyesi kullanan grubun, plasebo grubuna göre hem kas kütlesi artışında hem de fonksiyonel kapasitede daha belirgin gelişmeler sergilediği gözlemlenmiştir. Spesifik olarak, whey protein grubunda, baskın diz fleksörleri ile hem baskın hem de baskın olmayan omuz ekstansörlerinin zirve tork değerlerinde istatistiksel anlamlı artışlar kaydedilmiştir. Ayrıca, whey protein grubunda baskın diz ekstansörleri ve baskın omuz ekstansörlerinin toplam iş kapasitelerinde de plasebo grubuna göre daha yüksek düzeyde gelişim görülmüştür. Çıktılara baktığımızda, yeterli beslenme

koşulları sağlansa dahi whey proteini takviyesinin, direnç antrenmanına bağlı kas hipertrofisi ve nöromüsküler adaptasyon süreçlerini anlamlı ölçüde güçlendirebileceğini ortaya koymaktadır.

Literatürdeki bulgular her zaman tutarlı değildir. Whey proteininin mutlak üstünlüğüne dair genel kanının aksine, Duarte ve arkadaşlarının (2019) yürüttüğü bir araştırmada on iki haftalık bir direnç antrenmanı programına katılan bireylerde, whey proteini takviyesinin kas morfolojisi ve işlevsel kuvvet çıktılarına dair etkileri araştırılmıştır. Bulgular, izokinetik kas kuvvetinin belirteçleri olarak kıyaslanan zirve tork değerlerinde, her iki grupta da (whey ve plasebo) antrenmanın doğal etkisiyle genel bir artışın gerçekleştiği görülmektedir. Bu çalışmanın çarpıcı bulgusu olarak, whey proteini takviyesi kullanan gruptaki artış, plasebo grubuna kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir üstünlük oluşturmadığı anlaşılmıştır. Her iki grupta gözlemlenen zirve tork kazanımlarının benzer seviyelerde gerçekleşmiş olması, bu çalışma koşulları altında whey proteini takviyesinin kuvvet kazanımına, yalnızca direnç antrenmanın sağladığı etkiyi aşan ek bir katkı sunmadığını düşündürmektedir.

Farklı bitki bazlı protein karışımlarının etkinliğinin araştırılan çalışmalar incelendiğinde, Ahmad ve arkadaşlarının (2020), bitki bazlı protein (bezelye ve soya karışımı) takviyelerinin antrenman ile olan sinerjistik etkileşimini araştırdıkları çalışmada, sekiz haftalık direnç antrenmanı ile birlikte protein takviyesi alan kombine grubun, tek başına antrenman veya tek başına protein alan grupların alt ve üst vücut kuvvet parametreleri incelenmiştir. İnceleme çıktılarına göre, kombine grubun diz ve omuz fleksiyonunda ölçülen tepe torku değerlerinde, diğer iki gruba kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde daha yüksek kuvvet artışları gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, bitki bazlı protein takviyesinin, direnç antrenmanının oluşturduğu anabolik uyarıcı etkiyle birlikte uygulandığında sinerjistik bir etki yaratarak kas kuvveti gelişimini optimize edebileceğini göstermektedir. Araştırmacılar, bu olumlu sonuçların arkasında özellikle bu karışımın yüksek dallı zincirli amino asit (DZAA) içeriğinin kas protein sentezini uyarak söz konusu sinerjik etkinin oluşumunda belirleyici bir rol oynadığı öne sürmektedir. Bu bulgu, bitki bazlı proteinlerin yalnızca hayvansal kaynaklı proteinlere bir alternatif olmadığını, aynı zamanda antrenman adaptasyonlarını destekleyip optimize edebilen fonksiyonel bileşenler olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, mevcut literatür bulguları ışığında bezelye proteininin, kas kuvveti gelişimi, miyofibriler protein sentez uyarılması ve akut toparlanma gibi süreçleri temel fizyolojik parametreler açısından whey proteini ile karşılaştırılabilir bir etki profili sergilediği görülmektedir. Ayrıca, bitki bazlı proteinlerin direnç antrenmanı ile birlikte uygulandığında sinerjistik bir etki oluşturabildiği ve yüksek dallı zincirli amino asit (DZAA) içeriği sayesinde güçlü bir anabolik uyaran sağlayabildiği dikkate alındığında, bezelye proteininin sadece eşdeğer bir alternatif değil, aynı zamanda fonksiyonel ve potansiyel üstünlükler barındıran bir takviye kaynağı olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılabilir. Bu kapsamlı kanıtlar ışığında, bezelye proteininin, özellikle bitki bazlı beslenme

eğilimlerinin arttığı günümüz beslenme stratejilerinde, whey proteini için güvenilir, işlevsel ve bilimsel temellere dayanan bir alternatif olduğu sonucuna varılabilir.

4.3. Kalp Hızı Değişkeni Verileri

Bezelye protein, whey protein ve plasebo kullanımının, ön test, ara test ve son test değerlerinde; SDNN, TiNN, LF, TP, SD2, ApEn ve SampEn verilerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

NN aralıklarının standart sapması (SDNN) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının ön test değerlerindeki düşüklükten kaynaklandığını göstermiştir. Son test ve ara test değerlerinin, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğu bulunmuştur.

RR aralığı histogramının taban çizgisi genişliği (TiNN) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, ara test değerlerinin ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek olduğunu bulunmuştur.

Düşük frekans bandının mutlak gücü (LF) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

Toplam Güç (TP) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

Poincare Grafiği Uzun Eksen Sapması (SD2) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının ön test değerlerindeki düşüklükten kaynaklandığını göstermiştir. Son test ve ara test değerlerinin, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

Bir zaman düzenliliğini ve karmaşıklığını ölçen yaklaşık entropi (ApEn) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu ortaya koymuştur. Son test değerleri, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

Bir zaman serisinin düzenliliğini ve karmaşıklığını ölçen örnek entropisi (SampEn) değerleri incelendiğinde, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Ancak Bonferroni düzeltilmeli Post-Hoc analizler, zaman faktörüne ait hiçbir ikili karşılaştırmada istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Çalışmamızda, SDNN (Normal kabul edilen sinüs aralıklarının standart sapması), TİNN (NN aralığı histogramının taban çizgisi), LF (Düşük frekans gücü), TP (Toplam Güç) ve SD2 (Poincare Grafiği Uzun Eksen Sapması) değerlerinde ön teste kıyasla son testte anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir. SDNN, genel KHD'nin kapsamlı belirteçlerinden biri olarak kabul görürken bir azalması durumu da daha çok SSS'nin aktivitesinde bir yükselişe veya vagal (parasempatik) tonusta bir düşüşü işaret eder (Akuba vd., 2018).

Heffernan ve arkadaşlarının (2000) genç sağlıklı erkeklerde gerçekleştirdikleri bir çalışmada, akut süreli gerçekleştirilen bir direnç antrenmanı sonrasında SDNN ve kısa vadeli vagal tonun göstergesi olan RMSSD verilerinde anlamlı bir azalışı belirtmişlerdir. Bu çalışmaya benzer bakış açılarıyla, Kingsley ve arkadaşları (2009), bench press ve leg press hareketlerinden oluşan bir egzersize takiben LF ve HF değerlerinde azalma gözlemlenmiş ve bunun nedeni olarak artan sempatik aktivite ve azalan parasempatik aktivite ilişkisinden bahsetmiştir.

SD2'deki düşüşe baktığımızda ise, Tulppo ve arkadaşları (1996)'nın çalışmasıyla paralel olarak, uzun vadeli KAD'deki azalmayı ve buna bağlı olarak da otonom kontrolün küresel etki kapasitesindeki akut bir baskılanmayı karşımıza getiriyor olabilir. Bu bulguların toplu olarak değerlendirilmesi, uygulanan direnç antrenmanının, KVS'yi etkileyen akut fizyolojik stres kaynağı olarak işlevselleştiği ve otonom dengeyi sempatik sistemin yararına akut bir zaman için değiştirdiği bulgusunu desteklemektedir.

Çalışma elde ettiğimiz bulgulardan farklı olarak, Barbosa ve arkadaşlarının (2025) yürüttüğü çalışmada, direnç antrenmanının kalp atım hızı değişkenliğine (KAHD) olası etkileri fiziksel olarak aktif genç yetişkinler arasında değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya; 24 katılımcı dahil edilmiş ve katılımlar iki farklı gruba ayrılmıştır: direnç antrenmanı uygulayan grup (n=12) ve kontrol grubu (n=12). Direnç antrenmanı grubu, belirli bir süre boyunca düzenli olarak kuvvet egzersizlerini gerçekleştirmiş, kontrol

grubu ise yalnızca orta şiddette bir egzersiz programı uygulamıştır. Çalışma sonuçlarına göre, direnç antrenmanı yapan grupta SDNN ve SD2 değerlerinde artışlar anlamlı olarak bulunmuştur ($p < 0.01$). Bu artışlar, PSS aktivitesinde gelişme ile OSS dengesinin kuvvetlenmesi olarak yorumlanmıştır. Özellikle SD2 değerindeki anlamlı artış, kronik dönemli kalp atım aralığı değişkenliğinde bir gelişme ve iyileşmeye işaret etmekte ve bu da genel kardiyovasküler sağlığın olumlu bir yönde değiştiğini gözler önüne sermektedir. Araştırmacılar, direnç antrenmanının düzenli olarak uygulanmasının vagal tonusu artırabileceğini, dolayısıyla stres varlığının karşısında fizyolojik esnekliği (resilience) geliştirip iyileştirebileceğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, SDNN ve SD2 gibi göstergelerdeki yükselişler, kardiyovasküler risk faktörlerinin düşmesiyle de bağlantılı olabileceği düşünülmektedir.

Öte yandan, bizim yürüttüğümüz çalışmamızda SDNN ve SD2 değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı düşüşler gerçekleşmiştir. Buradaki farklılığın, Barbosa ve arkadaşlarının (2025) çalışmasında farklı olarak belirlenen antrenman protokolü (şiddet, süre, dinlenme aralığı), araştırmaya katılanların katılımcı profili (fiziksel aktif vs pasif bireyler), ölçüm süresi veya antrene edilen ekstremiteler gibi faktörlerden etkilenebileceği düşünülmektedir.

Bununla birlikte, çalışmamızın en çarpıcı bulgusu, yaklaşık entropi (ApEn) ve Örneklem Entropisi (SampEn) değerlerindeki istatistiksel açıdan anlamlı artıştır. Non-lineer değişkenlerin bir kısmı göstergesi olan entropi, sinyal karmaşıklığını ölçer ve düşük değerler düzensizlik kaybını (daha öngörülebilir, daha az sağlıklı bir sistem), yüksek değerler ise daha kompleks ve uyarlanabilir bir fizyolojik kontrol mekanizmasını işaret eder (Richman ve Moorman, 2000).

Barbosa ve arkadaşlarının yaptığı sistematik incelemede de direnç antrenmanlarının parasempatik aktiviteyi artırabileceği, özellikle non-lineer HRV göstergelerinde iyileşmeler sağladığı bildirilmiştir (Barbosa vd., 2014). Bahsedilen çalışmaya ek olarak, Martins ve Fernandes'in (2025) gerçekleştirdiği klinik çalışmada, 16 haftalık yüksek hızlı direnç antrenmanı (High-Speed Resistance Training - HSRT) programının yaşlı bireylerde kalp atım hızı değişkenliğine (KAHD) olası etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, toplumda bağımsız olarak yaşayan 65 yaş ve üzeri bireylerden oluşan 79 kişi rastgele iki gruba ayrılmıştır: müdahale grubu ($n = 40$) ve kontrol grubu ($n = 39$). Müdahale grubundaki katılımcılar, haftada üç gün, her biri yaklaşık 60–70 dakika süren gözetimli direnç antrenmanı seanslarına katılmışlardır. Antrenmanlar 5–6 farklı egzersizden oluşmuş ve her egzersiz 2–3 set, 6–10 tekrar şeklinde uygulanmıştır. Araştırmada kalp atım hızı değişkenliği, zaman, frekans ve non-lineer ölçümlerle 6 dakikalık bir dinlenme kaydına dayanarak analiz edilmiştir. Bulgulara göre, müdahale grubunda örneklem entropisi (SampEn) değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir artış tespit edilmiştir (etki büyüklüğü = 0.38). Bu artış, OSS üzerinde özellikle vagal (parasempatik) aktivitenin güçlendiğini ve kalp ritminin daha düzensiz ama sağlıklı bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir. Ayrıca çalışma, arterial sertlikte azalma ve stres indeksi gibi bazı diğer parametrelerde de olumlu değişimler olduğunu

ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, direnç antrenmanlarının yalnızca kas gücü ve fonksiyonel kapasiteyi değil, aynı zamanda kalbin otonom düzenleme kapasitesini de artırabileceğini göstermektedir. SampEn'deki artış, kalp ritminin daha karmaşık ve adaptif bir yapı kazandığına, dolayısıyla vagal tonusun arttığına ve bireyin stres toleransının iyileştiğine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, lineer parametrelerdeki (SDNN, LF, SD2) düşüş ile non-lineer parametrelerdeki (ApEn, SampEn) artış bir çelişki olarak değil, direnç antrenmanının çok boyutlu fizyolojik etkisinin bir yansıması olarak yorumlanmalıdır. Lineer parametrelerdeki değişim, antrenmanın akut bir stresör olarak işlev gördüğünü doğrularken; entropideki artış, kardiyak kontrol sisteminin bu strese verdiği yanıtın daha kompleks, esnek ve dolayısıyla potansiyel olarak daha verimli hal oluştuğuna yönelik bir belirteç olarak kabul görebilmektedir (Goldberger vd., 2002).

Literatürle uyum içinde, bu çalışmanın bulguları, akut bir direnç antrenmanının kalp atım hızı değişkenliğine dair iki yönlü etkiler göstermektedir: Geleneksel lineer parametrelerdeki (SDNN, LF, SD2) düşüş, sempatik aktivitede artış ve genel otonom tonusta azalmayı işaret ederken; non-lineer parametrelerdeki (ApEn, SampEn) artış ise, kardiyak kontrol sisteminin karmaşıklığında ve akut adaptif kapasitesinde bir iyileşmeyi işaret ediyor olabilir.

4.4. Yo-Yo Aralıklı Toprlanma Testi Verileri

Bezelye protein, whey protein ve plasebo kullanımının, ön test, ara test ve son test değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, tüm zaman noktaları arasında (ön test-ara test, ön test-son test ve ara test-son test) istatistiksel açıdan anlamlı ve orta-büyük etki düzeyinde performans artışları olduğunu göstermiştir.

Huang ve arkadaşları (2017) tarafından elit erkek atletlerle yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada, whey proteini takviyesinin aerobik dayanıklılık performansı üzerindeki ergojenik etkilerini incelemiştir. Beş haftalık bir müdahale sürecini takiben uygulanan 12 dakikalık koşu/yürüme testinde, whey proteini alan grupta, plasebo grubuna göre testin hem 9. (p<0.012) ve hem de 12. (p<0.012) dakikalarında kat ettikleri mesafelerde anlamlı artışlar gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, whey proteini takviyesinin özellikle dayanıklılık gerektiren egzersizlerin ileri aşamalarında performansı destekleyici potansiyel bir role sahip olabileceğine göstermektedir.

Elit dayanıklılık sporcularında yürütülen bir sistematik derlemede, direnç antrenmanının performans çıktıları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Analiz bulguları, direnç antrenmanının dayanıklılık performansının temel belirleyicileri olan koşu/bisiklet ekonomisi, maksimal oksijen

tüketimine karşılık gelen hız ve güç çıktıları (vVO_{2max}/pVO_{2max}) ve zamana karşı yarış performansında istatistiksel açıdan anlamlı iyileşmeler sağladığını ortaya koymaktadır. Çalışmada performans kazanımlarının altında yatan temel mekanizmaların, nöromüsküler adaptasyonlar aracılığı ile kas-tendon sertliğinin artması ve kuvvet üretim kapasitesinde gelişim gibi mekanizmaların rol oynadığı belirtilmiştir. Bu veriler, elit dayanıklılık sporcularının antrenman programlarına ek olarak direnç antrenmanının entegre edilmesinin, yalnızca geleneksel dayanıklılık antrenmanlarıyla elde edilemeyen spesifik performans parametrelerinde kritik gelişmeler sağlayabileceğini göstermektedir (Beattie vd., 2014).

Çalışmamızın bulgularının aksine Hartona ve arkadaşlarının yaptığı sistematik bir derlemede, eşzamanlı antrenman programlarına ek olarak kullanılan protein takviyelerinin, maksimal aerobik dayanıklılık (VO_{2maks}/VO_{2peak}) üzerinde, yalnızca antrenmanla elde edilen gelişimlerin ötesinde ek bir fayda sağlamadığını ortaya koymuştur. Hem antrenman geçmişi olanları hem de sedanter bireyleri kapsayan çalışmalardan elde edilen bu bulgu, protein alımının miyofibriler protein sentezini önemli ölçüde uyarmasına karşın, mitokondriyal protein sentezini ve buna bağlı aerobik metabolizmanın temel bileşenlerini yeterli düzeyde artırmamasına bağlanmaktadır. Sonuç olarak, aerobik performansın geliştirilmesi amaçlandığında, antrenman uyarısının kendisi asıl belirleyici faktör olarak ortaya çıkmakta ve protein takviyesinin ise bu spesifik adaptasyon sürecine doğrudan ve anlamlı bir katkısının sınırlı kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde taramasında incelenen bir derlemede, direnç antrenmanının maksimal oksijen tüketimine (VO_{2maks}) dair etkilerinin, insanların başlangıç kardiyorespiratuvar uygunluk seviyeleri ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan analizler, başlangıç VO_{2maks} değeri ile antrenman sonrası gözlemlenen iyileşme miktarı arasında anlamlı bir negatif korelasyon olduğunu karşımıza çıkarmaktadır ($r = -0.632$, $p < 0.001$). Elde edilen bu veri, özellikle genç bireylerde 40 ml/kg/dk 'nın, yaşlı bireylerde ise $25 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 'nin altında VO_{2maks} değerlerine sahip sedanter popülasyonlarda direnç antrenmanının VO_{2maks} değerlerini anlamlı derecede arttırabileceğini göstermektedir. Buna karşın, yüksek maksimal düzeyde oksijen tüketimi (VO_{2maks}) kapasitesine sahip antrenmanlı bireylerde, geleneksel direnç antrenmanı protokollerinin VO_{2maks} üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir gelişim oluşturmadığı rapor edilmemiştir (Ozaki vd., 2013).

Kumari ve arkadaşlarının (2025), aşırı kilolu genç erkeklerde yaptığı randomize kontrollü bir çalışmada, dört farklı antrenman modalitesinin kardiyorespiratuvar uygunluk üzerindeki etkilerini sistematik olarak karşılaştırmıştır. Çalışmanın bulguları, yalnızca direnç antrenmanı uygulandığında VO_{2maks} 'ı anlamlı düzeyde iyileştirmede yetersiz kaldığını göstermiştir. Yapılan analizler, direnç antrenman grubunun VO_{2maks} değerlerinin hem aerobik antrenman grubuna ($p < 0.001$) hem de kombine

antrenman grubuna ($p<0.001$) göre istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde düşük seviyede kaldığını göstermiştir.

Bu bulgular doğrultusunda, aerobik dayanıklılığa etki edebilecek antrenmanların önemli düzeyde bireyin başlangıç fiziksel uygunluk düzeyi, antrenman modalitesi ve hedeflenen fizyolojik adaptasyon biçimi gibi faktörlere bağlı olduğu sonucuna ulaşılabilir. Mevcut literatür, direnç antrenmanının tek başına uygulanmasının, sedanter ya da aşırı kilolu bireylerde dahi VO_{2max} değerlerinde anlamlı bir artış sağlamada yetersiz kalabileceğini; buna karşılık, elit sporcularda dayanıklılık performansını koşu/bisiklet ekonomisi ve nöromüsküler verimlilikteki gelişmeler aracılığıyla dolaylı olarak destekleyebileceğini göstermektedir. Aerobik dayanıklılığın gelişiminde belirleyici ögenin antrenmanın uyarının kendisi olduğu, protein takviyelerinin bu spesifik adaptasyon sürecine mitokondriyal sentezi doğrudan uyaramadığından kısıtlı bir yararı olduğu değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda, en uygun fizyolojik sonuçlara ulaşılabilmesi adına antrenman reçetelerinin, bireye özgü hedefler ile titizlikle planlanması gerekmektedir.

4.5. Uzan Eriş Verileri

Bezelye protein, whey protein ve plasebo kullanımının, ön test ile son test değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur, zaman ana etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür. Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc analizler, bu etkinin kaynağının son test değerlerindeki artış olduğunu göstermiştir. Son test değerleri, ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve küçük etki düzeyinde daha yüksek bulunmuştur.

Çalışma bulgularımızla benzer olarak, 2025 yılında yayınlanan ve 36 çalışma, 1469 katılımcıyı içeren bir meta analizde, direnç antrenmanlarının sağlıklı yetişkinlerde eklem hareket açıklığı üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı ve orta düzeyde etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan analizler sonucunda, egzersiz yoğunluğunun esneklik kazanımları üzerinde anlamlı bir yönetici parametre olduğunu belirlenmiştir ($p< 0.001$). Bu bulgu, özellikle yüksek yoğunlukta yapılan direnç antrenmanlarının eklem hareket açıklığını artırmada etkili bir yöntem olabileceğine ortaya koymaktadır (Favro vd., 2025).

16 haftalık progresif direnç antrenmanının esneklik üzerindeki etkilerini zamana ve ekleme bağlı olarak incelenen bir çalışmada, esneklik adaptasyonlarının homojen bir seyir izlemediğini hem eklem hareketine hem de zaman faktörüne bağlı olarak anlamlı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Omuz ekstansiyonu hareketinde başlangıçtan 8. haftaya kadar %10,4-11,1 oranında düzenli bir artış gözlemlenirken, kalça fleksiyonunda hareketinde ise farklı bir adaptasyon deseni tespit edilmiştir. Kalça fleksiyonunda ilk 8 haftada %3,7-3,9 oranında bir artışın ardından, 16. haftada bu kazanımların

kaybedildiği ve başlangıç değerlerine geri dönüşün olduğu (-%2,4 ile -%2,6) bildirilmiştir. Bu veriler, direnç antrenmanına bağlı esneklik kazanımları tek düze bir yapı olmadığını, aksine eklem hareketine özgü ve zamana bağlı değişen dinamik adaptasyon desenleri sergileyebileceğini açıkça göstermektedir (Ribeiro vd., 2017).

Mevcut literatürde, direnç antrenmanlarının tam hareket açıklığında uygulandığında eklem mobilitesi ve esneklik parametreleri üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği çeşitli çalışmalarla doğrulanmıştır (Favro vd., 2025; Ribeiro vd., 2017). Ancak, direnç antrenmanına eşlik eden protein suplementasyonunun esneklik üzerindeki spesifik etkilerini inceleyen randomize kontrollü çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Mevcut araştırmalar protein takviyelerini ağırlıklı olarak kas hipertrofisi, nöromüsküler kuvvet parametreleri ve egzersiz sonrası toparlanma süreçleri bağlamında ele alırken, esneklik gibi nöromüsküler olmayan fiziksel uygunluk bileşenlerine dair olası etkileri yeterince araştırılmamıştır. Bu durum, protein destekli antrenman protokollerinin esneklik performansı ile ilişkisini sistematik olarak inceleyen kontrollü klinik çalışmalara duyulan gereksinimi ortaya koymaktadır.

4.6. Algılanan Zorluk Derecesi Verileri

Bezelye protein, whey protein ve plasebo kullanımının, ön test ile son test değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca 18 antrenman boyunca değişimi AZD incelendiğinde, tüm gruplarda antrenman sürecinin ilerlemesiyle birlikte algılanan zorluk derecesi skorlarında önemli ölçüde bir azalış olduğu karşımıza çıkmaktadır. Buna ek olarak algılanan zorluk derecesi skorlarında ilk antrenman ile son antrenman arasında Plasebo grubunda %17,0, Bezelye grubunda %19,5 ve Whey grubunda %20,5 azalış görülmektedir.

Literatüre bakıldığında çalışma bulgularımızla benzer olarak, Çevik (2024) tarafından kadın basketbolcular üzerinde yürütülen tez çalışmasından elde edilen bulgularda, sporcuların Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) skorlarında, sezon öncesi dönemden sezon içi döneme geçişle birlikte istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma meydana geldiğini göstermiştir. Bu bulguya göre, antrenmanlara ilişkin AZD skorları sezon içi dönemde %14,81 oranında ($p=0.001$) azalırken, bu azalma müsabakalar için %18,03 ($p=0,035$) olarak kaydedilmiştir. Bu çıktıları göre, sezon ilerledikçe benzer antrenman ve müsabaka yüklerinin, kadın basketbolcular tarafından fiziksel uygunluk düzeyi artması ve psikofizyolojik uyum sürecine bağlı olarak daha az zorlayıcı olarak algılandığını ve mental dayanıklılıklarının geliştiğini buna bağlı olarak da bu durumun performansın korunmasına katkı sağladığı söylenebilir.

Arslan (2023) tarafından badmintoncular üzerinde yürütülen bir tez çalışmasında, antrenman sonrası akut Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) skorlarındaki haftalık değişimler incelenmiştir. Altı

haftalık antrenman periyodu boyunca AZD skorlarında belirgin dalgalanmalar gözlemlenmiş olup skor dağılımı, 2. ve 3. haftalar arasında %7,35'lik bir artış göstermiş; ancak takip eden dönemde, 3. haftadaki antrenman skorundan başlayarak 4. ve 5. haftalar boyunca toplamda %19,3'lük önemli bir düşüş gerçekleşmiştir. Bunun aksine, bu düşüş eğilimi 5. haftadan 6. haftaya geçişte tersine dönmüş ve algılanan antrenman yükü %15,4'lük bir artış göstermiştir. Bu stabil olmayan değişim desende, algılanan zorluğun antrenman süreci boyunca sabit bir lineer trend izlemek yerine, dalgalı ve stabiliteden uzak bir adaptasyon sürecinin göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bulguların ışığında, algılanan zorluk derecesinin, sporcuların antrenman yüklerine verdikleri psikofizyolojik tepkinin zamanla değişen bir göstergesi olduğu, dolayısıyla antrenman uyumu, yorgunluk durumu ve performans hazırlığının izlenmesinde ciddi bir parametre olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, fiziksel olarak aktif, yetişkin kadınlarda direnç antrenmanına ek olarak alınan bezelye ve whey proteini takviyesinin bazı fiziksel uygunluk parametreleri ve kalp hızı değişkenliği üzerine etkilerinin karşılaştırılmasının incelenmesi çalışmasından elde edilen bulgular ile vücut kompozisyonundan kazanılan çıktılar değerlendirildiğinde;

- Bezelye, whey ve plasebo gruplarında; ön test, ara test ve son testte VA, VYO, VYK ve YVK değerleri farklılaşmış olsa da istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır.
- Bezelye grubunda, son test BKİ değerleri ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlı ve daha düşük olarak bulunmuştur.
- Kas Kütlesi değerleri incelendiğinde zaman $\times$ grup etkileşiminin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuş ve analizlerde bu anlamlı farkın bezelye grubunda, son test değerlerinin ön test değerlerinden istatistiksel açıdan anlamlılık sınırına yakın bir düzeyde ve küçük bir etki büyüklüğünde olduğu görülmüştür.
- Sağ bacak yağ oranında zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuş ve analizlerde bu anlamlı fark son test değerlerinin ön testlerden küçük etki düzeyinde anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.
- Sol bacak yağ oranında zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuş ve analizlerde son test değerlerinin hem ön hem ara testlerden küçük etki düzeyinde daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Elde edilen bulgulara göre, bezelye proteini grubunda vücut kitle indeksinde anlamlı düşüş ve kas kütlesinde sınırda anlamlılık düzeyinde artış gözlenirken, bacak bölgesi yağ oranlarında zamanla küçük etki büyüklüğünde artışlar gözlenmiştir. Bu durum, BP'nin vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak belirgin sonuçlar üretmekten ziyade, özellikle vücut kitle indeksi ve kas kütlesi üzerinde hafif ve zamana yayılan fizyolojik uyumlar şeklinde ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir.

6 hafta boyunca 60°/s açısal hızlarda uygulanan izokinetik diz eklemi antrenmanı sonucunda; 60°/s ve 180°/s derecelik açılarda yapılan ölçümlerde, bezelye, whey ve plasebo gruplarının izokinetik ortalama tork, zirve tork, relatif zirve tork ve toplam iş değerlerinin; ön test, ara test ve son test verileri incelendiğinde:

- Sağ ekstansiyon ortalama tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin hem ön hem ara testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.

- Sağ ekstansiyon zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sağ ekstansiyon relatif zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sağ ekstansiyon toplam iş verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sağ fleksiyon ortalama tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde istatistiksel anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Sağ fleksiyon ortalama tork verileri grup ana etkisinde 60°/s açısal hızda istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, whey grubu değerlerinin plasebo grubu değerlerinden istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- Sağ fleksiyon zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Sağ fleksiyon zirve tork verileri grup ana etkisinde 60°/s açısal hızda istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, whey grubu değerlerinin plasebo grubu değerlerinden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- Sağ fleksiyon relatif zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sağ fleksiyon toplam iş verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Sağ fleksiyon toplam iş verileri grup ana etkisinde 60°/s açısal hızda istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, whey

grubu değerlerinin plasebo grubu değerlerinden istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.

- Sol ekstansiyon ortalama tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin n testlerden büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sol ekstansiyon zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin n testlerden büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sol ekstansiyon relatif zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin hem n hem ara testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- Sol ekstansiyon toplam iş verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin hem n hem ara testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- Sol fleksiyon ortalama tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin n testlerden istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Sol fleksiyon ortalama tork verileri grup ana etkisinde 60°/s açısal hızda istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, bezelye grubu değerlerinin plasebo grubu değerlerinden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- Sol fleksiyon zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin n testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten yüksek etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sol fleksiyon relatif zirve tork verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak yüksek etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin n testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 180°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.
- Sol fleksiyon toplam iş verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde anlamlı olarak artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin n testlerden istatistiksel olarak büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. 60°/s son test değerleri, ara testten büyük etki düzeyinde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.

6 hafta boyunca 60°/s açısal hızlarda uygulanan izokinetik diz eklemi antrenmanı sonucunda; kalp hızı değişkenliğinde yapılan ölçümlerde, bezelye, whey ve plasebo gruplarının SDNN, TiNN, LF, TP, SD2, ApEn ve SampEn değerlerinin; ön test, ara test ve son test verileri incelendiğinde:

- SDNN verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde azalmıştır. Bu azalışlar, son ve ara test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- RR verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde azalmıştır. Bu azalışlar, ara test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- LF verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde azalmıştır. Bu azalışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- TP verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde azalmıştır. Bu azalışlar, son test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- SD2 verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde azalmıştır. Bu azalışlar, son ve ara test değerlerinin ön testlerden, büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- ApEn verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde artmıştır. Bu artışlar, son test değerlerinin ön testlerden, orta etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.
- SampEn verileri zaman ana etkisinde istatistiksel olarak anlamalı ve orta etki büyüklüğünde artmıştır. Bu artışlar, değerlendirildiğinde hiçbir ikili karşılaştırmada istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır.

6 hafta boyunca 60°/s açısal hızlarda uygulanan izokinetik diz eklemi antrenmanı sonucunda; Yo-yo aralıklı toparlanma testi ile yapılan ölçümlerde, bezelye, whey ve plasebo gruplarının VO₂maks (mL.min⁻¹.kg⁻¹) değerlerinin; ön test, ara test ve son test verileri incelendiğinde:

- VO₂max (mL.min⁻¹.kg⁻¹) verileri zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı ve büyük etki düzeyinde artmıştır. Bu artışlar son test değerlerinin hem ön hem ara testlerden, ara test değerlerinin ön testlerden orta-büyük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.

6 hafta boyunca 60°/s açısal hızlarda uygulanan izokinetik diz eklemi antrenmanı sonucunda; uzan eriş testi ile yapılan ölçümlerde, bezelye, whey ve plasebo gruplarının uzan eriş değerlerinin; ön test, ara test ve son test verileri incelendiğinde:

- Uzan eriş verileri zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı ve orta etki düzeyinde artmıştır. Bu artışlar son test değerlerinin ön testlerden, küçük etki düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.

6 hafta boyunca 60°/s açısal hızlarda uygulanan izokinetik diz eklemi antrenmanı sonucunda; algılanan zorluk derecesi skorlarında ile, bezelye, whey ve plasebo gruplarının algılanan zorluk değerlerinin; ön test, ara test ve son test verileri incelendiğinde:

- Algılanan zorluk derecesi skorları zaman ana etkisinde istatistiksel açıdan anlamlı azalmıştır. 18 antrenman boyunca AZD skorları incelendiğinde tüm gruplarda belirgin azalmalar görülmektedir. Ek olarak skorlarda; ilk antrenman ile son antrenman arasında Plasebo grubunda %17,0, Bezelye grubunda %19,5 ve Whey grubunda %20,5 azalış görülmektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışması izokinetik sistemde yapılan direnç antrenmanına ek olarak alınan protein takviyelerinin, plasebo grubuna göre kuvvet testlerinde anlamlı düzeyde etkilediğini, alanyazında bulunan mevcut araştırma ve çalışmalarla destekleyerek ortaya koymuştur.

Protein takviyesi gruplarının birbirine yakın sonuçlar vermesi, gelecek çalışmalarda protein çeşitlerinin birlikte kullanımı ve dozajı gibi değişkenlerin daha detaylı incelenmesinin değerli olacağını düşündürmektedir.

Direnç antrenmanı yapan fiziksel aktif kadınların kullandıkları bezelye ve whey proteinleri aynı kuvvet testlerinin farklı noktalarında birbirlerine üstünlük sağlayarak aslında birbirlerinin alternatifi olabileceklerini göstermişlerdir.

Direnç antrenmanlarının aerobik dayanıklılığı tüm gruplarda arttırması önem arz eden bir veri olarak karşımıza çıkmakta ve ileride yapılacak çalışmalar için bakış açısı sunabilmektedir.

Direnç antrenmanlarının esnekliği tüm gruplarda arttırması önem arz eden bir çıktı olarak bulunmaktadır ve gelecekteki çalışmalar için farklı görüş açıları sağlamaktadır.

Farklı yaş grupları, fiziksel durum veya sporcu ve spor branşları popülasyonlarında yapılacak araştırmalar, direnç antrenmanlarının ve protein takviyeleriyle birlikte etki düzeylerine dair daha kapsamlı çıktılar elde edilmesine olanak sağlayabilir.

Algılanan zorluk derecesi skorlarının protein gruplarında plasebo grubuna göre belirgin şekilde azalması, protein takviyelerinin sadece fizyolojik adaptasyonları değil, aynı zamanda egzersizin

subjektif değerlendirmesini de olumlu olarak değiştirebileceğine dair işaretler içermektedir. Antrenman verimliliği ve aynı zamanda devamlılığını artırmak için, egzersiz programlarına takviye desteğinin dahil edilmesi pratik bir öneri olarak sunulabilir.

HRV parametrelerinin farklılaşması izole diz egzersizlerinin OSS zerindeki etkilerinin sınırlı veya değişken olabileceğini düşündürmektedir. Otonom dengede, özellikle parasempatik aktivitede daha belirgin ve tutarlı iyileşmeler sağlamak için, gelecek araştırmalarda tüm vücudu çalıştıran, çok eklemli ve birden fazla ekstremiteyi içeren antrenman protokollerinin kullanılması kalp sağlığı verilerini etkili kılacaktır.

Çalışmamız n, ara ve son testlerini içermekle birlikte, protein takviyesi ve antrenmanın etkilerinin kalıcılığını değerlendirmek için uzun dönemli takip çalışmaları yapılması, bu müdahalelerin sürdürülebilirliği ve uzun dönemli faydaları hakkında daha derin bir anlayış kazandıracaktır.

KAYNAKLAR

- Abreu, R., Oliveira, C. B., Costa, J. A., Brito, J., and Teixeira, V. H. (2023). Effects of dietary supplements on athletic performance in elite soccer players: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 2236060.
- Ahmad, A. H., Ong, M. L. Y., & Ooi, F. K. (2020). Combined Effects of Plant-based Protein Supplementation with 8-week Resistance Training on Muscular Strength, Protein Catabolism, Immune Functions and Bone Metabolism Markers in Adult Males. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 16(4), 202–210.
- Akuba, N., & Risdiana, N. (2018). Comparison the level of Standard Deviation of N-N interval (SDNN) among Adolescent in Non Smokers and Smokers in Yogyakarta. , 9, 30-34. <https://doi.org/10.20885/jkki.vol9.iss1.art6>.
- Anthony, J. C., Yoshizawa, F., Anthony, T. G., Vary, T. C., Jefferson, L. S., and Kimball, S. R. (2000). Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *The Journal of nutrition*, 130(10), 2413–2419.
- Arslan, E. (2023) Badmintoncuların 6 haftalık antrenman yük profillerinin belirlenmesi [Yüksek lisans tezi]. Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir.
- Atherton, P. J., Etheridge, T., Watt, P. W., Wilkinson, D., Selby, A., Rankin, D., Smith, K., and Rennie, M. J. (2010). Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *The American journal of clinical nutrition*, 92(5), 1080–1088.
- Atherton, P. J., Smith, K., Etheridge, T., Rankin, D., and Rennie, M. J. (2010). Distinct anabolic signalling responses to amino acids in C2C12 skeletal muscle cells. *Amino acids*, 38(5), 1533–1539.
- Babault, N., De Cesare, M., Affes, H., Arnaud, P., Lancha, A. H., & Brosseau, R. (2015). Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), P5.
- Baltzopoulos, V., and Brodie, D. (1989). Development of a computer system for real-time display and analysis of isokinetic data. *Clinical biomechanics*, 4(2), 118–120.
- Banaszek, A., Townsend, J. R., Bender, D., vd. (2019). The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIFT): A Pilot Study. *Sports*, 7(1), 12.
- Bangsbo, J., Mohr, M., and Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665–674.
- Bar-Peled, L., and Sabatini, D. M. (2014). Regulation of mTORC1 by amino acids. *Trends in cell biology*, 24(7), 400–406.
- Barbosa, G. M., Gobbo, H. R., Oliveira, L. C. D., Morales, A. P., & Oliveira, G. V. D. (2025). The impact of resistance training on heart rate variability parameters in physically active young adults. *Jornal Vascular Brasileiro*, 24, e20240150.

- Barbosa, M. P. D. C. D. R., Silva, A. K. F. D., Bernardo, A. F. B., Souza, N. M. D., Neto Junior, J., Pastre, C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2014). Influence of resistance training on cardiac autonomic modulation: literature review. *MedicalExpress*, 1, 284-288.
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44, 845–865. DOI: 10.1007/s40279-014-0157-y
- Bell, G. J., and Wenger, H. A. (1992). Physiological adaptations to velocity-controlled resistance training. *Sports Medicine*, 13(4), 234–244.
- Biolo, G., Maggi, S. P., Williams, B. D., Tipton, K. D., and 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.
- Biolo, G., Tipton, K. D., Klein, S., and Wolfe, R. R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 273(1), E122–E129.
- Bohé, J., Low, A., Wolfe, R. R., and Rennie, M. J. (2003). Human muscle protein synthesis is modulated by extracellular, not intramuscular amino acid availability: a dose-response study. *The Journal of physiology*, 552(1), 315–324.
- Bohé, J., Low, J. A., Wolfe, R. R., and Rennie, M. J. (2001). Rapid report: latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids. *The Journal of physiology*, 532(2), 575–579.
- Boirie, Y., Gachon, P., and Beaufriere, B. (1997). Splanchnic and whole-body leucine kinetics in young and elderly men. *The American journal of clinical nutrition*, 65(2), 489–495.
- Borack, M. S., Reidy, P. T., Husaini, S. H., Markofski, M. M., Deer, R. R., Richison, A. B., Lambert, B. S., Cope, M. B., Mukherjea, R., and Jennings, K. (2016). Soy-dairy protein blend or whey protein isolate ingestion induces similar postexercise muscle mechanistic target of rapamycin complex 1 signaling and protein synthesis responses in older men. *The Journal of nutrition*, 146(12), 2468–2475.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(5), 377–381.
- Bornhorst, G. M., and Paul Singh, R. (2014). Gastric digestion in vivo and in vitro: how the structural aspects of food influence the digestion process. *Annual review of food science and technology*, 5(1), 111–132.
- Bouchard, C. (1994). Physical activity, fitness, and health: the model and key concepts. *Physical activity, fitness, and health*, 77–88.
- Boye, J., Zare, F., and Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food research international*, 43(2), 414–431.
- Bright, T. E., Handford, M. J., Mundy, P., Lake, J., Theis, N., and Hughes, J. D. (2023). Building for the future: a systematic review of the effects of eccentric resistance training on measures of physical performance in youth athletes. *Sports Medicine*, 53(6), 1219–1254.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., and Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 379–387.

- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Human Kinetics.
- Brown, L. E., and Weir, J. P. (2001). ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3).
- Brown, L. E., Whitehurst, M., and Findley, B. W. (2005). Reliability of rate of velocity development and phase measures on an isokinetic device. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 189–192.
- Bröer, S., and Fairweather, S. J. (2019). Amino acid transport across the mammalian intestine. *Comprehensive Physiology*, 9(1), 343–373.
- Buckley, J. D., Thomson, R. L., Coates, A. M., Howe, P. R., DeNichilo, M. O., and Rowney, M. K. (2010). Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *Journal of science and medicine in sport*, 13(1), 178–181.
- Bukhari, S. S., Phillips, B. E., Wilkinson, D. J., Limb, M. C., Rankin, D., Mitchell, W. K., Kobayashi, H., Greenhaff, P. L., Smith, K., and 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.
- Burd, N. A., Holwerda, A. M., Selby, K. C., West, D. W., Staples, A. W., Cain, N. E., Cashaback, J. G., Potvin, J. R., Baker, S. K., and Phillips, S. M. (2010). Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *The Journal of physiology*, 588(16), 3119–3130.
- Burd, N. A., Yang, Y., Moore, D. R., Tang, J. E., Tarnopolsky, M. A., and Phillips, S. M. (2012). Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men. *British Journal of nutrition*, 108(6), 958–962.
- Burger, M. E., and Burger, T. A. (2002). Neuromuscular and hormonal adaptations to resistance training: implications for strength development in female athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 24(3), 51–59.
- Burke, D. G., Chilibeck, P. D., Davison, K. S., Candow, D. C., Farthing, J., and Smith-Palmer, T. (2001). The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 11(3), 349–364.
- Burtscher, J., Millet, G. P., and Burtcher, M. (2023). Pushing the limits of strength training. *American journal of preventive medicine*, 64(1), 145–146.
- Campbell, W. W., Deutz, N. E., Volpi, E., and Apovian, C. M. (2023). Nutritional interventions: dietary protein needs and influences on skeletal muscle of older adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 78(Supplement_1), 67–72.
- Carroll, T. J., Riek, S., and Carson, R. G. (2001). Neural adaptations to resistance training: implications for movement control. *Sports Medicine*, 31(12), 829–840.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chamari, K., Carlomagno, D., and Rampinini, E. (2006). Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 320–325.

- Cermak, N. M., de Groot, L. C., Saris, W. H., and Van Loon, L. J. (2012). Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 96(6), 1454–1464.
- Chantranupong, L., Scaria, S. M., Saxton, R. A., Gygi, M. P., Shen, K., Wyant, G. A., Wang, T., Harper, J. W., Gygi, S. P., and Sabatini, D. M. (2016). The CASTOR proteins are arginine sensors for the mTORC1 pathway. *Cell*, 165(1), 153–164.
- Chantranupong, L., Wolfson, R. L., Orozco, J. M., Saxton, R. A., Scaria, S. M., Bar-Peled, L., Spooner, E., Isasa, M., Gygi, S. P., and Sabatini, D. M. (2014). The Sestrins interact with GATOR2 to negatively regulate the amino-acid-sensing pathway upstream of mTORC1. *Cell reports*, 9(1), 1–8.
- Chesley, A., MacDougall, J., Tarnopolsky, M., Atkinson, S., and Smith, K. (1992). Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. *Journal of applied physiology*, 73(4), 1383–1388.
- Churchward-Venne, T. A., Burd, N. A., Mitchell, C. J., West, D. W., Philp, A., Marcotte, G. R., Baker, S. K., Baar, K., and 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.
- Cintineo, H. P., Arent, M. A., Antonio, J., and Arent, S. M. (2018). Effects of protein supplementation on performance and recovery in resistance and endurance training. *Frontiers in Nutrition*, 5, 400140.
- Clamann, H., and Broecker, K. (1979). Relation between force and fatigability of red and pale skeletal muscles in man. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58(2), 70–85.
- Committee, P. A. G. A. (2008). Physical activity guidelines advisory committee report, 2008. *Washington, DC: US Department of Health and Human Services, 2008*, A1–H14.
- Corcoran, M. P., Lamon-Fava, S., and Fielding, R. A. (2007). Skeletal muscle lipid deposition and insulin resistance: effect of dietary fatty acids and exercise. *The American journal of clinical nutrition*, 85(3), 662–677.
- Cuthbertson, D., Smith, K., Babraj, J., Leese, G., Waddell, T., Atherton, P., Wackerhage, H., Taylor, P. M., and Rennie, M. J. (2005). Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. *The FASEB Journal*, 19(3), 1–22.
- Çevik, A. (2024) Kadın basketbolcuların antrenman ve müsabaka yük takiplerinin değerlendirilmesi [Doktora tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Çiftçi, R., Kızılay, F., Özbağ, D., and Ersoy, Y. (2020). Efficacy of early rehabilitation in a patient with spinal cord ischemia and hypoxic-ischemic encephalopathy: a case report. *Medical Records*, 2(3), 104–107.
- Dahl, W. J., Foster, L. M., and Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of nutrition*, 108(S1), S3–S10.
- Deschenes, M. R., and Kraemer, W. J. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(11), S3–S16.
- Devries, M. C., and Phillips, S. M. (2015). Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *Journal of food science*, 80(S1), A8–A15.

- Dickinson, J. M., Drummond, M. J., Coben, J. R., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2013). Aging differentially affects human skeletal muscle amino acid transporter expression when essential amino acids are ingested after exercise. *Clinical nutrition*, 32(2), 273–280.
- Dickinson, J. M., Fry, C. S., Drummond, M. J., Gundermann, D. M., Walker, D. K., Glynn, E. L., Timmerman, K. L., Dhanani, S., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2011). Mammalian Target of Rapamycin Complex 1 Activation Is Required for the Stimulation of Human Skeletal Muscle Protein Synthesis by Essential Amino Acids1–3. *The Journal of nutrition*, 141(5), 856–862.
- Dickinson, J. M., and Rasmussen, B. B. (2013). Amino acid transporters in the regulation of human skeletal muscle protein metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 16(6), 638–644.
- Dincer, M., and Erdemir, İ. (2019). Maksimal direnç antrenmanlarında farklı dinlenme aralıklarının performans üzerindeki etkisi (Bench-Press). *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, 5(4), 227–237.
- Dirks, M. L., Wall, B. T., Nilwik, R., Weerts, D. H., Verdijk, L. B., and Van Loon, L. J. (2014). Skeletal muscle disuse atrophy is not attenuated by dietary protein supplementation in healthy older men. *The Journal of nutrition*, 144(8), 1196–1203.
- Dirks, M. L., Wall, B. T., Van De Valk, B., Holloway, T. M., Holloway, G. P., Chabowski, A., Goossens, G. H., and van Loon, L. J. (2016). One week of bed rest leads to substantial muscle atrophy and induces whole-body insulin resistance in the absence of skeletal muscle lipid accumulation. *Diabetes*, 65(10), 2862–2875.
- Donati, M., Menozzi, D., Zighetti, C., Rosi, A., Zinetti, A., and Scazzina, F. (2016). Towards a sustainable diet combining economic, environmental and nutritional objectives. *Appetite*, 106, 48–57.
- Draganidis, D., Chondrogianni, N., Chatzinikolaou, A., Terzis, G., Karagounis, L. G., Sovatzidis, A., Avloniti, A., Lefaki, M., Protopapa, M., and Deli, C. K. (2017). Protein ingestion preserves proteasome activity during intense aseptic inflammation and facilitates skeletal muscle recovery in humans. *British Journal of nutrition*, 118(3), 189–200.
- Dreyer, H. C., Fujita, S., Cadenas, J. G., Chinkes, D. L., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2006). Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 576(2), 613–624.
- Drummond, M. J., Dickinson, J. M., Fry, C. S., Walker, D. K., Gundermann, D. M., Reidy, P. T., Timmerman, K. L., Markofski, M. M., Paddon-Jones, D., and Rasmussen, B. B. (2012). Bed rest impairs skeletal muscle amino acid transporter expression, mTORC1 signaling, and protein synthesis in response to essential amino acids in older adults. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 302(9), E1113–E1122.
- Drummond, M. J., Fry, C. S., Glynn, E. L., Dreyer, H. C., Dhanani, S., Timmerman, K. L., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2009). Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *The Journal of physiology*, 587(7), 1535–1546.
- Drummond, M. J., Fry, C. S., Glynn, E. L., Timmerman, K. L., Dickinson, J. M., Walker, D. K., Gundermann, D. M., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2011). Skeletal muscle amino acid transporter expression is increased in young and older adults following resistance exercise. *Journal of applied physiology*, 111(1), 135–142.
- Drummond, M. J., Glynn, E. L., Fry, C. S., Timmerman, K. L., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2010). An increase in essential amino acid availability upregulates amino acid transporter expression in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 298(5), E1011–E1018.

- Drummond, M. J., and Rasmussen, B. B. (2008). Leucine-enriched nutrients and the regulation of mammalian target of rapamycin signalling and human skeletal muscle protein synthesis. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 11(3), 222–226.
- Duarte, N. M., Cruz, A. L., Silva, D. C., & Cruz, G. M. (2020). Intake of whey isolate supplement and muscle mass gains in young healthy adults when combined with resistance training: a blinded randomized clinical trial (pilot study). *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(1), 75–84. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09741-X>
- Dvir, Z. (2025). *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications*. Taylor and Francis.
- Farthing, J. P., and Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European journal of applied physiology*, 89(6), 578–586.
- Favro, F., Roma, E., Gobbo, S., Bullo, V., Di Blasio, A., Cugusi, L., & Bergamin, M. (2025). The influence of resistance training on joint flexibility in healthy adults: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 39(3), 386–397.
- Fenn, W., and Marsh, B. (1935). Muscular force at different speeds of shortening. *The Journal of physiology*, 85(3), 277.
- Fleck, S. J., and Kraemer, W. J. (1988). Resistance training: physiological responses and adaptations (part 2 of 4). *The Physician and Sportsmedicine*, 16(4), 108–124.
- Folland, J. P., and Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145–168.
- Frontera, W. R., and Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified tissue international*, 96(3), 183–195.
- Fuchs, C. J., Hermans, W. J., Holwerda, A. M., Smeets, J. S., Senden, J. M., van Kranenburg, J., Gijsen, A. P., Wodzig, W. K. H., Schierbeek, H., and Verdijk, L. B. (2019). Branched-chain amino acid and branched-chain ketoacid ingestion increases muscle protein synthesis rates in vivo in older adults: a double-blind, randomized trial. *The American journal of clinical nutrition*, 110(4), 862–872.
- Fuentes-García, M. A., Malchrowicz-Moško, E., and Castañeda-Babarro, A. (2024). Effects of variable resistance training versus conventional resistance training on muscle hypertrophy: A systematic review. *Sport Sciences for Health*, 20(1), 37–45.
- Fujita, S., Dreyer, H. C., Drummond, M. J., Glynn, E. L., Cadenas, J. G., Yoshizawa, F., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2007). Nutrient signalling in the regulation of human muscle protein synthesis. *The Journal of physiology*, 582(2), 813–823.
- Ge, J., Sun, C. X., Corke, H., Gul, K., Gan, R. Y., and Fang, Y. (2020). The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1835–1876.
- Glynn, E. L., Fry, C. S., Drummond, M. J., Dreyer, H. C., Dhanani, S., Volpi, E., and Rasmussen, B. B. (2010). Muscle protein breakdown has a minor role in the protein anabolic response to essential amino acid and carbohydrate intake following resistance exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 299(2), R533–R540.

- Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Peng, C. K., & Stanley, H. E. (2002). Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(suppl_1), 2466-2472.
- Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden, J. M., Waterval, W. H., Bierau, J., Verdijk, L. B., and Van Loon, L. J. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino acids*, 50(12), 1685–1695.
- Gorissen, S. H., Horstman, A. M., Franssen, R., Crombag, J. J., Langer, H., Bierau, J., Respondek, F., and Van Loon, L. J. (2016). Ingestion of wheat protein increases in vivo muscle protein synthesis rates in healthy older men in a randomized trial. *The Journal of nutrition*, 146(9), 1651–1659.
- Gorissen, S. H., and Witard, O. C. (2018). Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society*, 77(1), 20–31.
- Govindasamy, K., Parpa, K., Katanic, B., Clark, C. C., Elayaraja, M., Kambitta Valappil, I. N., Dulceanu, C., Geantă, V. A., Tolan, G. A., and Zouhal, H. (2025). Effect of Plant-Based Proteins on Recovery from Resistance Exercise-Induced Muscle Damage in Healthy Young Adults—A Systematic Review. *Nutrients*, 17(15), 2571.
- Greenhaff, P. L., Karagounis, L., Peirce, N., Simpson, E. J., Hazell, M., Layfield, R., Wackerhage, H., Smith, K., Atherton, P., and Selby, A. (2008). Disassociation between the effects of amino acids and insulin on signaling, ubiquitin ligases, and protein turnover in human muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 295(3), E595–E604.
- Groen, B. B., Horstman, A. M., Hamer, H. M., De Haan, M., Van Kranenburg, J., Bierau, J., Poeze, M., Wodzig, W. K., Rasmussen, B. B., and Van Loon, L. J. (2015). Post-prandial protein handling: you are what you just ate. *PloS one*, 10(11), e0141582.
- Guadagnin, E. C., Stoelben, K. J., Carpes, F. P., and Vaz, M. A. (2022). Neuromuscular and functional responses to concentric and eccentric strength training in older adults: A systematic review. *Kinesiology*, 54(2), 357–367.
- Guerra, A., Etienne-Mesmin, L., Livrelli, V., Denis, S., Blanquet-Diot, S., and Alric, M. (2012). Relevance and challenges in modeling human gastric and small intestinal digestion. *Trends in biotechnology*, 30(11), 591–600.
- Guggenheimer, J., Olsen, S., Kurvers, D., and Barron, N. (2017). Strength training for older adults: Psychosocial and physiological adaptations. *Innovation in Aging*, 1(Suppl 1), 1353.
- Guillin, F. M., Gaudichon, C., Guérin-Deremaux, L., Lefranc-Millot, C., Airinei, G., Khodorova, N., Benamouzig, R., Pomport, P.-H., Martin, J., and Calvez, J. (2022). Real ileal amino acid digestibility of pea protein compared to casein in healthy humans: a randomized trial. *The American journal of clinical nutrition*, 115(2), 353–363.
- Guo, W., Soh, K. G., Zakaria, N. S., Hidayat Baharuldin, M. T., and Gao, Y. (2022). Effect of resistance training methods and intensity on the adolescent swimmer's performance: a systematic review. *Frontiers in public health*, 10, 840490.
- Hall, J. E., and Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.

- Hammami, N., Bouzouraa, E., Ölmez, C., Hattabi, S., Mhimdi, N., Khezami, M. A., Forte, P., Sortwell, A., Bouassida, A., and Jemni, M. (2024). Isokinetic Knee Strengthening Impact on Physical and Functional Performance, Pain Tolerance, and Quality of Life in Overweight/Obese Women with Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 13(16), 4696.
- Han, J. M., Jeong, S. J., Park, M. C., Kim, G., Kwon, N. H., Kim, H. K., Ha, S. H., Ryu, S. H., and Kim, S. (2012). Leucyl-tRNA synthetase is an intracellular leucine sensor for the mTORC1-signaling pathway. *Cell*, 149(2), 410–424.
- Hawley, J. A., Hargreaves, M., Joyner, M. J., and Zierath, J. R. (2014). Integrative biology of exercise. *Cell*, 159(4), 738–749.
- Heffernan, K. S., Kelly, E. E., Collier, S. R., & Fernhall, B. (2006). Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. *European Journal of Preventive Cardiology*, 13(1), 80-86.
- Hellerstein, M. K., Schwarz, J.-M., and Neese, R. A. (1996). Regulation of hepatic de novo lipogenesis in humans. *Annual review of nutrition*, 16, 523–557.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., and Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7), 53.
- Hernández-Abad, F. (2022). Variable Resistance Training Methods. In A. Muñoz-López, R. Taiar, and B. Sañudo (Eds.), *Resistance Training Methods: From Theory to Practice* (pp. 137–149). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7_8
- Hessel, A. L., Lindstedt, S. L., and Nishikawa, K. C. (2017). Physiological mechanisms of eccentric contraction and its applications: a role for the giant titin protein. *Frontiers in physiology*, 8, 70.
- Hidayat, K., Chen, G.-C., Wang, Y., Zhang, Z., Dai, X., Szeto, I., and Qin, L.-Q. (2018). Effects of milk proteins supplementation in older adults undergoing resistance training: a meta-analysis of randomized control trials. *The Journal of nutrition, health and aging*, 22(2), 237–245.
- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 126(843), 136–195.
- Hislop, H. J., and Perrine, J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Physical therapy*, 47(1), 114–117.
- Horwath, O., Paulsen, G., Esping, T., Seynnes, O., and Olsson, M. C. (2019). Isokinetic resistance training combined with eccentric overload improves athletic performance and induces muscle hypertrophy in young ice hockey players. *Journal of science and medicine in sport*, 22(7), 821–826.
- Housh, D., Housh, T., Johnson, G., and Chu, W. (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of applied physiology*, 73(1), 65–70.
- Huang, W.-C., Chang, Y.-C., Chen, Y.-M., Hsu, Y.-J., Huang, C.-C., Kan, N.-W., & Chen, S.-S. (2017). Whey protein improves marathon-induced injury and exercise performance in elite track runners. *International Journal of Medical Sciences*, 14(7), 648–654. <https://doi.org/10.7150/ijms.19584>
- Huppertz, T., and Chia, L. W. (2021). Milk protein coagulation under gastric conditions: A review. *International Dairy Journal*, 113, 104882.

- İnce, A., and Lök, S. (2009). Ön çapraz bağ öçb operasyonu geçiren erkek sporcularda izokinetik kuvvet gelişiminin incelenmesi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 3(2), 131–137.
- Iossifidou, A. N., and Baltzopoulos, V. (2000). Peak power assessment in isokinetic dynamometry. *European journal of applied physiology*, 82(1), 158–160.
- Ives, S. J., Bloom, S., Matias, A., Morrow, N., Martins, N., Roh, Y., Ebenstein, D., O'Brien, G., Escudero, D., and Brito, K. (2017). Effects of a combined protein and antioxidant supplement on recovery of muscle function and soreness following eccentric exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 21.
- Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., and Tipton, K. D. (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(5), 962–970.
- Jackson, R. J., Hellen, C. U., and Pestova, T. V. (2010). The mechanism of eukaryotic translation initiation and principles of its regulation. *Nature reviews Molecular cell biology*, 11(2), 113–127.
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., and Arent, S. M. (2017). International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20.
- Kang, H. (2021). Sample size determination and power analysis using the G* Power software. *Journal of educational evaluation for health professions*, 18.
- Kannus, P. (1991). Relationship between peak torque and angle-specific torques in an isokinetic contraction of normal and laterally unstable knees. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 13(2), 89–94.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance. *International journal of sports medicine*, 15(S 1), S11–S18.
- Kerksick, C. M., Jagim, A., Hagele, A., and Jäger, R. (2021). Plant proteins and exercise: what role can plant proteins have in promoting adaptations to exercise? *Nutrients*, 13(6), 1962.
- Khanal, P., He, L., Degens, H., Stebbings, G. K., Onambele-Pearson, G. L., Williams, A. G., Thomis, M., and Morse, C. I. (2021). Dietary protein requirement threshold and micronutrients profile in healthy older women based on relative skeletal muscle mass. *Nutrients*, 13(9), 3076.
- Kim, C.-B., Park, J.-H., Park, H.-S., Kim, H.-J., & Park, J.-J. (2023). Effects of whey protein supplement on 4-week resistance exercise-induced improvements in muscle mass and isokinetic muscular function under dietary control. *Nutrients*, 15(4), 1003. <https://doi.org/10.3390/nu15041003>
- Kilroe, S. P., Fulford, J., Jackman, S. R., Van Loon, L. J., and Wall, B. T. (2019). Temporal muscle-specific disuse atrophy during one week of leg immobilization.
- Kilroe, S. P., Fulford, J., Jackman, S. R., Van Loon, L. J., and Wall, B. T. (2020). Temporal muscle-specific disuse atrophy during one week of leg immobilization. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(4), 944–954.
- Kim, I.-Y., Schutzler, S., Schrader, A., Spencer, H. J., Azhar, G., Ferrando, A. A., and Wolfe, R. R. (2016). The anabolic response to a meal containing different amounts of protein is not limited by the maximal

- stimulation of protein synthesis in healthy young adults. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 310(1), E73–E80.
- Kingsley, J. D., Panton, L. B., McMillan, V., & Figueroa, A. (2009). Cardiovascular autonomic modulation after acute resistance exercise in women with fibromyalgia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(9), 1628-1634.
- Kobak, K. A., Lawrence, M. M., Pharaoh, G., Borowik, A. K., Peelor III, F. F., Shipman, P. D., Griffin, T. M., Van Remmen, H., and Miller, B. F. (2021). Determining the contributions of protein synthesis and breakdown to muscle atrophy requires non-steady-state equations. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 12(6), 1764–1775.
- Komi, P. V., and Komi, P. (2003). Strength and power in sport.
- Kraemer, J., Fleck, J., and Deschenes, M. (2018). Egzersiz Fizyolojisi Teori ve Uygulamayı Birleştirmek. *Palme yayinevi. Ankara*.
- Kraemer, W. J., Deschenes, M. R., and Fleck, S. J. (1988). Physiological adaptations to resistance exercise: implications for athletic conditioning. *Sports Medicine*, 6(4), 246–256.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., and Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 697–705.
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., and Gołaś, A. (2019). Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International journal of environmental research and public health*, 16(24), 4897.
- Kumari, A., Gujral, T., Sidiq, M., Kashoo, F., Hanif, H., & Rai, R. H. (2025). Effect of combined aerobic and resistance training exercise on Vo2 max and BMI in overweight collegiate population a randomized controlled trial. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 42, 221–226. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.12.023>
- Kurdak, S. S., Özgünen, K., Adas, Ü., Zeren, C., Aslangiray, B., Yazıcı, Z., and Korkmaz, S. (2005). Analysis of isokinetic knee extension/flexion in male elite adolescent wrestlers. *Journal of sports science and medicine*, 4(4), 489.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., and Pirlich, M. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*, 23(5), 1226–1243.
- Lanza, I. R., Towse, T. F., Caldwell, G. E., Wigmore, D., and Kent-Braun, J. A. (2003). Effects of age on human muscle torque, velocity, and power in two muscle groups. *Journal of applied physiology*, 95(6), 2361–2369.
- Laplane, M., and Sabatini, D. M. (2009). mTOR signaling at a glance. *Journal of cell science*, 122(20), 3589–3594.
- Layman, D. K. (2002). Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(6), 646–662.
- Lea, E. J., Crawford, D., and Worsley, A. (2006). Consumers' readiness to eat a plant-based diet. *European journal of clinical nutrition*, 60(3), 342–351.

- Legerlotz, K., Marzilger, R., Bohm, S., and Arampatzis, A. (2016). Physiological adaptations following resistance training in youth athletes—a narrative review. *Pediatric exercise science*, 28(4), 501–520.
- Lim, M. T., Pan, B. J., Toh, D. W. K., Sutanto, C. N., and Kim, J. E. (2021). Animal protein versus plant protein in supporting lean mass and muscle strength: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*, 13(2), 661.
- Lonnie, M., Laurie, I., Myers, M., Horgan, G., Russell, W. R., and Johnstone, A. M. (2020). Exploring health-promoting attributes of plant proteins as a functional ingredient for the food sector: a systematic review of human interventional studies. *Nutrients*, 12(8), 2291.
- Loureiro, L. L., Ferreira, T. J., Cahuê, F. L. C., Bittencourt, V. Z., Valente, A. P., and Pierucci, A. P. T. R. (2023). Comparison of the effects of pea protein and whey protein on the metabolic profile of soccer athletes: a randomized, double-blind, crossover trial. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1210215.
- Mackenzie, B. (2005). Performance evaluation tests. *London: Electric World plc*, 24(25), 57–158.
- Martinez Galan, B. S., Giolo De Carvalho, F., Carvalho, S. C., Cunha Brandao, C. F., Morhy Terrazas, S. I., Abud, G. F., Meirelles, M. S., Sakagute, S., Ueta Ortiz, G., and Marchini, J. S. (2021). Casein and whey protein in the breast milk ratio: could it promote protein metabolism enhancement in physically active adults? *Nutrients*, 13(7), 2153.
- Martins, A. D., Fernandes, O., Brito, J. P., Gonçalves, B., Oliveira, R., & Batalha, N. (2025). Effects of a 16-week high-speed resistance training program on heart rate variability indices in community-dwelling independent older adults: A clinical trial. *Journal of applied gerontology: the official journal of the Southern Gerontological Society*, 7334648251332437.
- Master, P. B. Z., and Macedo, R. C. O. (2021). Effects of dietary supplementation in sport and exercise: A review of evidence on milk proteins and amino acids. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(7), 1225–1239.
- Matthews, G. G. (2002). *Cellular physiology of nerve and muscle*. John Wiley and Sons.
- McArdle WD, K. F., Katch V. . (2015). *Exercise Physiology* (8 ed.). Philadelphia : Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins
- McKendry, J., Lowisz, C. V., Nanthakumar, A., MacDonald, M., Lim, C., Currier, B. S., and Phillips, S. M. (2024). The effects of whey, pea, and collagen protein supplementation beyond the recommended dietary allowance on integrated myofibrillar protein synthetic rates in older males: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 120(1), 34–46.
- McKendry, J., Stokes, T., Mcleod, J. C., and Phillips, S. M. (2021). Resistance exercise, aging, disuse, and muscle protein metabolism. *Comprehensive Physiology*, 11(3), 2249–2278.
- McMaster, D. T., Cronin, J., and McGuigan, M. (2009). Forms of Variable Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 31(1), 50–64. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318195ad32>
- Mhamed, M., Zarrouk, F., Mrad, M., Methnani, J., Bahlous, A., Zaouali, M., Lindinger, M., Bigard, X., and Bouhlel, E. (2024). Effects of whey protein on body composition, biochemical profile, and high intensity physical performances in well-trained endurance runners. *Science and Sports*, 39(7), 588–598.

- Moberg, M., Apró, W., Ekblom, B., Van Hall, G., Holmberg, H.-C., and Blomstrand, E. (2016). Activation of mTORC1 by leucine is potentiated by branched-chain amino acids and even more so by essential amino acids following resistance exercise. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 310(11), C874–C884.
- Monteyne, A. J., Coelho, M. O., Porter, C., Abdelrahman, D. R., Jameson, T. S., Jackman, S. R., Blackwell, J. R., Finnigan, T. J., Stephens, F. B., and Dirks, M. L. (2020). Mycoprotein ingestion stimulates protein synthesis rates to a greater extent than milk protein in rested and exercised skeletal muscle of healthy young men: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 112(2), 318–333.
- Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., Prior, T., Tarnopolsky, M. A., and Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American journal of clinical nutrition*, 89(1), 161–168.
- Moore, D. R., Tang, J. E., Burd, N. A., Rerecich, T., Tarnopolsky, M. A., and Phillips, S. M. (2009). Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *The Journal of physiology*, 587(4), 897–904.
- Morgan, P. T., Harris, D. O., Marshall, R. N., Quinlan, J. I., Edwards, S. J., Allen, S. L., and Breen, L. (2021). Protein source and quality for skeletal muscle anabolism in young and older adults: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of nutrition*, 151(7), 1901–1920.
- Morgan, P. T., Witard, O. C., Hojfeldt, G., Church, D. D., and Breen, L. (2023). Conference on 'Nutrition at key stages of the lifecycle' Symposium six: Nutrition in later life. *Proceedings of the Nutrition Society*.
- Morton, R. W., McGlory, C., and Phillips, S. M. (2015). Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Frontiers in physiology*, 6, 245.
- Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A. A., Devries, M. C., Banfield, L., and Krieger, J. W. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British journal of sports medicine*, 52(6), 376–384.
- Mukund, K., and Subramaniam, S. (2020). Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, 12(1), e1462.
- Nabuco, H. C. G., Tomeleri, C. M., Fernandes, R. R., Sugihara Junior, P., Cavalcante, E. F., Venturini, D., Barbosa, D. S., Silva, A. M., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2019). Effects of protein intake beyond habitual intakes associated with resistance training on metabolic syndrome-related parameters, isokinetic strength, and body composition in older women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 27(4), 545–552. <https://doi.org/10.1123/japa.2018-0370>
- Nadathur, S., Wanasundara, J. P., and Scanlin, L. (2016). *Sustainable protein sources*. Academic Press.
- Nieman, D. C., Zwetsloot, K. A., Simonson, A. J., Hoyle, A. T., Wang, X., Nelson, H. K., Lefranc-Millot, C., and Guérin-Deremaux, L. (2020). Effects of whey and pea protein supplementation on post-eccentric exercise muscle damage: a randomized trial. *Nutrients*, 12(8), 2382.
- Nosworthy, M. G., Medina, G., Lu, Z.-H., and House, J. D. (2023). Plant proteins: Methods of quality assessment and the human health benefits of pulses. *Foods*, 12(15), 2816.
- Organization, W. H. (1991). *Protein Quality Evaluation: Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bethesda, Md., USA 4-8 December 1989* (Vol. 51). Food and Agriculture Org.

- Ozaki, H., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2013). Resistance training induced increase in VO₂max in young and older subjects. *European Review of Aging and Physical Activity*, 10, 107–116. <https://doi.org/10.1007/s11556-013-0120-1>
- Örteş, F. (2021). İskelet kaslarındaki kuvvet üretim mekanizmasının Huxley tipi kas modelleriyle incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 35(3), 415–426.
- Paddon-Jones, D., Sheffield-Moore, M., Zhang, X.-J., Volpi, E., Wolf, S. E., Aarsland, A., Ferrando, A. A., and Wolfe, R. R. (2004). Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 286(3), E321–E328.
- Pal, C. P., Agarwal, V., Srivastav, R., Gupta, M., and Singh, S. (2023). Physiological adaptations of skeletal muscle and bone to resistance training and its applications in orthopedics: a review. *Journal of Bone and Joint Diseases*, 38(1), 3–10.
- Pasiakos, S. M., Lieberman, H. R., and McLellan, T. M. (2014). Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 655–670.
- Pasiakos, S. M., McLellan, T. M., and 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(1), 111–131.
- Pennings, B., Boirie, Y., Senden, J. M., Gijsen, A. P., Kuipers, H., and van Loon, L. J. (2011). Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *The American journal of clinical nutrition*, 93(5), 997–1005.
- Pennings, B., Groen, B., de Lange, A., Gijsen, A. P., Zorenc, A. H., Senden, J. M., and Van Loon, L. J. (2012). Amino acid absorption and subsequent muscle protein accretion following graded intakes of whey protein in elderly men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 302(8), E992–E999.
- Perrine, J. J., and Edgerton, V. R. (1978). Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Medicine and science in sports*, 10(3), 159–166.
- Petrucci, A., Guglielmino, D., Pecci, J., and Pareja-Galeano, H. (2024). The effects of isokinetic training in athletes after knee surgery: a systematic review. *The Physician and Sportsmedicine*, 52(4), 309–316.
- Phillips, S. M. (2016). The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition and metabolism*, 13(1), 64.
- Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A., Wolf, S. E., and Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 273(1), E99–E107.
- Pinckaers, P. J., Smeets, J. S., Kouw, I. W., Goessens, J. P., Gijsen, A. P., de Groot, L. C., Verdijk, L. B., van Loon, L. J., and Snijders, T. (2024). Post-prandial muscle protein synthesis rates following the ingestion of pea-derived protein do not differ from ingesting an equivalent amount of milk-derived protein in healthy, young males. *European Journal of Nutrition*, 63(3), 893–904.
- Pinckaers, P. J., Trommelen, J., Snijders, T., and van Loon, L. J. (2021). The anabolic response to plant-based protein ingestion. *Sports Medicine*, 51(Suppl 1), 59–74.

- Proske, U., and Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*, 537(2), 333–345.
- Rasmussen, B. B., Tipton, K. D., Miller, S. L., Wolf, S. E., and Wolfe, R. R. (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *Journal of applied physiology*.
- Ratamess, N. A., Beller, N. A., Gonzalez, A. M., Spatz, G. E., Hoffman, J. R., Ross, R. E., Faigenbaum, A. D., and Kang, J. (2016). The effects of multiple-joint isokinetic resistance training on maximal isokinetic and dynamic muscle strength and local muscular endurance. *Journal of sports science and medicine*, 15(1), 34.
- Rennie, M., Edwards, R., Halliday, D., Matthews, D., Wolman, S., and Millward, D. (1982). Muscle protein synthesis measured by stable isotope techniques in man: the effects of feeding and fasting. *Clinical science*, 63(6), 519–523.
- Ribeiro, A. S., Campos-Filho, M. G. A., Avelar, A., dos Santos, L., Achour Júnior, A., Aguiar, A. F., Fleck, S. J., Serassuelo Júnior, H., & Cyrino, E. S. (2017). Effect of resistance training on flexibility in young adult men and women. *Isokinetics and Exercise Science*, 25(2017), 149–155. DOI: 10.3233/IES-170658.
- Ribeiro, A. S., da Silva, J. A., Kassiano, W., Stavinski, N., Martinho, D., Antunes, M., Cyrino, L. T., Júnior, P. S., Fernandes, R. R., and Santos, A. P. (2022). Is There a Minimum Protein Intake Associated With Resistance Training to Optimize Skeletal Muscle Mass Gains in Untrained Older Women? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10.1519.
- Richman, J. S., & Moorman, J. R. (2000). Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 278(6), H2039-H2049.
- Robinson, G. H., and Domoney, C. (2021). Perspectives on the genetic improvement of health-and nutrition-related traits in pea. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 353–362.
- Rondanelli, M., Klersy, C., Terracol, G., Talluri, J., Maugeri, R., Guido, D., Faliva, M. A., Solerte, B. S., Fioravanti, M., and Lukaski, H. (2016). Whey protein, amino acids, and vitamin D supplementation with physical activity increases fat-free mass and strength, functionality, and quality of life and decreases inflammation in sarcopenic elderly. *The American journal of clinical nutrition*, 103(3), 830–840.
- Sabaté, J., and Wien, M. (2015). A perspective on vegetarian dietary patterns and risk of metabolic syndrome. *British Journal of nutrition*, 113(S2), S136–S143.
- Sancak, Y., Bar-Peled, L., Zoncu, R., Markhard, A. L., Nada, S., and Sabatini, D. M. (2010). Ragulator-Rag complex targets mTORC1 to the lysosomal surface and is necessary for its activation by amino acids. *Cell*, 141(2), 290–303.
- Sancak, Y., Peterson, T. R., Shaul, Y. D., Lindquist, R. A., Thoreen, C. C., Bar-Peled, L., and Sabatini, D. M. (2008). The Rag GTPases bind raptor and mediate amino acid signaling to mTORC1. *Science*, 320(5882), 1496–1501.
- Saracino, P. G., Saylor, H. E., Hanna, B. R., Hickner, R. C., Kim, J.-S., and Ormsbee, M. J. (2020). Effects of pre-sleep whey vs. plant-based protein consumption on muscle recovery following damaging morning exercise. *Nutrients*, 12(7), 2049.
- Sato, S., Yoshida, R., Murakoshi, F., Sasaki, Y., Yahata, K., Kasahara, K., Nunes, J. P., Nosaka, K., and Nakamura, M. (2022). Comparison between concentric-only, eccentric-only, and concentric–eccentric resistance

- training of the elbow flexors for their effects on muscle strength and hypertrophy. *European journal of applied physiology*, 122(12), 2607–2614.
- Saxton, R. A., Chantranupong, L., Knockenhauer, K. E., Schwartz, T. U., and Sabatini, D. M. (2016). Mechanism of arginine sensing by CASTOR1 upstream of mTORC1. *Nature*, 536(7615), 229–233.
- Saxton, R. A., and Sabatini, D. M. (2017). mTOR signaling in growth, metabolism, and disease. *Cell*, 168(6), 960–976.
- Seçer, E., and Yildizhan, Y. Ç. (2020). The relationship between physical activity levels and psychological resilience of university students. *Revista Turismo Estudos e Práticas-RTEP/GEPLAT/UERN*(4), 1–12.
- Serbest, K., and Eldoğan, O. (2014). İskelet kaslarının yapısı ve biyomekaniği. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 2(3), 41–51.
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., and Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), 5354.
- Singh, R. G., Guérin-Deremau, L., Lefranc-Millot, C., Perreau, C., Crowley, D. C., Lewis, E. D., Evans, M., and Moulin, M. (2024). Efficacy of pea protein supplementation in combination with a resistance training program on muscle performance in a sedentary adult population: a randomized, comparator-controlled, Parallel Clinical Trial. *Nutrients*, 16(13), 2017.
- Smiles, W. J., Parr, E. B., Coffey, V. G., Lacham-Kaplan, O., Hawley, J. A., and Camera, D. M. (2016). Protein coingestion with alcohol following strenuous exercise attenuates alcohol-induced intramyocellular apoptosis and inhibition of autophagy. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 311(5), E836–E849.
- Spoelder, M., Koopmans, L., Hartman, Y. A., Bongers, C. C., Schoofs, M. C., Eijsvogels, T. M., and Hopman, M. T. (2023). Supplementation with whey protein, but not pea protein, reduces muscle damage following long-distance walking in older adults. *Nutrients*, 15(2), 342.
- Steele, J., Fisher, J., McGuff, D., Bruce-Low, S., and Smith, D. (2012). Resistance training to momentary muscular failure improves cardiovascular fitness in humans: a review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. *Journal of Exercise Physiology Online*, 15(3), 53–80.
- Stilling, K. (2020). Health benefits of pea protein isolate: A comparative review. *SURG Journal*, 12(1).
- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Haff, G. G., and Stone, M. H. (2019). Implementing eccentric resistance training—Part 1: A brief review of existing methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 38.
- Şirin, E. F., İnce, A., Lök, S., and Çağlayan, H. S. (2009). Spor yapanlar ile spor yapmayanların izokinetik kas kuvvetleri ile kemik yoğunluğu arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 30–37.
- Tabaković, M., Atiković, A., Kazazović, E., and Turković, S. (2016). Effects of isokinetic resistance training on strength knee stabilizers and performance efficiency of acrobatic elements in artistic gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 8(2), 135–148.

- Tang, J. E., Moore, D. R., Kujbida, G. W., Tarnopolsky, M. A., and Phillips, S. M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of applied physiology*.
- Teixeira, F. J., Matias, C. N., Faleiro, J., Giro, R., Pires, J., Figueiredo, H., Carvalhinho, R., Monteiro, C. P., Reis, J. F., and Valamatos, M. J. (2022). A novel plant-based protein has similar effects compared to whey protein on body composition, strength, power, and aerobic performance in professional and semi-professional futsal players. *Frontiers in Nutrition*, 9, 934438.
- Thiebaut, D., Jacot, E., DeFronzo, R. A., Maeder, E., Jequier, E., and Felber, J.-P. (1982). The effect of graded doses of insulin on total glucose uptake, glucose oxidation, and glucose storage in man. *Diabetes*, 31(11), 957–963.
- Tipton, K., Gurkin, B., Matin, S., and Wolfe, R. (1999). Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *The Journal of nutritional biochemistry*, 10(2), 89–95.
- Tipton, K. D., Elliott, T. A., Ferrando, A. A., Aarsland, A. A., and Wolfe, R. R. (2009). Stimulation of muscle anabolism by resistance exercise and ingestion of leucine plus protein. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(2), 151–161.
- Tipton, K. D., Ferrando, A. A., Phillips, S. M., Doyle Jr, D., and Wolfe, R. R. (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 276(4), E628–E634.
- Tipton, K. D., Hamilton, D. L., and Gallagher, I. J. (2018). Assessing the role of muscle protein breakdown in response to nutrition and exercise in humans. *Sports Medicine*, 48(Suppl 1), 53–64.
- Tipton, K. D., Wolf, S. E., and Wolfe, R. R. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(5), S299.
- Townsend, Z. (2022). Impact of resistance training on sports performance and muscular adaptations. *Int J Sports Exerc Med*, 8(218).
- Traylor, D. A., Gorissen, S. H., and Phillips, S. M. (2018). Perspective: protein requirements and optimal intakes in aging: are we ready to recommend more than the recommended daily allowance? *Advances in nutrition*, 9(3), 171–182.
- Trommelen, J., van Lieshout, G. A., Nyakayiru, J., Holwerda, A. M., Smeets, J. S., Hendriks, F. K., van Kranenburg, J. M., Zorenc, A. H., Senden, J. M., and Goessens, J. P. (2023). The anabolic response to protein ingestion during recovery from exercise has no upper limit in magnitude and duration in vivo in humans. *Cell Reports Medicine*, 4(12).
- Tulppo, M. P., Makikallio, T. H., Takala, T. E., Seppanen, T. H. H. V., & Huikuri, H. V. (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*, 271(1), H244-H252.
- Tuncer, S. (2011). *Fonksiyonel Değerlendirmede İzokinetik Sistem Kullanımı* (Y. G. K. M. Beyazova, Ed. 2 ed.). Güneş Tıp Kitabevi.
- Tuso, P. J., Ismail, M. H., Ha, B. P., and Bartolotto, C. (2013). Nutritional update for physicians: plant-based diets. *The Permanente Journal*, 17(2), 61.

- Uthoff, A., Sommerfield, L. M., and Pichardo, A. W. (2021). Effects of resistance training methods on golf clubhead speed and hitting distance: A systematic review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9), 2651–2660.
- Van Der Heijden, I., Monteyne, A. J., Stephens, F. B., and Wall, B. T. (2023). Alternative dietary protein sources to support healthy and active skeletal muscle aging. *Nutrition Reviews*, 81(2), 206–230.
- Van der Heijden, I., Monteyne, A. J., West, S., Morton, J. P., Langan-Evans, C., Hearris, M. A., Abdelrahman, D. R., Murton, A. J., Stephens, F. B., and Wall, B. T. (2024). Plant protein blend ingestion stimulates post-exercise myofibrillar protein synthesis rates equivalently to whey in resistance-trained adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 56(8), 1467–1479.
- Van Loon, L., Boirie, Y., Gijsen, A., Fauquant, J., De Roos, A., Kies, A., Lemosquet, S., Saris, W., and Koopman, R. (2009). The production of intrinsically labeled milk protein provides a functional tool for human nutrition research. *Journal of dairy science*, 92(10), 4812–4822.
- Van Vliet, S., Beals, J. W., Holwerda, A. M., Emmons, R. S., Goessens, J. P., Paluska, S. A., De Lisio, M., Van Loon, L. J., and Burd, N. A. (2019). Time-dependent regulation of postprandial muscle protein synthesis rates after milk protein ingestion in young men. *Journal of applied physiology*, 127(6), 1792–1801.
- Van Vliet, S., Burd, N. A., and Van Loon, L. J. (2015). The skeletal muscle anabolic response to plant-versus animal-based protein consumption. *The Journal of nutrition*, 145(9), 1981–1991.
- Van Vliet, S., Shy, E. L., Abou Sawan, S., Beals, J. W., West, D. W., Skinner, S. K., Ulanov, A. V., Li, Z., Paluska, S. A., and Parsons, C. M. (2017). Consumption of whole eggs promotes greater stimulation of postexercise muscle protein synthesis than consumption of isonitrogenous amounts of egg whites in young men. *The American journal of clinical nutrition*, 106(6), 1401–1412.
- Volpi, E., Mittendorfer, B., Wolf, S. E., and Wolfe, R. R. (1999). Oral amino acids stimulate muscle protein anabolism in the elderly despite higher first-pass splanchnic extraction. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*.
- Wall, B. T., Gorissen, S. H., Pennings, B., Koopman, R., Groen, B. B., Verdijk, L. B., and Van Loon, L. J. (2015). Aging is accompanied by a blunted muscle protein synthetic response to protein ingestion. *PloS one*, 10(11), e0140903.
- Wang, B., Zhang, X., Zhu, F., Zhu, W., Wang, X., Jia, F., Chen, W., and Zhang, M. (2022). A randomized controlled trial comparing rehabilitation with isokinetic exercises and Thera-Band strength training in patients with functional ankle instability. *PloS one*, 17(12), e0278284.
- Weippert, M., Kumar, M., Kreuzfeld, S., Arndt, D., Rieger, A., and Stoll, R. (2010). Comparison of three mobile devices for measuring R–R intervals and heart rate variability: Polar S810i, Suunto t6 and an ambulatory ECG system. *European journal of applied physiology*, 109(4), 779–786.
- West, D. W., Abou Sawan, S., Mazzulla, M., Williamson, E., and Moore, D. R. (2017). Whey protein supplementation enhances whole body protein metabolism and performance recovery after resistance exercise: a double-blind crossover study. *Nutrients*, 9(7), 735.
- West, D. W., Burd, N. A., Coffey, V. G., Baker, S. K., Burke, L. M., Hawley, J. A., Moore, D. R., Stellingwerff, T., and Phillips, S. M. (2011). Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *The American journal of clinical nutrition*, 94(3), 795–803.

- West, S., Monteyne, A. J., Whelehan, G., Abdelrahman, D. R., Murton, A. J., Finnigan, T. J., Blackwell, J. R., Stephens, F. B., and Wall, B. T. (2023). Mycoprotein ingestion within or without its wholefood matrix results in equivalent stimulation of myofibrillar protein synthesis rates in resting and exercised muscle of young men. *British Journal of nutrition*, 130(1), 20–32.
- West, S., Monteyne, A. J., Whelehan, G., van der Heijden, I., Abdelrahman, D. R., Murton, A. J., Finnigan, T. J., Stephens, F. B., and Wall, B. T. (2023). Ingestion of mycoprotein, pea protein, and their blend support comparable postexercise myofibrillar protein synthesis rates in resistance-trained individuals. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 325(3), E267–E279.
- Westerterp-Plantenga, M., Nieuwenhuizen, A., Tome, D., Soenen, S., and Westerterp, K. (2009). Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. *Annual review of nutrition*, 29(1), 21–41.
- Who, J. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organization technical report series*(935), 1.
- WHO, O. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Geneva: World Health Organization*, 1–582.
- Wilkes, E. A., Selby, A. L., Atherton, P. J., Patel, R., Rankin, D., Smith, K., and Rennie, M. J. (2009). Blunting of insulin inhibition of proteolysis in legs of older subjects may contribute to age-related sarcopenia. *The American journal of clinical nutrition*, 90(5), 1343–1350.
- Wilkinson, D. J., Piasecki, M., and Atherton, P. (2018). The age-related loss of skeletal muscle mass and function: Measurement and physiology of muscle fibre atrophy and muscle fibre loss in humans. *Ageing research reviews*, 47, 123–132.
- Witard, O. C., Jackman, S. R., Breen, L., Smith, K., Selby, A., and Tipton, K. D. (2014). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *The American journal of clinical nutrition*, 99(1), 86–95.
- Witard, O. C., Wardle, S. L., Macnaughton, L. S., Hodgson, A. B., and Tipton, K. D. (2016). Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. *Nutrients*, 8(4), 181.
- Wolfe, R. R. (2006). The underappreciated role of muscle in health and disease. *The American journal of clinical nutrition*, 84(3), 475–482.
- Wolfson, R. L., Chantranupong, L., Saxton, R. A., Shen, K., Scaria, S. M., Cantor, J. R., and Sabatini, D. M. (2016). Sestrin2 is a leucine sensor for the mTORC1 pathway. *Science*, 351(6268), 43–48.
- Yaegashi, A., Kimura, T., Hirata, T., Ukawa, S., Nakamura, K., Okada, E., Nakagawa, T., Imae, A., and Tamakoshi, A. (2021). Association between protein intake and skeletal muscle mass among community-dwelling older Japanese: results from the DOSANCO Health Study: a cross-sectional study. *Nutrients*, 13(1), 187.
- Yang, H., Guérin-Deremaux, L., Zhou, L., Fratus, A., Wils, D., Zhang, C., Zhang, K., and Miller, L. E. (2012). Evaluation of nutritional quality of a novel pea protein. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 23(6), 8–10.
- Yang, Y., Churchward-Venne, T. A., Burd, N. A., Breen, L., Tarnopolsky, M. A., and Phillips, S. M. (2017). Myofibrillar protein synthesis following ingestion of soy protein isolate at rest and after resistance exercise in elderly men. In *Clinical nutrition and aging* (pp. 105–126). Apple Academic Press.

- Yasuda, T. (2022). Selected methods of resistance training for prevention and treatment of sarcopenia. *Cells*, 11(9), 1389.
- Zhao, S., Zhang, H., Xu, Y., Li, J., Du, S., and Ning, Z. (2024). The effect of protein intake on athletic performance: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1455728.
- Zhou, H.-H., Liao, Y., Zhou, X., Peng, Z., Xu, S., Shi, S., Liu, L., Hao, L., and Yang, W. (2023). Effects of timing and types of protein supplementation on improving muscle mass, strength, and physical performance in adults undergoing resistance training: A network meta-analysis. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 34(1), 54–64.
- Zurlo, F., Larson, K., Bogardus, C., and Ravussin, E. (1990). Skeletal muscle metabolism is a major determinant of resting energy expenditure. *The Journal of clinical investigation*, 86(5), 1423–1427.



EKLER

Ek-1. Aydınlatılmış Onam Formu

Aydınlatılmış Onam Formu

Araştırmanın adı: Fiziksel Olarak Aktif, Yetişkin Kadınlarda Direnç Antrenmanına Ek Olarak Alınan Bezelye ve Whey Proteinini Takviyesinin Bazı Fiziksel Uygunluk Parametreleri ve Kalp Hızı Değişkenliği Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Sayın gönüllü,

Yüksek Lisans Tezi kapsamında planlanmış olan yukarıda adı yazılı araştırmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunuyorsunuz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz.

İskelet ve kas sistemi ilerleyen yıllarda düzeyinin azalmasıyla ortaya çıkan fizyolojik durumlara göre yaşam kalitesini düşürebilmektedir. Bilimsel çalışmalar ise direnç egzersizlerinin, fiziksel olarak aktif bir yaşama sahip egzersiz yapan bireylerin, bu bozulmaları geciktirdiğini ve hatta bu tür çalışmaların kuvvet, denge, eklem hareketini algılama düzeyi ve vücut kompozisyonu üzerinde olumlu etkiler gösterdiğini belirtmektedir. Bu şekilde yaşam kalitesi artmakta olan bireyler ek olarak protein desteği ve tüketimini doğru şekillerde yaparak kas kayıplarının da önüne geçip kas arttırımı sağlayabilirler. Kas protein sentez mekanizması için gerekli olan protein desteği kaynaklarına baktığımızda bazı yan etkiler gelişebilirken ekonomik olarak da daha uygununu arayabilmekteyiz. Sürdürülebilir, doğaya saygılı, verimliliği yüksek, çok nadir alerjen bezelye proteinleri alternatif bir kaynak olabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı 18-25 yaş aralığında, haftada 150 dk. ve 3-6 MET şiddetinde egzersiz yapan kadın katılımcıların direnç egzersiz ile birlikte alınan bezelye ve whey gibi farklı protein destekleriyle plasebonun vücut kompozisyonu, izokinetik kas kuvveti, dayanıklılığı, esneklik, kardiyorespiratuar uygunluk gibi bazı fiziksel uygunluk parametreleri ve kalp hızı değişkenliği parametrelerine etkisini incelemektir.

Bu amaçla bu çalışmaya sizin de gönüllü olarak katılmanızı teklif ediyoruz. Çalışmaya katılmayı kabul ederseniz size ilk olarak boy uzunluğu ve vücut kompozisyonu, izokinetik kas kuvveti, esneklik, kardiyorespiratuar uygunluk, kalp hızı değişkenliği ön testlerini uygulayıp sonuçlarını toplayacağız. Çalışmamızın tasarımı doğrultusunda gönüllüleri rastgele olarak bezelye proteini, whey proteini, plasebo gruplarına ayıracağız. Gruplar belirlendikten sonra her birey hafta da 3 gün altı hafta süresince izokinetik alette 4 set 10 tekrardan oluşan egzersiz programını yapmak üzere spor alanımızı ziyaret edecektir. 9. antrenman sonrası (ara test) ve 18. antrenman sonrasında ise her bireye başlangıçta uygulanan testlere tekrar katılacaktır. Sizlere uygulanacak olan antrenman programları daha önce bilimsel araştırmalarda kullanılmış, olumlu etkileri gözlenen standart yaklaşımlara uygun olarak hazırlanmıştır. Egzersizler sırasında her bir egzersiz programı için uzman bir eğitmen sizinle olacak ve tüm güvenlik önlemlerini alacaktır. Ancak egzersizler sırasında veya ilk hafta bazı kas ağrıları (hamlama) hissedebilirsiniz. Her egzersiz gününde aynı zamanda ilk yardım eğitimi almış bir araştırmacı da sizinle hazır bulunacaktır. Sizden çalışmaya katıldığınız için herhangi başka bir şey istenmeyecektir

Bu araştırma toplam 2 ay sürecektir.

Bu araştırmada yer almak tümüyle sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da başladıktan sonra yarıda bırakabilirsiniz. Bu araştırmanın sonuçları bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından araştırmadan çıkarılmanız halinde, sizle ilgili veriler kullanılmayacaktır. Ancak veriler bir kez anonimleştikten sonra araştırmadan çekilmeniz mümkün olmayacaktır. Sizden elde edilen tüm bilgiler gizli tutulacak, araştırma yayınlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliği korunacaktır.

Merak ettiğiniz bir şey olursa veya antrenman programlarıyla ilgili danışmak isterseniz günün 24 saatinde numaralı telefondan sorumlu araştırmacıyı arayabilir ve istediklerinizi sorabilirsiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllülere verilmesi gereken bilgileri içeren metni okudum (ya da sözlü olarak dinledim). Eksik kaldığını düşündüğüm konularda sorularımı araştırmacılara sordum ve doyurucu yanıtlar aldım. Yazılı ve sözlü olarak tarafıma sunulan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anladığımı kanısındayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğim konusunda karar vermem için yeterince zaman tanındı.

Bu koşullar altında, araştırma kapsamında elde edilen şahsıma ait bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını, gizlilik kurallarına uyulmak kaydıyla sunulmasını ve yayınlanmasını, hiçbir baskı ve zorlama altında kalmaksızın, kendi özgür irademle kabul ettiğimi beyan ederim.

Katılımcının;

Adı- soyadı:

Tarih:

İmza:

Araştırmacının;

Adı- soyadı:

Tarih:

İmza:

Ek-2. Demografik Bilgiler ve Beslenme Bilgi Formu

DEMOGRAFİK BİLGİLER VE BESLENME PROGRAMI HAZIRLAMA FORMU

KİŞİSEL BİLGİLER
Doğum yılınız (örn. 1996):
Kullandığınız ilaçlar var mı? Varsa kullanım süreniz nedir?
Yiyecek alerjiniz var mı? Varsa neler olduğunu belirtiniz.
BESLENME PROGRAMI HAZIRLAMAYA YÖNELİK BİLGİLER
Günlük rutininiz nasıl? Anlatınız.
Uyuma ve uyanma saatleriniz nedir? Belirtiniz.
Öğün tüketim saatleriniz nelerdir? Belirtiniz.
Tüketmediğiniz yiyecekler var mı? Varsa belirtiniz.
Kullandığınız bir takviye ürün var mı? Varsa belirtiniz.
Bunların dışında belirtmek istedikleriniz varsa lütfen yazınız.

Ek-3. Etik Kurul Onay Formu

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
Spor Bilimleri Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurulu Karar Örneği

Karar Tarihi : 22.05.2025
Toplantı Sayısı : 05
Karar Sayısı : 28

28- Üniversitemiz Spor Bilimleri Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Dicle ARAS'ın danışmanlığını yapmış olduğu, yüksek lisans öğrencisi Yunus AKSU'nun "Fiziksel Olarak Aktif, Yetişkin Kadınlarda Direnç Antrenmanına Ek Olarak Alınan Bezelye ve Whey Proteini Takviyesinin Bazı Fiziksel Uygunluk Parametleri ve Kalp Hızı Değişkenliği Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması" başlıklı tezi ile ilgili "İnsan Üzerinde Yapılan Klinik Dışı Araştırmalar Başvuru Formu" Etik Kurulumuzca incelendi.

Yapılan görüşmeler ve incelemeler Prof. Dr. Dicle ARAS'ın danışmanlığını yapmış olduğu, yüksek lisans öğrencisi Yunus AKSU'nun "Fiziksel Olarak Aktif, Yetişkin Kadınlarda Direnç Antrenmanına Ek Olarak Alınan Bezelye ve Whey Proteini Takviyesinin Bazı Fiziksel Uygunluk Parametleri ve Kalp Hızı Değişkenliği Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması" başlıklı tezi ile ilgili araştırma protokolüne uyulması ve etik onay tarihinden itibaren geçerli olması koşuluyla uygulanmasının etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.

ASLININ AYNIYDIR
22/05/2025

Prof. Dr. Semiyha TUNCEL
Ankara Üniversitesi
Spor Bilimleri Bilimsel Araştırmalar
ve Yayın Etiği Kurulu Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Yunus AKSU

II. Eğitim Bilgileri

2023-2025 : Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans
2015-2019 : Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü
2010-2014 : 75.Yıl Anadolu Öğretmen Lisesi
Yabancı Dili : İngilizce

III. Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar ve Görevler

-

IV. Akademik Çalışmalar

Yayımlar

1. -

Seminer Sunumları

- Hintoğlu, İ., Aksu, Y., & Sevim, S. (2025, Mayıs). Egzersiz yapan bireylerde sosyal fizik kaygısı: Sosyal medya kullanımı ve beslenme tutumunun etkisi [Bildiri sunumu]. II. Uluslararası Sporda ve Egzersizde Beslenme Kongresi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye. (S-14).
- Katıldığı Kongreler, Sempozyum ve Kurslar**
 - I.Spor ve Egzersizde Beslenme Kongresi
 - II.Spor ve Egzersizde Beslenme Kongresi