



**AKUT TÜM VÜCUT VİBRASYON VE
FLEXİ-BAR ANTRENMANLARININ
İZOKİNETİK OMUZ İTERNAL VE EKSTERNAL
ROTASYON KUVVETİNE ETKİSİ
Yüksek Lisans Tezi**

Yağmur ÇAKAN

Eskişehir 2024

**AKUT TÖM VÖCUT VİBRASYON VE FLEXİ-BAR ANTRENMANLARININ
İZOKİNETİK OMUZ İTERNAL VE EKSTERNAL ROTASYON
KUVVETİNE ETKİSİ**

Yağmur ÇAKAN

Yüksek Lisans Tezi

Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Barış GÜROL

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Aralık 2024

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Yağmur ÇAKAN'ın AKUT TÜM VÜCUT VİBRASYON VE FLEXİ-BAR ANTRENMANLARININ İZOKİNETİK OMUZ İNTERNAL VE EKSTERNAL ROTASYON KUVVETİNE ETKİSİ başlıklı çalışması 13/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, Hareket Ve Antrenman Bilimleri Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Üye

Üye

Üye

Unvanı Adı Soyadı

: Doç. Dr. Barış GÜROL

: Doç. Dr. İlbilge Özsu NEBİOĞLU

: Doç. Dr. Erkan AKDOĞAN

İmza

Prof.Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ęrencisi Yağmur ÇAKAN, “AKUT TÜM VÜCUT VİBRASYON VE FLEXİ-BAR ANTRENMANLARININ İZOKİNETİK OMUZ İTERNAL VE EKSTERNAL ROTASYON KUVVETİNE ETKİSİ” başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Daniřmanı

Doç.Dr. Barış GÜROL

ÖZET

AKUT TÜM VÜCUT VİBRASYON VE FLEXİ-BAR ANTRENMANLARININ İZOKİNETİK OMUZ İNTERNAL VE EKSTERNAL ROTASYON KUVVETİNE ETKİSİ

Yağmur ÇAKAN

Hareket ve Antrenman Bilimleri Ana Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Aralık 2024

Danışman: Doç. Dr. Üyesi Barış GÜROL

Bu araştırmanın amacı, Eskişehir Teknik Üniversitesi Kadın Hentbol Takımı sporcularında akut tüm vücut vibrasyon (TVV) ve Flexi-bar antrenmanlarının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkileri incelenmiştir. Çalışmaya, son altı ayda omurga veya ekstremita problemi yaşamamış 16 kadın sporcu katılmıştır. Veriler SPSS 23 kullanılarak analiz edilmiş ve tek yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA testi uygulanmıştır. Araştırmada dört farklı antrenman protokolü uygulanmıştır. Birinci gün vibrasyonsuz platformda antrenman yapılmış, ikinci gün Power Plate cihazında 30 Hz 4 mm düşük vibrasyonda, üçüncü gün ise 50 Hz 4 mm yüksek vibrasyonda modifiye şınav pozisyonunda gerçekleştirilmiştir. Dördüncü gün Flexi-bar ile vibrasyon protokolü uygulanmıştır. Bu protokolde, katılımcıların alt ekstremiteleri izole edilerek her biri 30 saniyelik altı set ve setler arasında 30 saniye dinlenme uygulanmıştır. Omuz rotator cuff kaslarının gücü izokinetik dinamometre ile 60 ve 180°/sn hızlarda uygulama öncesi ve hemen sonrası ölçülmüştür. Bulgular, 30 Hz TVV uygulamasının omuz iç rotasyon kaslarında ortalama kuvvet azalttığını ($p = 0.043$), 50 Hz TVV'nin maksimum tork ve ortalama kuvveti düşürdüğünü ($p = 0.022$, $p = 0.026$) göstermiştir. Flexi-bar egzersizlerinin omuz dış rotasyon kaslarının maksimum tork ($p = 0.007$), tekrar başına iş ($p = 0.006$) ve ortalama kuvvet ($p = 0.004$) değerlerini olumsuz etkilediği bulunmuştur. Sonuç olarak, TVV (30 Hz ve 50 Hz 4 mm) ve Flexi-bar uygulamalarının internal rotator kaslarında anlamlı kuvvet düşüşüne neden olduğu ve TVV uygulamalarının flexi-bar uygulamasına göre eksternal rotator kasları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tüm vücut vibrasyon, Flexi-bar antrenmanı, Rotator cuff kasları

ABSTRACT

THE EFFECT OF ACUTE WHOLE BODY VIBRATION AND FLEXI-BAR TRAINING ON ISOKINETIC SHOULDER INTERNAL AND EXTERNAL ROTATION STRENGTH

Yağmur ÇAKAN

Department of Movement and Training Sciences

Eskişehir Technical University, Graduate School of Education, December 2024

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Barış GÜROL

The aim of this study was to investigate the effects of acute whole body vibration (TVV) and Flexi-bar training on isokinetic shoulder internal and external rotation strength in Eskişehir Technical University Women's Handball Team athletes. Sixteen female athletes who had no spine or extremity problems in the last six months participated in the study. The data were analysed using SPSS 23 and one-way repeated measures ANOVA test was applied. Four different training protocols were applied in the study. On the first day, training was performed on the platform without vibration, on the second day at 30 Hz 4 mm low vibration and on the third day at 50 Hz 4 mm high vibration in modified push-up position. On the fourth day, vibration protocol with Flexi-bar was applied. The findings showed that 30 Hz TVV application decreased the mean force in the shoulder internal rotation muscles ($p = 0.043$), while 50 Hz TVV decreased the maximum torque and mean force ($p = 0.022$, $p = 0.026$). Flexi-bar exercises were found to have a negative effect on maximum torque ($p = 0.007$), work per repetition ($p = 0.006$) and mean strength ($p = 0.004$) values of shoulder external rotation muscles. As a result, it was observed that TVV (30 Hz and 50 Hz 4 mm) and Flexi-bar applications caused a significant strength decrease in the internal rotator muscles and TVV applications had a statistically significant effect on the external rotator muscles compared to flexi-bar application.

Keywords: Whole body vibration, Flexi-bar training, Rotator cuff muscles

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın amacı, Eskişehir Teknik Üniversitesi Kadın Hentbol Takımı sporcularında akut tüm vücut vibrasyon (TVV) ve Flexi-bar antrenmanlarının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkileri incelenmiştir.

Lisans dönemimden itibaren bu akademik sürecimde bana rehberlik eden, bilgi ve deneyimleriyle her zaman yanımda olan, beni her zaman motive eden ve cesaretlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Barış GÜROL’a, araştırmanın analiz aşamasında yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Doç. Dr. İlbilge Özsu Nebioğlu hocama çok teşekkür ederim. Hocalarımla sabrı, teşviki ve rehberliği, bu tezin ortaya çıkmasında en önemli etkenlerden biri olmuştur.

Çalışmama katkı sağlayan değerli sporculara ve saygıdeğer hocam Dr. öğr. üyesi Nalan AKSAKAL’a teşekkür ediyorum.

Veri toplama sürecinde yardımlarını esirgemeyen, her an yanımda olup bana destek olan değerli arkadaşım Emine YABANABAT’a; tez süreci boyunca yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen dostum Ecem KAVAS’a sonsuz teşekkürlerimi iletmek isterim. Hem tez süreci öncesinde hem de tez sürecinde desteğini esirgemeyen ekip arkadaşlarım ve dostlarıma Elif Tuğçe ŞEN, Nur BÖLÜKBAŞI, Sevdije CERRAHOĞLU’na teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımda manevi desteğini esirgemeyen ve bu yoğun süreçte bana güç ve motivasyon kaynağı olan aileme çok teşekkür ediyorum.

Yağmur ÇAKAN

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı ile tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Yağmur ÇAKAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	İ
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
GÖRSELLER DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Problemi	2
1.2. Problem soruları	2
1.3. Hipotezler	3
1.4. Araştırmanın Amacı	3
1.5. Araştırmanın Önemi	3
1.6. Sınırlılıklar	4
1.7. Varsayımlar	4
2. ALANYAZIN	5
2.1. Vibrasyonun Keşfi ve Tarihi	5
2.1.1. Vibrasyon Nasıl Tanımlanır?	6
2.1.2. Vibrasyonun Biyomekanik Parametreleri	6
2.1.3. Vibrasyon doğal bir uyaran mıdır?	7
2.1.4. Tonik vibrasyon refleksi (TVR)	8
2.2. Tüm vücut vibrasyonu nasıl tanımlayabiliriz ?	8
2.2.1. Vibrasyonun etkileri	9
2.3. Omuz Anatomisi	10
2.3.1. Omuz eklemi	10
2.3.2. Rotator cuff kasları	10

2.3.3. M.Supraspinatus	11
2.3.4. M. İnfraspinatus	11
2.3.5 M. Teres Minör	11
2.3.6 M. Subscapularis	12
2.4. FLEXİ-BAR EGZERSİZLERİ	12
3. YÖNTEM.....	13
3.1. Araştırma Modeli.....	13
3.2. Katılımcılar	14
3.3. Ortam ve Araç Gereçler.....	14
3.4. Veri Toplama Araçları.....	14
3.4.1. Antropometrik ölçüm araçları	14
3.4.1.1. Boy uzunluğu.....	14
3.4.1.2. Vücut ağırlığı.....	15
3.4.2.3. Vücut yağ yüzdesi	15
3.4.2.4. İzokinetik kas kuvveti ölçüm aracı.....	16
3.4.2.5. Tüm vücut vibrasyon antrenman sistemi.....	16
3.4.2.6. Flexi-bar antrenman ekipmanı.....	17
3.5. Veri Toplama Süreci.....	18
3.5.1. Antropometrik Ölçümler	18
3.5.2. İzokinetik testler	19
3.6. İstatistiksel Analizi	20
4. BULGULAR	22
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	28
5.1. Sonuç	30
5.2. Öneriler	31
KAYNAKÇA	32
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3. 1. Araştırma Dizaynı	13
Tablo 3. 2. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Özellikler	22
Tablo 3. 3. Uygulamalara Yönelik Ön Test Ve Son Test Değerlerine İlişkin İkili Karşılaştırmalar	24
Tablo 3. 4. İç Ve Dış Rotator Kasların Azami Tork Değerlerine İlişkin Uygulamalar Arası İkili Karşılaştırmalar.....	25
Tablo 3. 5. İç Ve Dış Rotator Kasların Tekrar Başına İş Değerlerine İlişkin Uygulamalar Arası İkili Karşılaştırmalar.....	26
Tablo 3. 6. İç Rotator Kasların Tekrar Başına Ortalama Kuvvet Değerlerine İlişkin Uygulamalar Arası İkili Karşılaştırmalar.....	27

GÖRSELLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Görsel 2. 1. Rotator Cuff Kasları.....	11
Görsel 3. 1. Stadiometre.....	14
Görsel 3. 2. Laboratuvar Baskülü.....	15
Görsel 3. 3. Tanita Cihazı.....	15
Görsel 3. 4. İzokinetik Cihazı.....	16
Görsel 3. 5. Power Plate Cihazı.....	16
Görsel 3. 6. Flexi-Bar Antrenmanı	17
Görsel 3. 7. Flexi-Bar Antrenmanı	17
Görsel 3. 8. Flexi-Bar Antrenmanı	18
Görsel 3. 9. İzokinetik Test	19
Görsel 3. 10. İzokinetik Test	20

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGR	: National Association of German Back Schools
ER	: Dış Rotasyon
FB	: Flexi-bar
FPK	: Diz şnav ve Flexi-bar
Hz	: Frekans
IR	: İç Rotasyon
JPS	: Eklem pozisyon hissi
KPP	: Diz şnav
Mm	: Genlik
MSS	: Merkezi Sinir Sistemi
ROM	: Eklem hareket açıklığını
Sn, dk	: Süre
TVR	: Tonik Vibrasyon Refleksi
TVV	: Tüm Vücut Vibrasyon

1. GİRİŞ

Vibrasyon uygulamaları yıllardır klinik ve performans artırmada kullanılmaktadır. Vibrasyon, cismin oluşturduğu mekanik salınımlar olarak belirtilmiştir (Griffin 1991, Cardinale ve Bosco 2003). Vibrasyon kasa ya da tendona uygulandığında tonik titreşim refleksi olarak bilinen refleks kasılması istemsiz kasılmalarla kademeli artarak oluşur (İşler, 2007). İlk kez astronotlarda kemik dansitesini artırmak ve kas atrofisini engellemek için kullanılmıştır (Albasini vd 2010). Kemik ve kas hastalıklarının (Osteoporoz, Parkinson vb.) azaltma, rehabilitasyonda ve sportif performansın artışı için kullanılan nöromusküler bir uygulamadır (Cafarelli ve LaytonWood, 1986; da Silva ve ark., 2008; Rauch, 2009).

Vibrasyon antrenman sırasında vücuda iki şekilde uygulanabilmektedir. Bunlar; Lokal vibrasyon ve Tüm vücut vibrasyonudur. Lokal vibrasyonda istenilen kasın tendonuna, kasın ortasına uygulanır ya da bir titreşim kaynağını elde tutarak da uygulanabilmektedir (İşler, 2007). Tüm vücut vibrasyonu ise katılımcının vibrasyon platformunun üzerine çıkmasıyla planlanan genlikte vibrasyon uygulanmasıdır (Elsayeh ve ark., 2021; Bellver ve ark., 2021; Şimşek ve Kırkaya, 2021). Vibrasyonla yapılan çalışmalar incelendiğinde denge, sprint performansı, sıçrama performansı, nöromusküler kuvvet, esneklik, metabolik ve hormonal etkisini incelemişlerdir (İşler, 2007).

Flexi-bar salınımlarında titreşim küçük hareket genliği boyunca üretilir (Phanpheng ve Hiruntrakul, 2020). Aktif Flexi-bar vibrasyon egzersizi, kas koordinasyonu için etkilidir çünkü entezde tonik vibrasyon refleksine neden olur ve eklem propriyoseptif duyularını uyarır ve vibrasyon, bir egzersiz sırasında instabiliteyi ayarlamak için agonist ve antagonist üzerinde kasılmaya yol açar (Lee, 2018). Ayrıca sling ve Flexi-bar ile yapılan egzersizin rotator cuff tedavisinde hastalarda ağrıyı azaltmada ve kas aktivitesini artırmada etkili olduğu bildirilmiştir (Kim ve ark., 2016).

Omuz eklemi, zayıf kemik ve kapsül-bağ stabilitesine sahip olduğundan dolayı insan vücudundaki diğer eklemlere göre daha fazla nöromusküler kontrol ve stabilite gerektirir (Hong ve ark.,2010). Aktiviteler sırasında eklemden artan gerilim nedeniyle omuz eklemi yaralanmaya en yatkın eklemlerden biridir (Tummala ve ark., 2018). Baş üstü atış hareketlerinde olduğu gibi omuz dış rotasyonu ve abduksiyonu gerektiren hareketler omuz eklemi yaralanmalarında en sık görülen yüksek riskli pozisyonlardır (Zaremski, 2017). Kısa süreli vibrasyon antrenmanının, özellikle omuz dış rotasyonu

aktif pozisyon duyusunda, kuvvet artışı gözlemlemişlerdir. Bu nedenle, omuz farkındalığını geliştirmek ve omuzun dış rotasyonu sırasında yaralanma riskini azaltmak için vibrasyon antrenmanı uygulanabilir (Ameer ve Al Abbad, 2023). Lopes ve Ejnisman 2023'te yapmış oldukları çalışmada, omuz instabilitesi olan katılımcılarda tüm vücut vibrasyon antrenmanının kas gücü üzerindeki akut etkilerini incelemişlerdir. Üst ekstremitelere uygulanan tek bir seans tüm vücut vibrasyon antrenmanının, omuz instabilitesi olan kişilerde her iki ekstremitedeki 60°/s'lik RI ve 180°/s'lik RE hareketlerinde kas kuvvetinde kuvvet artışı gözlenmiştir.

Literatürde akut tüm vücut vibrasyon ve flexi-bar antrenmanlarının etkisini araştıran birçok çalışma vardır. Fakat, tüm vücut vibrasyon ve flexi-bar antrenmanlarının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisini araştıran çalışmalar oldukça yetersizdir ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bu araştırmanın amacı, Eskişehir Teknik Üniversitesi Kadın Hentbol Takımında aktif olarak oynayan sporcularda akut Tüm vücut vibrasyon (TVV) ve flexi-bar antrenmanlarının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkilerini incelemektir.

1.1. Araştırmanın Problemi

Bu araştırmanın problemi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Kadın Hentbol Takımında aktif olarak oynayan kadın sporcularda Tüm vücut vibrasyon (TVV) ve flexi-bar antrenmanlarının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkilerini belirlemektir. Bu problem cümlesi, tüm vücut vibrasyon ve flexi-bar antrenmanlarının omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkilerini anlamak ve sporcuların antrenman protokollerini artırmak, rehabilitasyon stratejileri geliştirmek açısından bilimsel veriler sağlamak için oluşturulmuştur.

1.2. Problem soruları

1. Akut 30 Hz 4mm tüm vücut vibrasyon antrenmanının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisi var mıdır?
2. Akut 50 Hz 4mm tüm vücut vibrasyon antrenmanının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisi var mıdır?
3. Akut flexi-bar antrenmanının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisi var mıdır?

4. Akut flexi-bar antrenmanı, omuz rotasyon kuvveti üzerinde tüm vücut vibrasyon antrenmanlarından daha etkili midir?

1.3. Hipotezler

H1: Akut 30 Hz 4mm tüm vücut vibrasyon antrenmanının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisi vardır.

H2: Akut 50 Hz 4mm tüm vücut vibrasyon antrenmanının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisi vardır.

H3: Akut flexi-bar antrenmanının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisi vardır.

H4: Akut flexi-bar antrenmanı, omuz rotasyon kuvveti üzerinde tüm vücut vibrasyon antrenmanlarından daha etkilidir.

1.4. Araştırmanın Amacı

Tüm vücut vibrasyonu (TVV) ve flexi-bar antrenmanlarının; kas kuvvetinin, performansın, eklem stabilitesinin, propriyosepsiyonun artırılması gibi nöromüsküler sistemin fiziksel niteliklerinin iyileştirilmesinde etkili oldukları yapılan çalışmalarla gözlenmiştir. Üst ekstremitelerde ve eklem dengesizliklerinde kullanımları akut etki olarak iyi sonuçlar vermiştir. Bu çalışmanın amacı, akut tüm vücut vibrasyon ve flexi-bar antrenmanlarının omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisini analiz etmektir.

1.5. Araştırmanın Önemi

Omuz eklemi vücudun en hareketli ve fonksiyonel eklemlerden biri olduğu için hem sporda performans hem de günlük yaşantı için kritik öneme sahiptir. Omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetleri omzun hareket kabiliyetini ve stabilitesini etkiler. Omuz kuvvetinin artırılması, omzun fiziksel işlevselliğini iyileştirirken, sporcuların sakatlanma risklerini azaltabilir. Tüm Vücut Vibrasyon (TVV) ve Flexi-Bar antrenmanlarının akut etkilerini anlamak, egzersiz protokollerinin artırmak ve rehabilitasyon stratejileri geliştirmek açısından önemlidir. Tüm Vücut Vibrasyon (TVV) ve Flexi-Bar antrenmanlarının izokinetik omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine olan etkilerini incelemek, spor bilimi ve rehabilitasyon alanında önemli gelişmeler sunabilir.

1.6. Sınırlılıklar

Bu araştırma sınırlılıklar aşağıdaki durumlardır:

- Araştırma grubunu oluşturan katılımcılar Eskişehir Teknik Üniversitesi Kadın Hentbol Takımında aktif olarak oynayan 16 kadın sporcuyla sınırlıdır.
- Araştırma grubu, son altı ayda omurgada veya üst ve alt ekstremitelerde ortopedik problem yaşamamış olan bireylerle sınırlandırılmıştır.
- Araştırma bir tüm vücut vibrasyon antrenman hareketiyle sınırlandırılmıştır.
- Araştırma tüm vücut vibrasyon antrenmanında 30 ve 50 Hz olarak sınırlandırılmıştır.
- Araştırma bir flexi-bar antrenman hareketiyle sınırlandırılmıştır.

1.7. Varsayımlar

- Bu çalışma kapsamında yapılan ölçümlerde bazı varsayımlar kabul edilmiştir:
- Tüm katılımcıların ölçüm ve antrenman protokollerinden önce belirtilen ölçüm kurallarını ve açıklamaları anladıkları varsayılmaktadır.
- Tüm katılımcıların ölçümler sırasında maksimum performanslarını uyguladıkları varsayılmaktadır.

2. ALANYAZIN

2.1. Vibrasyonun Keşfi ve Tarihi

1880'de Fransız nörolog Jean-Martin Charcot, Parkinson hastalarının titreşimle iyileşebileceğini gözlemledi ve bu iyileşmenin atlı ve demiryolu vagonlarının titreşimlerinden kaynaklandığını düşündü. Bu fikirden esinlenerek elektrikle titreşim veren kasklı bir sandalye tasarladı (Albasini ve ark., 2010). 1970 yılında Profesör Vladimir Nasarov, sporcuların güç ve esnekliklerini artırmak amacıyla bir titreşim antrenman programı geliştirdi. Biermann'ın titreşimle egzersiz fikrini pratiğe dönüştürerek, lokalize titreşimin kas ve kemik sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini gözlemledi. Kısa bir süre sonra, bu yöntem Rus uzay programında astronotların mikro yerçekimi ortamında kemik yoğunluğu kaybını önlemek için kullanılmaya başlandı. Rus bilim insanları, titreşim antrenmanının, uzaydaki astronotlar için kas ve kemik kaybını önlemede etkili bir çözüm sunduğunu fark ettiler. Sonraki yıllarda, bu tüm vücut titreşim (TVV) tekniği, Sovyet atletlerin performanslarını artırmak amacıyla egzersiz programlarına da dahil edildi (Nasarov ve Spivak, 1985; Albasini ve ark., 2010). Profesör Nasarov, titreşim uygulamasının eklem hareket açıklığını (ROM) artırdığını ve ağrı eşiğinde bir değişiklik yarattığını gözlemlemiştir. Ayrıca, titreşim antrenmanının esnekliği geliştireceğini ve kan akışını iyileştireceğini varsaymıştır (Nasarov ve Spivak, 1985; Albasini ve ark., 2010).

Ağırlık antrenmanı ile titreşim antrenmanını birleştiren ilk çalışma, Issurin ve ark. tarafından 1994 yılında yapılmıştır. Araştırmada, vibrasyonlu ağırlık antrenmanı sonrasında %46 oranında bir gelişme gözlemlenmiştir (3 hafta boyunca, haftada üç kez, 44 Hz frekans, 3 mm genlik ve 30 m/s² ivme ile). Aynı ağırlık antrenmanı titreşim olmadan yapıldığında ise yalnızca %16'lık bir ilerleme elde edilmiştir. Issurin ve Tenenbaum'un (1999) gerçekleştirdiği ikinci çalışmada, 14 amatör ve 14 elit sporcu, bilateral biceps curl egzersizi sırasında 44 Hz frekansta ve tepeden tepeye 3 mm'lik bir titreşimle uyarılmıştır. Aynı zamanda titreşim olmadan da güç egzersizleri uygulanmıştır. Sonuçlara göre, elit sporcularda patlayıcı güç eforu sırasında maksimal ve ortalama güçte sırasıyla %10,4 ve %10,2'lik bir artış görülmüştür; amatör sporcularda ise bu artış %7,9 ile %10,7 arasında olmuştur.

Titreşimli Platform, 1999 yılında Hollandalı Olimpiyat Antrenörü Guus van der Meer tarafından geliştirilmiştir. Başlangıçta elit sporcular için tasarlanmış olan bu cihaz,

daha sonra her yaş, kilo ve kondisyon seviyesindeki bireyler için ivmelenme antrenmanına uyarlanarak yaygınlaşmıştır (Albasini ve ark., 2010).

2.1.1. Vibrasyon Nasıl Tanımlanır?

Vibrasyon, salınım hareketiyle tanımlanan bir tür mekanik uyarıcıdır (Tomas ve ark., 2011). Vibrasyon, lokal ve tüm vücut olarak iki farklı şekilde uygulanabilir. Lokal vibrasyon, belirli bir kasın ortasına veya o kasa bağlı tendona uygulanırken, tüm vücut vibrasyonu, özel bir vibrasyon platformunda kişinin durmasıyla gerçekleştirilen uygulamalardır (İşler, 2003). Vibrasyon, bir kasa lokal ya da tüm vücuda uygulandığında, Tonik Vibrasyon Refleksi (TVR) olarak bilinen refleksif bir kasılma ortaya çıkar (Mester ve ark., 2006).” Düşük genlik ve düşük frekanslı mekanik uyarımın kas-iskelet sistemi üzerinde güvenli ve etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir (Cardinale ve Wakeling 2005). Uzun süreli titreşim maruziyetinin, kas yorgunluğu (Adamo ve ark., 2002), motor ünite ateşleme hızı ve kas kasılma kuvvetinde azalma (Bongiovanni ve ark., 1990) olduğu belirtilmiştir.

2.1.2. Vibrasyonun Biyomekanik Parametreleri

Vibrasyonun etkililiği, vücut pozisyonu, genlik (amplitude), frekans (frequency), büyüklük (magnitude) ve süre gibi biyomekanik parametrelere bağlıdır. Bu parametreler, vibrasyonun kas-iskelet sistemi üzerindeki etkilerini belirleyen temel unsurlardır.

- Genlik (mm), salınım hareketinin tepeden tepeye olan dikey yer değiştirme mesafesinin milimetre cinsinden ölçüsüdür.
- Frekans (Hz), bir saniyede gerçekleşen salınım sayısını ifade eder ve Hertz birimiyle ölçülür.
- Büyüklük, hareketin hızlanmasını "g" birimiyle ifade eder. (1 g, dünyanın yerçekimsel hızlanmasını temsil eder ve 9.81 m/s^2 değerindedir.)
- Süre (sn, dk), platform üzerinde geçirilen toplam zamanı ifade eder.

Çok sayıda değişkenin bulunması, bu değişkenlerin farklı kombinasyonlarla bir araya gelmesini sağlamakta ve buna bağlı olarak çeşitli antrenman modelleri tasarlanabilmektedir. Vücut pozisyonlarının çeşitliliği ve dışarıdan eklenen ağırlıklar da

dikkate alındığında, antrenman modellerinin sayısı daha da artmaktadır (Albasini ve ark., 2010).

2.1.3. Vibrasyon doğal bir uyaran mıdır?

Vücudumuz, tüm sportif aktiviteler sırasında dış ortamla etkileşim halindedir ve dışarıdan gelen kuvvetlere maruz kalır. Bu kuvvetler, vücut dokularında titreşim ve salınım hareketlerine yol açar. Doku titreşimleri, kayarken bacaklarda veya bisiklet sürerken kollarda olduğu gibi, sürekli titreşimlerle karşılaşıldığında da ortaya çıkabilir. Sürekli bir salınım kuvveti, yumuşak dokularda bu kuvvetle aynı frekansta titreşimler yaratır; ancak, dokuların doğal frekansı uygulanan kuvvetin frekansına yakınsa (rezonans), titreşimlerin genliği maksimum seviyeye ulaşır. Yine de bu yüksek genlikli titreşimler, dokuların sönümleme özellikleri sayesinde azaltılabilir. Bu nedenle, tüm spor aktivitelerinde yumuşak dokuların titreşimlere maruz kalması beklenir ve bu titreşimlerin genliği ile frekansı, dokuların doğal frekansı ve sönümleme özelliklerine bağlıdır (Cardinale ve Wakeling 2005).

Vücut, darbe şoklarının ve titreşimlerin iletimini kontrol etmek için kemik, kıkırdak, sinovyal sıvılar, yumuşak dokular, eklem kinematiki ve kas aktivitesi gibi çeşitli yapı ve mekanizmalardan yararlanır. Eklem kinematiki ve kas aktivitesinde meydana gelen değişiklikler kısa süreli olarak kontrol edilebilir ve bu sayede vücut, dış kuvvetlere karşı titreşim tepkisini uyarlayabilir. Ayrıca, vücudun yumuşak doku titreşimlerini azaltarak zararlı etkileri en aza indirmek için kas aktivitesini "ayarlama" stratejisi geliştirdiği öne sürülmüştür (Cardinale ve Wakeling 2005).

Spor faaliyetlerinde, tenis raketiyle topa vurmak gibi darbe hareketleri de titreşimler oluşturur. Örneğin, yokuş aşağı dağ bisikleti sırasında titreşimler kollar yoluyla dokulara yayılırken, yokuş aşağı kayak yaparken ise kayaklardan gelen titreşimler vücut tarafından emilir. Bu nedenle, yumuşak dokular, kemikler, kıkırdak, sinovyal sıvı, kas aktivitesi ve eklem hareketleri gibi yapılar sayesinde, vücut hem darbe etkilerini dağıtır hem de bu dış kuvvetlerin (titreşimlerin) dokulara iletimini düzenleyen bir mekanizmayı kullanır (Cardinale ve Wakeling 2005). Kas aktivitesi miktarı, maruz kalınan dış titreşim kuvvetlerinin düzeyiyle ilişkilidir. Maksimum düzeyde aktive edilen bir kas, titreşimleri sönümleyerek dokulardaki salınımları azaltabilir veya tamamen ortadan kaldırabilir (Wakeling ve ark., 2002).

Kasın titreşimle uyarılması, kas içiğinin birincil uçları olan Ia afferent liflerini harekete geçirir. Bu sinyaller, kasların refleks kasılmalarını başlatan alfa-motonöronları aktive ederek kasın sürekli (tonik) kasılmasına yol açar. Bu olaya "tonik titreşim refleksi" (TVR) adı verilir (Hagbarth and Eklund 1966 , Lance et al 1973 , Bishop 1974; Albasini ve ark., 2010).

2.1.4. Tonik vibrasyon refleksi (TVR)

Hagbarth ve Eklund (1966), kasa veya tendona uygulanan vibrasyonun, kas uzunluğundaki değişikliklerin Merkezi Sinir Sistemi'ne (MSS) iletilmesinden sorumlu olan kas içciklerini uyarabileceğini ortaya koymuş ve Tonik Vibrasyon Refleksi'ni (TVR) ilk kez tanımlamışlardır. Vibrasyonla uyarılan kas içciklerinin primer sonlanmaları (Ia afferent lifler), alfa-motornöronların aktivasyonunu artırarak sürekli bir refleks kasılmaya (TVR) neden olmaktadır.

Tonik vibrasyon refleksinin motor ünite aktivasyonunu artırdığı belirtilmiştir. Bu süreçte, vibrasyonun neden olduğu kas uzunluğundaki ani değişiklikler, reseptörler tarafından duyuşal bir girdi olarak algılanmakta ve refleksif kassal aktivite, vibrasyon dalgalarını azaltmaya çalışmaktadır (Burke ve Schiller, 1976).

Bishop (1974)'e göre, TVR'yi etkileyen dört temel faktör şunlardır: (1) vibrasyonun uygulandığı bölge, (2) merkezi sinir sisteminin uyarılabilirlik seviyesi, (3) kasın gerilme öncesindeki uzunluğu ve (4) vibrasyonun frekansı ve genliği. Ayrıca, kasın başlangıç uzunluğu arttıkça TVR'nin daha güçlü ortaya çıktığını destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Bishop, 1974; Eklund ve Hagbarth, 1966).

2.2. Tüm vücut vibrasyonu nasıl tanımlayabiliriz ?

TVV (Tüm Vücut Vibrasyonu), bir platform aracılığıyla tüm vücuda uygulanan bir salınım hareketi şeklinde mekanik bir uyarıcıdır. Günümüzde kullanılan cihazlar iki farklı mekanizma içerir: (a) tüm platformun yukarı ve aşağı dikey hareket ettiği dikey titreşim; ve (b) platformun dayanak noktasının iki tarafındaki karşılıklı dikey hareketlerle yanal ivmenin arttığı bir sistemdir (Cardinale ve Wakeling 2005).

2.2.1. Vibrasyonun etkileri

TVV içeren egzersiz programları, spor alanında kas kuvveti, kas gücü ve kas uzunluğu açısından test edilmiştir (Bosco ve ark. 1999a, Delecluse ve ark. 2003, Issurin ve Tenenbaum 1999). Propriyosepsiyon ve denge eğitimi (Bautmans ve ark. 2005, Bogaerts ve ark. 2007, Runge ve ark. 2000), kemik yoğunluğunun artırılması (Gusi ve ark. 2006, Rittweger ve Felsenberg 2004, Rubin ve ark. 2002) ve kas spazmları ile bel ağrısı gibi çeşitli kas-iskelet sistemi bozukluklarının rehabilitasyonunda uygulanmıştır (Belavý ve ark. 2008, Fontana ve ark. 2005, Rittweger ve ark. 2002). Yapılan çalışmalar, omuza uygulanan akut vibrasyon antrenmanlarının, kas aktivasyonu, proprioseptif algı ve motor performans üzerinde çeşitli sonuçlar ortaya koymaktadır. Vibrasyon, kas iğciklerini ve tendonu uyararak motor ünitelerin daha fazla aktif hale gelmesini sağladığı ve bu sayede kas kuvvetinde geçici bir artış oluşturduğu belirtilmiştir (Burke ve Schiller, 1976). Lin ve ark. (2023) yapmış oldukları çalışmada geleneksel elastik direnç egzersizleri ile titreşim egzersizlerinin omuz dış rotasyon kaslarının kuvveti ve fonksiyonel performansı üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Titreşim egzersizlerinin, genç yetişkinlerde omuz kaslarının güçlenmesine katkı sağlayabileceği ve bu egzersizlerin, geleneksel elastik direnç egzersizlerine etkili bir alternatif olarak değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir. Hand ve ark. (2009) tam vücut titreşim uygulamalarının, dinamik direnç antrenman programları öncesinde üst ekstremiteye etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları, gruplar arasında belirgin bir fark göstermemesine rağmen, her iki grupta da rotator cuff kaslarının gücünde artış kaydedilmiştir. Bulgular, titreşim uygulamalarının direnç antrenmanlarına hazırlık sürecinde potansiyel bir yöntem olabileceğini vurgularken, bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Lopes ve Ejnisman (2023) tüm vücut titreşiminin (TVV) omuz instabilitesi bulunan bireylerde kas gücü üzerindeki akut etkilerini incelemişlerdir. Omuz instabilitesi nedeniyle cerrahi sonrası rehabilitasyon sürecinde olan 10 sporcunun katıldığı çalışmada, iç ve dış rotasyon hareketlerindeki kas gücü izokinetik dinamometri ile farklı açısal hızlarda (60 ve 180°/s) test edilmiştir. TVV, 30 Hz frekansta, 30 saniyelik 5 set halinde uygulanmıştır. Omuz İnstabilitesi bulunan ekstremitenin her iki açısal hızda anlamlı kas gücü artışı sağladığını, instabilitesi olmayan tarafın ise yalnızca belirli koşullarda fayda gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, doğrudan üst ekstremitelere uygulanan tek bir TVV seansının, özellikle instabilitesi olan ekstremitelerde kas gücünü akut olarak iyileştirebildiğini göstermektedir.

Silve ve ark., 2023'te yaptıkları çalışma kapsamında, omuz instabilitesi olan 10 sporcuda 30 Hz vibrasyon protokolü uygulanmış ve kas gücü izokinetik dinamometri ile değerlendirilmiştir. Katılımcıların omuz iç (IR) ve dış (ER) rotasyon hareketleri, nötral pozisyonda iki farklı açısal hızda (60°/s ve 180°/s) ölçülmüş. Değerlendirme; TVV uygulamasından önce, hemen sonra ve 10 dakika sonra olmak üzere üç zaman diliminde yapılmış. Katılımcılar, 5 tekrar 30 saniyelik 30 Hz vibrasyon boyunca, kollarını fleksiyon pozisyonunda tutarak platform üzerinde gerçekleşmiş. Omuz instabilitesi olan tarafta her iki harekette (IR ve ER) ve her iki açısal hızda (60°/s ve 180°/s) kas gücünün arttığını, instabilitesi olmayan tarafta ise yalnızca belirli koşullarda (60°/s'de IR ve 180°/s'de ER) güç artışı görülmüştür.

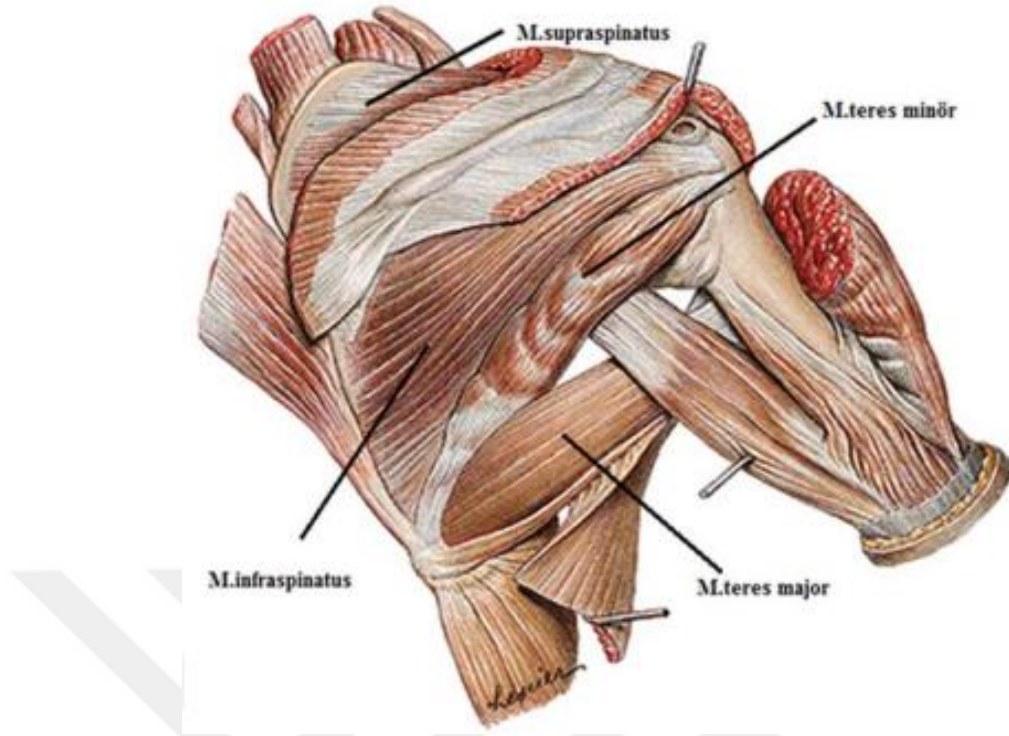
2.3. Omuz Anatomisi

2.3.1. Omuz eklemi

Omuz eklemi, yüksek hareket kabiliyeti ve karmaşık biyomekanik yapısı nedeniyle uzun süredir araştırma konusu olmuştur. Doğal kemik stabilitesinin sınırlı olduğu bu eklemden, stabiliteye katkı sağlayan statik yapılar arasında fibrokartilajinöz labrum, bağlar ve eklem kapsülü yer alır. Bunlara ek olarak, rotator manşet kasları gibi dinamik stabilizatörler hem eklem hareketlerini kontrol eder hem de pasif stabiliteye destek verir. Skapulotorasik eklem ise omuzun hareket kabiliyetini artırarak stabiliteye katkıda bulunur. Bu yapıların uyum içinde çalışması, omuzun biyomekanik fonksiyonunu ve stabilitesini sağlar (Lugo ve ark., 2008).

2.3.2. Rotator cuff kasları

Rotator cuff, omuz ekleminin hareketlerini kontrol eden ve humerus başının dinamik stabilizasyonunu sağlayan temel kas grubudur. Bunlar; m. subscapularis, m. supraspinatus, m. infraspinatus ve m. teres minör kaslarıdır. Omuz ekleminin stabilitesi ve fonksiyonu üzerinde hayati bir rol oynar. Her bir kas, farklı yönlerde hareket ederek omuz ekleminin doğru hizalanmasını sağlar ve humerus başını cavitas glenoidalis içinde sabit tutar. Aynı zamanda, bu kaslar omuz hareketlerini uyumlu bir şekilde koordine ederek eklem düzgün çalışmasına katkıda bulunur (Terry ve Chopp, 2000).



Görsel 2. 1. *Rotator Cuff Kasları*

2.3.3. M. Supraspinatus

Supraspinoz fossa'dan başlar, akromiyonun altından geçerek humerus'un büyük tüberkülüne tutunur. Kolun abdüksiyon hareketini başlatan temel bir rotator manşet kasıdır (Singleton, 1966; Şevgin ve İncekulak, 2023).

2.3.4. M. İnfraspinatus

İnfraspinoz fossa'nın orta kısmından başlar, tendonu eklem kapsülüne yapışır ve büyük tüberkülün merkezinde sonlanır. Omuzun dış rotasyonunda görev yapar (Terry ve Chopp, 2000).

2.3.5 M. Teres Minör

Teres minor, skapulanın arka yüzeyinin üst bölgesinden başlar ve humerus'un büyük tüberkülünün alt kısmına tutunur. Zayıf bir dış rotator olarak, humerus'un %45 dış rotasyonunu gerçekleştirmekle birlikte ekstansiyon, horizontal addüksiyon ve anterior stabilizasyon işlevlerini de yerine getirir. Omuz eklemi ve kol hareketlerinde önemli bir role sahiptir (Demirhan M, Akman S 1996; Şevgin ve İncekulak, 2023).

2.3.6 M. Subscapularis

Subskapular fossa'yı tamamen kaplayan geniş ve üçgen şekilli bir kastır. Tuberculum minus üzerinde sonlanır. Omzun iç rotasyonunu sağlar (Su ve ark., 2009; Şevgin ve İncekulak, 2023).

2.4. Flexi-Bar Egzersizleri

Flexi-bar egzersizi, titreşim ekipmanı kullanılarak yapılan bir egzersiz türüdür. Bu ekipman, 5 Hz düşük frekansta dakikada 270 titreşim üreterek şekilde tasarlanmış olup, 1,53 m uzunluğa, 710 gr ağırlığa ve 9,5 mm çevre ölçüsüne sahiptir. Güvenirliliği Almanya'daki Münih Üniversitesi'nin araştırma ve teknoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiş, yüksek esnekliğe sahip fiberglastan üretilen Flexi-bar'ın, egzersiz için uygun ve güvenli olduğu National Association of German Back Schools (AGR) tarafından onaylanmıştır (Phanpheng ve Hiruntrakul, 2020). Flexi-bar, manuel titreşim yerine, kullanıcının titreşim hızını ve genliğini aktif olarak kontrol eder (Mileva ve ark., 2010; Lee, 2015; Lee ve Han, 2018). Flexi-bar ile yapılan aktif titreşim egzersizi, kas ve tendonlarda tonik titreşim refleksi oluşturarak eklemlerin propriyoseptif duyularını uyarır ve dengeyi sağlamak için agonist ve antagonist kasların kasılmasını destekleyerek kas koordinasyonunu geliştirir (Lee, 2015; Lee ve Han, 2018). Statik ve dinamik dengeyi geliştirmeye yardımcı olur (Mileva ve ark., 2010; Lee, 2015; Lee ve Han, 2018). Sling ve Flexi-bar kullanılarak yapılan egzersizlerin, rotator cuff tedavisi gören hastalarda ağrıyı azaltmada ve kas aktivitesini artırmada etkili olduğu belirtilmiştir (Kim ve ark., 2016). Um ve ark. (2015)'te yapmış oldukları çalışmada, genç futbolcularda flexi-bar egzersizlerinin postüral hizalamalarını ve dengelerini geliştirmede etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Araştırma tablo 1’de gösterildiği gibi dört gün sürmüştür. Antrenman protokolüne başlamadan önce katılımcıların antropometrik ölçümleri alınmıştır. Katılımcılar birinci gün vibrasyonsuz platform üzerinde antrenman yapmıştır. İkinci gün Power Plate cihazında 30 Hz 4 mm düşük vibrasyonda izometrik hareketi uygularken üçüncü gün 50 Hz 4 mm yüksek vibrasyonda belirtilen hareketi gerçekleştirmiştir. Her katılımcı, ellerini omuz genişliğinde açık ve dirsekleri uzatılmış pozisyonda tüm vücut vibrasyon platformunun ya da vibrasyonsuz platformun ortasına koyarak sınav pozisyonunda (dizler yerde) protokolü gerçekleştirmiştir. Uygulama 30 saniye süren altı setten ve setler arasında 30 saniyelik dinlenmeden oluşmuştur. Dördüncü gün egzersiz süresi aynı olup Flexi-bar kullanarak vibrasyon uygulamaları istenmiştir. Vibrasyon protokolü, her biri 30 saniye süren altı setten ve setler arasında 30 saniyelik dinlenmeden oluşmuştur. Katılımcıların omuz rotatör kaslarının gücü, izokinetik dinamometre kullanılarak nötr pozisyonda iç (IR) ve dış (ER) rotasyon hareketlerinde iki açısal hızda - 60 ve 180°/sn - uygulamadan önce, hemen sonra test edilmiştir.

Tablo 3. 1. Araştırma Dizaynı

	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün
Ön Test	Katılımcıların antropometrik ölçümleri alınmıştır. İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.
Uygulama (30 sn. X 6 tekrar)	Power Plate (Vibrasyonsuz)	Power Plate (30 Hz 4mm vibrasyon)	Power Plate (50 Hz 4mm vibrasyon)	Flexi-bar
Uygulamadan hemen sonra test	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.	İzokinetik cihazında iç ve dış rotasyon ölçümü alınmıştır.

3.2. Katılımcılar

Bu araştırma Eskişehir Teknik Üniversitesi Kadın Hentbol Takımında aktif olarak oynayan 16 sporculardan oluşmuştur. Katılımcılardan, son altı ayda omurgada veya üst ve alt ekstremitelerde ortopedik problem yaşamamış olanlar çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmadan önce katılımcılara ölçüm ve antrenman protokolleri açıklanmıştır, oluşabilecek riskler hakkında bilgi verildikten sonra bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmıştır.

3.3. Ortam ve Araç Gereçler

Uygulanan çalışma, Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi İnsan Performans Laboratuvarı, Fonksiyonel Hareket Laboratuvarı ve Kinantropometri Laboratuvarında gerçekleşmiştir. Laboratuvarlarda stadiometre, laboratuvar baskülü, vücut yağ yüzdesi biyoelektrik impedans cihazı (Tanita MC 180 Multi Frequency BIA, Japan), Flexi-bar, İzokinetik ve Power plate cihazları kullanılmıştır.

3.4. Veri Toplama Araçları

3.4.1. Antropometrik ölçüm araçları

3.4.1.1. Boy uzunluğu

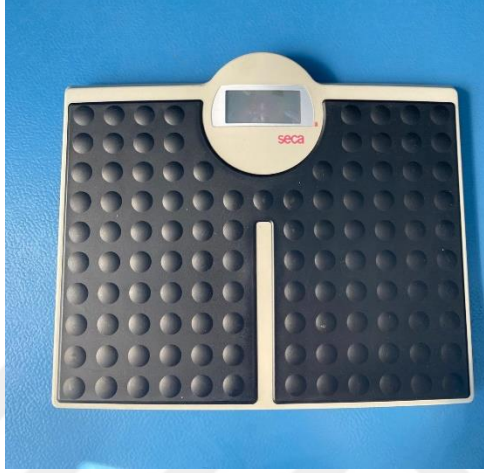
Katılımcıların boy uzunluğu ölçümleri hassasiyeti ± 0.1 mm olan stadiometrede (Holtain Ltd, UK) yapıldı ve cihazın kalibrasyon çubuğu (60 cm) ile stadiometrenin kalibrasyonu ayarlanmıştır.



Görsel 3. 1. Stadiometre

3.4.1.2. Vücut ağırlığı

Deneklerin vücut ağırlığı ölçümleri hassasiyeti ± 0.01 kg olan elektronik laboratuvar baskülü (Seca, Vogel ve Halke, Hamburg) ile alınmıştır. Elektronik laboratuvar baskülünün kalibrasyon ayarları yapıldıktan sonra Lohman ve ark. (1988)'nin önerdiği şekilde ölçümler alınmıştır (Kale, 2019).



Görsel 3. 2. Laboratuvar Baskülü

3.4.2.3. Vücut yağ yüzdesi

Vücut yağ yüzdesi biyoelektrik impedans cihazı (Tanita MC 180 Multi Frequency BIA, Japan) ile değerlendirilmiştir.



Görsel 3. 3. Tanita Cihazı

3.4.2.4. İzokinetik kas kuvveti ölçüm aracı

Katılımcıların izokinetik kas kuvveti testi omuz ekleminde - 60 ve 180°/sn açısal hızlarda CSMİ (Humac Norm Testing ve Rehabilitation System, USA) izokinetik cihazı ile ölçülmüştür.



Görsel 3. 4. İzokinetik Cihazı

3.4.2.5. Tüm vücut vibrasyon antrenman sistemi

Katılımcılar Power Plate® (Pro 5 Airdaptive Model, USA) marka tüm vücut vibrasyon cihazı ile antrenman protokolüne uygun olarak antrenman yapmıştır.



Görsel 3. 5. Power Plate Cihazı

3.4.2.6. Flexi-bar antrenman ekipmanı

Katılımcıların Flexi-bar antrenmanları FLEXI-BAR® Standard marka vibrasyon ekipmanı kullanarak gerçekleştirilmiştir.



Görsel 3. 6. Flexi-bar antrenmanı



Görsel 3. 7. Flexi-bar antrenmanı



Görsel 3. 8. *Flexi-bar antrenmanı*

3.5. Veri Toplama Süreci

3.5.1. Antropometrik Ölçümler

Katılımcılardan şort giymeleri istenmiştir ve çıplak ayakla elektronik laboratuvar baskülünde (Seca, Vogel ve Halke, Hamburg) vücut ağırlıkları ölçülmüştür. Boy ölçümleri anatomik pozisyonda ayakta dik dururken sabit stadiometre (Holtain Ltd, UK) skalasının kaliperi başlarına dokunacak şekilde ayarlanıp alınmıştır. Vücut ağırlığı ve boy uzunlukları iki tekrar ölçüm olarak alındı ve ortalamaları değerlendirilmiştir (Lohman ve ark. 1988; Gürol, 2013). Vücut yağ yüzdeleri biyoelektrik impedans cihazı (Tanita MC 180 Multi Frequency BIA, Japan) ile ölçülmüştür. Katılımcılardan aç karnına ve içecek içmeden sabah saatlerinde teste gelmeleri istenmiştir. Her katılımcı şort giyerek çıplak ayakla teste alınmıştır. Bu cihazda, elektrik akımı (50khz) ellerden ayaklara doğru iletilir. Bu süreçte vücutta bulunan bütün vücut suyunu hesaplar ve ortaya çıkan değerle vücut yağ yüzdesini tahmini olarak ölçmektedir. Biyoelektrik impedans cihazı vücuttaki elektrik akımının yağlı ve yağsız dokular arasındaki iletimine göre ölçüm yapmaktadır (Aackland ve ark., 2009).

3.5.2. İzokinetik testler

Katılımcıların omuz rotatör kaslarının gücü, izokinetik dinamometre kullanılarak nötr pozisyonda iç (IR) ve dış (ER) rotasyon hareketlerinde - 60 ve 180°/sn açısal hızlarda konsantrik/konsantrik kasılma türünde; uygulamadan önce, hemen sonra test edilmiştir. RE ve IR hareketlerinde, her biri için 3 tekrar olacak şekilde ölçülmüştür. Her iki üst ekstremité de test edilecek olup, istatistiksel hesaplamalar için tekrarlardan en iyi score kabul edilmiştir. Geçerli testten önce katılımcılar teste alışması için önceden kalibre edilmiş cihazda 30°/s'de hareketi üç kez tekrarlamıştır. Katılımcılardan; 45° omuz abdüksiyonunu sürdürmesi, önkolunu nötr pozisyonda tutması, gövde ve pelvisin kompanzasyonları önlemek için sabitlenmesini sağlaması istenmiştir.



Görsel 3. 9. İzokinetik test



Görsel 3. 10. İzokinetik test

3.6. İstatistiksel Analizi

Farklı genlik ve frekanslardaki TVV uygulamaları ile flexi-bar uygulamalarının izokinetik omuz internal ve eksternat rotator kas kuvveti üzerine akut etkilerinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmamızın verilerine ait istatistiksel analiz SPSS® (Windows için İstatistik sürüm 23) yazılım programı kullanılarak gerçekleştirildi (IBM, Armonk, NY;2011). Katılımcılara dört ayrı günde uygulanan her bir protokolün izokinetik omuz internal ve eksternat rotator kas kuvveti üzerine akut etkilerinin uygulama öncesinde ve hemen sonrasındaki ön test-son test farkını ortaya koymak için her uygulamaya yönelik olarak her parametreye (azami tork, tekrar başına iş, tekrar başına ortalama kuvvet) ilişkin faktörler arası etkileşimin değişkenler üstündeki etkileri Tekrarlı Ölçümler için Tek Yönlü Varyans Analizi ile incelendi (ANOVA; $4 \times 3 \times 2$, Grup $\times$ Parametre $\times$ Zaman). Zaman (ön test-son test) katılımcıların kendi içindeki faktörü ve Grup (Protokol 1 (Kontrol), Protokol 2 (30 Hz 4 mm TVV), Protokol 3 (50 Hz 4 mm TVV), Protokol 4 (Flexi-bar)) ise katılımcılar arasındaki faktörü olarak belirlendi. Her protokole ilişkin ön test-son test farkını ortaya koymak için İlişkili Örneklemeler için T-Testi yapıldı (Tablo 2). Hangi protokolün diğerine göre daha üstün olduğunu belirlemek

için ise her bir protokole ilişkin 3 parametrenin ön test-son test farklarından elde edilen değerleri gruplar arasında birbirleri ile ikili olarak karşılaştırılarak Tablo 3, 4 ve 5'te gösterildi. İlgili değişkenlere ait verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Shapiro-Wilk testi ile sınıandı ve Skewness ve Kurtosis değerleri ile de doğrulandı (1). Herhangi iki ölçüm arası farklar dizilerinin varyanslarının eşit olup olmadığı, küresellik testi (Mauchly's Test of Sphericity) ile kontrol edildi. Normal dağılımı sağlamayan bağımsız değişkenlere ait grup içindeki ortalama farkların grup içi ve gruplar arası ikili karşılaştırmalar için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi yapıldı. Tüm testlere ilişkin değerler ilgili tablolarda ortalama ve standart sapma değerleri verildi. Yapılan istatistiksel analizin gücünü ortaya koymak için tüm ilgili testlere ilişkin etki büyüklüğü değerlerine yer verildi (Cohen etki büyüklüğü d ; $d < 0.2$ önemsiz, $0.2 \leq d < 0.5$ küçük, $0.5 \leq d \leq 0.8$ orta, $d > 0.8$ büyük etki büyüklüğü; Hedge etki büyüklüğü $r=0.1$ küçük, $r=0.3$ orta, $r=0.5$ büyük etki büyüklüğü) (2-3). Tüm istatistiksel analiz boyunca istatistiksel anlamlılık düzeyi $p \leq 0.05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızın amacı farklı genlik ve frekanslardaki TVV uygulamaları ile flexi-bar uygulamalarının izokinetik omuz internal ve eksternat rotator kas kuvveti üzerine akut etkilerinin araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda 16 hentbolcu kadına gönüllülük esasına göre katıldıkları 4 ayrı protokol uygulandı. Tablo 3. 2’de katılımcılara ait tanımlayıcı özelliklere yer verildi.

Tablo 3. 2. Katılımcılara ait tanımlayıcı özellikler

Değişken	Ort ± SS (n=16)
Yaş	21.31 ± 1.45
Boy	162.37 ± 27.03
Kütle	69.47 ± 28.21
VKi	26.81 ± 6.87

VKi: Vücut kitle indeksi. Ort: Ortalama. SS: Standart sapma.

Yöntem bölümünde detaylarına yer verilen uygulamaların ön test-son test akut etkisini ortaya koymak için ele alınan üç farklı parametre (azami tork, tekrar başına iş, tekrar başına ortalama kuvvet) üzerinden ikili karşılaştırmalar yapıldı (Tablo 3.3).

Elde edilen ön test-son test farkına ilişkin istatistiksel analiz sonucunda TVV uygulamalarında ve Flexi-bar uygulamasında istatistiksel olarak anlamlı düşümlere rastlandı. 30 Hz 4 mm TVV uygulaması öncesi ve sonrasındaki omuz kemerine ait internal rotasyon yaptıran kasların tekrar başına ortalama kuvvet değerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş görüldü ($p<0.05$). 50 Hz 4 mm TVV Uygulamasında ise uygulama öncesi ve sonrasındaki omuz kemerine ait internal rotasyon yaptıran kasların azami tork ve tekrar başına ortalama kuvvet değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş görüldü ($p<0.05$). Flexi-bar uygulamasında ise uygulama öncesi ve sonrasındaki omuz kemerine ait internal ve eksternat rotasyon yaptıran kasların azami tork, tekrar başına iş ve tekrar başına ortalama kuvvet değerlerine ilişkin istatistiksel olarak anlamlı düşümlere rastlandı ($p<0.05$). Buna göre, 30 Hz 4 mm TVV uygulamasının izokinetik omuz internal rotasyon

kuvvetine ilişkin tekrar başına ortalama kuvvet deęerini dūřüren bir etki oluřturduęu sōylenebilir. 50 Hz 4 mm TVV uygulamasının izokinetik omuz internal rotasyon kuvvetine ilişkin ise azami tork ve tekrar başına ortalama kuvvet deęerini dūřüren bir etkiye sahip olduęu rapor edilebilir. Flexi-bar uygulamasının, internal izokinetik kuvvet deęerlerine ilişkin azami tork ve tekrar başına ortalama kuvvet deęerlerinde, eksternal izokinetik kuvvet deęerlerine ilişkin ise azami tork, tekrar başına iř ve tekrar başına ortalama kuvvet deęerlerinde istatistiksel olarak anlamlı dūřūřlere neden olduęu sōylenebilir (Tablo 3.3).



Tablo 3. 3. Uygulamalara yönelik ön test ve son test değerlerine ilişkin ikili karşılaştırmalar

Uygulama	Değişken		Ön test Ort ± SS (n=16)		Son test Ort ± SS (n=16)		Δ Ort ± SS	p	EB
Kontrol	Azami Tork	İnt Rot	26.81 6.87	±	27.38 5.84	±	0,56 3,28	±	0,504 0,22 ^d
		Ekst Rot	17.32 4.90	±	17.31 4.54	±	0,00 3,40	±	1,00 1,05 ^d
		İnt Rot	45.00 11.11	±	46.19 12.96	±	1,18 10,38	±	0,654 0,25 ^d
	Tekrar Başına İş	Ekst Rot	26.75 8.78	±	26.31 ±9.13	±	-0,44 6,80	±	0,800 0,25 ^d
		İnt Rot	20.13 5.48	±	20.56 4.35	±	0,43 2,87	±	0,552 0,18 ^d
		Ekst Rot	12.06 4.06	±	12.38 3.52	±	0,31 2,49	±	0,624 0,22 ^d
	Tekrar Başına Ort Kuvvet	İnt Rot	29.56 9.08	±	28.43 7.85	±	-1,12 4,00	±	0,278 0,35 ^d
		Ekst Rot	18.25 3.68	±	17.88 4.60	±	-0,38 2,98	±	0,623 0,19 ^d
		İnt Rot	48.31 17.64	±	47.06 16.81	±	-1,25 8,25	±	0,554 0,33 ^d
30 Hz 4 mm Vibrasyon	Azami Tork	Ekst Rot	26.69 8.56	±	26.68 7.83	±	0,00 4,41	±	1,000 0,00 ^d
		İnt Rot	21.81 6.51	±	20.19 6.06	±	-1,62 2,94	±	0,043* 0,96 ^d
		Ekst Rot	12.69 3.05	±	12.37 2.68	±	-0,31 2,02	±	0,546 0,31 ^d
	Tekrar Başına Ort Kuvvet	İnt Rot	32.06 7.88	±	30.06 6.98	±	-2,00 3,34	±	0,022* 0,40 ^r
		Ekst Rot	16.06 3.25	±	16.37 ±2.80	±	0,31 2,18	±	0,575 0,27 ^d
		İnt Rot	55.56 14.55	±	52.37 12.50	±	-3,19 7,31	±	0,125 0,27 ^r
	Tekrar Başına İş	Ekst Rot	24.37 7.43	±	24.25 6.70	±	-0,13 3,28	±	0,881 0,05 ^d
		İnt Rot	24.00 5.44	±	22.68 5.03	±	-1,31 2,60	±	0,026* 0,39 ^r
		Ekst Rot	11.37 2.82	±	11.37 2.47	±	0,00 1,41	±	1,000 0,00 ^d
50 Hz 4 mm Vibrasyon	Azami Tork	İnt Rot	34.18 8.33	±	33.00 7.84	±	-1,19 2,16	±	0,045* 4,43 ^d
		Ekst Rot	16.68 4.72	±	13.18 ±3.58	±	-3,50 3,77	±	0,007* 0,48 ^r
		İnt Rot	59.31 16.73	±	56.31 13.44	±	-3,00 6,78	±	0,125 0,27 ^r
	Tekrar Başına İş	Ekst Rot	24.06 10.03	±	19.13 7.53	±	-4,94 6,14	±	0,006* 1,05 ^d
		İnt Rot	25.75 6.93	±	24.38 5.30	±	-1,38 2,39	±	0,028* 0,39 ^r
		Ekst Rot	11.18 3.97	±	9.06 3.17	±	-2,13 2,50	±	0,004* 1,25 ^d
	Tekrar Başına Ort Kuvvet								

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma; İnt: omuz kemeri internal rotator kasları; Ekst: omuz kemeri eksternal rotator kasları; Δ : ön test-sont arası mutlak fark. EB: yansız etki büyüklüğü (Cohen's d; 0.2 = küçük, 0.5 = orta, 0.8 = büyük etki büyüklüğü Hedge's r=0.1 küçük, r=0.3 orta, r=0.5 büyük etki büyüklüğü r); *p<0.05.

Uygulamalar arası azami tork değerlerinde meydana gelen değişimi belirlemek için ön test ve son test değerlerinin mutlak farkları birbirleri ile ikili olarak karşılaştırılarak Tablo 3. 4' te gösterildi. Buna göre, kontrol uygulaması ile 50 Hz 4 mm TVV uygulaması arasında internal izokinetik kuvvet üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlandı. Buna göre 50 Hz 4 mm TVV uygulamasının internal rotator kasların azami torku üzerinde bir düşüşe neden olduğu söylenebilir. Azami tork açısından ele alınan değerlendirmede, kontrol uygulaması ile flexi-bar uygulaması arasında, 30 Hz 4 mm TVV ile flexi-bar uygulaması arasında, 50 Hz 4 mm TVV ile flexi-bar uygulaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş görüldü. Bu sonuca göre, flexi-bar uygulamasının eksternal rotator kasların azami torku üzerinde bir düşüşe neden olduğu söylenebilir (Tablo 3.4).

Tablo 3. 4. İç ve dış rotator kasların azami tork değerlerine ilişkin uygulamalar arası ikili karşılaştırmalar:

		İnternal Rotator Kaslar			Eksternal Rotator Kaslar		
Uygulama		Δ	p	EB	Δ	p	EB
		Ort $\pm$ SS (n=16)			Ort $\pm$ SS (n=16)		
Kontrol	Düşük Vibrasyon	1,69 $\pm$ 4,91	0,189	0,34 ^d	0,38 $\pm$ 4,31	0,733	0,33 ^d
	Yüksek Vibrasyon	2,56 $\pm$ 4,00	0,029*	0,38 ^r	-0,31 $\pm$ 4,19	0,770	0,16 ^d
	Flexi-bar	1,75 $\pm$ 4,27	0,122	0,35 ^d	3,50 $\pm$ 5,81	0,044*	0,36 ^r
Düşük Vibrasyon	Yüksek Vibrasyon	0,88 $\pm$ 4,58	0,598	0,10 ^r	-0,69 $\pm$ 4,67	0,565	0,04 ^d
	Flexi-bar	0,06 $\pm$ 4,12	0,952	0,03 ^d	3,13 $\pm$ 4,84	0,027*	0,39 ^r
Yüksek Vibrasyon	Flexi-bar	-0,81 $\pm$ 3,95	0,584	0,10 ^r	3,81 $\pm$ 4,08	0,006*	0,50 ^r

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma; Δ : uygulamalar arası mutlak fark. EB: yansız etki büyüklüğü (Cohen's d; 0.2 = küçük, 0.5 = orta, 0.8 = büyük etki büyüklüğü; Hedge's r=0.1 küçük, r=0.3 orta, r=0.5 büyük etki büyüklüğü r);

*p<0.05.

Uygulamalar arası tekrar başına iş değerlerinde meydana gelen değişimi belirlemek için ön test ve son test değerlerinin mutlak farkları birbirleri ile ikili olarak karşılaştırılarak Tablo 3.5' te gösterildi. Buna göre, omuz kemeri içinde iç rotasyon yaptıran kaslar göz önünde bulundurulduğunda, kontrol uygulaması ile TVV ve flexi-bar uygulamaları ikili olarak karşılaştırıldığında, tekrar başına iş değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmadı (p>0.05). Elde edilen bu sonuca göre, TVV ve flexi-bar uygulamalarının omuz kemeri internal ve eksternal rotator kaslarının izokinetik kuvvet-tekrar başına iş değişkeni üzerinde bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Ancak, TVV ile flexi-bar uygulamaları karşılaştırıldığında, TVV uygulamalarının (hem

30 Hz 4 mm hem de 50 Hz 4 mm) flexi-bar uygulamasına göre omuz kemerini dışa rotasyon yaptıran eksternal rotator kaslarının izokinetik kuvvet-tekrar başına iş değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu söylenebilir ($p<0.05$). Bu sonuca göre, flexi-bar uygulamasına kıyasla TVV uygulamalarının omuz kemeri eksternal rotasyon yaptıran kasların tekrar başına yaptığı iş üzerinde daha etkili olduğu ancak içe rotasyon yaptıran internal rotator kaslar üzerinde ne TVV ne de flexi-bar uygulamalarının hiçbir etkisinin olmadığı söylenebilir (Tablo 3.5).

Tablo 3. 5. İç ve dış rotator kasların tekrar başına iş değerlerine ilişkin uygulamalar arası ikili karşılaştırmalar

Uygulama		İnternal Rotator Kaslar			Eksternal Rotator Kaslar		
		Δ Ort $\pm$ SS (n=16)	p	EB	Δ Ort $\pm$ SS (n=16)	p	EB
Kontrol	Düşük Vibrasyon	2,43 $\pm$ 10,4	0,364	0,02 ^d	-0,44 $\pm$ 8,11	0,832	0,12 ^d
	Yüksek Vibrasyon	4,18 $\pm$ 10,88	0,105	0,29 ^r	-0,31 $\pm$ 8,15	0,880	0,07 ^d
	Flexi-bar	1,75 $\pm$ 11,06	0,195	0,23 ^r	4,50 $\pm$ 9,99	0,092	2,19 ^d
Düşük Vibrasyon	Yüksek Vibrasyon	1,93 $\pm$ 9,71	0,485	0,12 ^r	0,13 $\pm$ 4,63	0,915	0,06 ^d
	Flexi-bar	-0,19 $\pm$ 7,91	0,979	0,00 ^r	4,93 $\pm$ 7,60	0,020 [*]	1,63 ^d
Yüksek Vibrasyon	Flexi-bar	-0,19 $\pm$ 7,91	0,783	0,05 ^r	4,81 $\pm$ 6,45	0,009 [*]	1,30 ^d

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma; Δ : uygulamalar arası mutlak fark. EB: yansız etki büyüklüğü (Cohen's d; 0.2 = küçük, 0.5 = orta, 0.8 = büyük etki büyüklüğü; Hedge's r=0.1 küçük, r=0.3 orta, r=0.5 büyük etki büyüklüğü r);

* $p<0.05$.

Uygulamalar arası tekrar başına ortalama kuvvet değerlerinde meydana gelen değişimi belirlemek için ön test ve son test değerlerinin mutlak farkları birbirleri ile ikili olarak karşılaştırılarak Tablo 3.6' te gösterildi. Buna göre, omuz kemerinde içe rotasyon yaptıran kaslar göz önünde bulundurulduğunda, kontrol uygulaması ile TVV ve flexi-bar uygulamaları ikili olarak karşılaştırıldığında, tekrar başına ortalama kuvvet değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmadı ($p>0.05$). Elde edilen bu sonuca göre, TVV ve flexi-bar uygulamalarının omuz kemeri internal rotator kaslarının izokinetik kuvvet-tekrar başına ortalama kuvvet değişkeni üzerinde bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Ancak, kontrol, TVV ve flexi-bar uygulamaları birbirleri ile istatistiksel açıdan ikili olarak karşılaştırıldığında, flexi-bar uygulamalarının omuz kemeri eksternal rotator kaslarının izokinetik kuvvet-tekrar başına ortalama kuvvet değerleri açısından

kontrol ve TVV uygulamalarının gerisinde kaldığı görüldü ($p<0.05$). Bu sonuca göre, flexi-bar uygulamalarının kontrol ve TVV uygulamalarına kıyasla omuz kemeri eksternal rotasyon yaptıran kasların tekrar başına ortalama kuvvet değerleri üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu ancak omuz kemerinin içe rotasyon yaptıran internal rotator kasları üzerinde ne TVV ne de flexi-bar uygulamalarının hiçbir etkisinin olmadığı söylenebilir (Tablo 3.6).

Tablo 3. 6. İç rotator kasların tekrar başına ortalama kuvvet değerlerine ilişkin uygulamalar arası ikili karşılaştırmalar

Uygulama		İnternal Rotator Kaslar			Eksternal Rotator Kaslar		
		Δ Ort $\pm$ SS (n=16)	p	EB	Δ Ort $\pm$ SS (n=16)	p	EB
Kontrol	Düşük Vibrasyon	2,06 $\pm$ 3,97	0,056	2,64 ^d	0,63 $\pm$ 3,05	0,426	0,00 ^d
	Yüksek Vibrasyon	1,75 $\pm$ 3,69	0,077	0,31 ^r	0,31 $\pm$ 2,70	0,650	0,21 ^d
	Flexi-bar	1,81 $\pm$ 4,47	0,139	0,26 ^r	2,43 $\pm$ 4,00	0,028*	11,4 ^d
Düşük Vibrasyon	Yüksek Vibrasyon	-0,31 $\pm$ 3,79	0,736	0,06 ^r	-0,31 $\pm$ 2,27	0,590	0,30 ^d
	Flexi-bar	-0,25 $\pm$ 2,59	0,812	0,04 ^r	1,81 $\pm$ 3,08	0,033*	1,74 ^d
Yüksek Vibrasyon	Flexi-bar	0,06 $\pm$ 3,11	0,811	0,04 ^r	2,12 $\pm$ 3,03	0,013*	1,45 ^d

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma; Δ : uygulamalar arası mutlak fark. EB: yansız etki büyüklüğü (Cohen's d; 0.2 = küçük, 0.5 = orta, 0.8 = büyük etki büyüklüğü; Hedge's $r=0.1$ küçük, $r=0.3$ orta, $r=0.5$ büyük etki büyüklüğü r);

* $p<0.05$.

Elde edilen bulgular ışığında, genel bir ifadeyle TVV ve flexi-bar uygulamalarının izokinetik kuvvet bileşenleri (azami tork, tekrar başına iş, tekrar başına ortalama kuvvet) üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmanın amacı, fleksi-bar ve farklı genlik-frekanslardaki tüm vücut vibrasyon (TVV) egzersizlerinin omuz internal ve eksternal rotasyon kuvvetine etkisini değerlendirmektir. Tüm Vücut Vibrasyon ve Flexi-bar antrenmanlarının akut etkilerini incelemek, egzersiz protokollerini optimize etmek ve rehabilitasyon stratejilerini geliştirmek açısından büyük önem taşır.

Bu çalışmada, 30 Hz 4 mm TVV uygulamasında omuz kemerine ait internal rotasyon yaptıran kasların tekrar başına ortalama kuvvet değerlerinde istatistik olarak anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu bulgu, literatürdeki çalışmalarla hem paralellikler hem de farklılıklar göstermektedir. Naimi ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, 30 Hz vibrasyon uygulaması medial rotatör kaslarının dinamik kuvvetinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma bizim bulgularımızla uyumlu olarak, vibrasyonun kas yorgunluğu oluşturma potansiyelini göstermektedir. Lopes ve Eijnisman (2023) ise TVV'nin omuz instabilitesi olan ekstremitelerde kas gücünü artırdığını, stabil ekstremitelerde ise sınırlı fayda sağladığını bildirmişlerdir. Bu durum, TVV'nin instabilitesi olan ekstremitelerde kas gücünü akut olarak iyileştirdiğini göstermektedir.

Yaptığımız çalışmada, 50 Hz 4 mm TVV uygulamasında omuz kemerine ait internal rotasyon yaptıran kaslarda azami tork ve tekrar başına ortalama kuvvet değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş görüldü ($p<0.05$). Hand ve ark. (2009)'da, modifiye şınav pozisyonunda uygulanan ve dinamik direnç antrenmanları ile kombine edilen 10 haftalık titreşim protokollerinin rotator cuff kaslarının izokinetik toplam iş kapasitesini artırdığı belirtilmiştir. Bu bulgular, vibrasyon uygulamasının rotator cuff kasları üzerindeki etkisinin uygulama şekli, frekans, genlik ve süreye bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Çalışmamızın sonuçları, akut vibrasyon antrenmanının kas yorgunluğu oluşturabileceğine ve direnç antrenmanları ile vibrasyon antrenmanlarının kombine edildiği protokollerin uzun sürede kas performansını artırabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda Flexi bar uygulamaları, kontrol ve TVV uygulamaları (30 Hz 4 mm ve 50 Hz 4 mm) ile karşılaştırıldığında omuz kemeri eksternal rotator kaslarının izokinetik kuvvet-tekrar başına ortalama kuvvet değerleri açısından kontrol ve TVV uygulamalarının gerisinde kaldığı görüldü ($p<0.05$). Bu sonuca göre, flexi-bar

uygulamalarının kontrol ve TVV uygulamalarına kıyasla omuz kemeri eksternal rotasyon yaptıran kasların tekrar başına ortalama kuvvet değerleri üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu ancak omuz kemerinin içe rotasyon yaptıran internal rotator kasları üzerinde ne TVV ne de flexi-bar uygulamalarının hiçbir etkisinin olmadığını göstermiştir. Lopes ve Ejnisman (2023)'te, omuz instabilitesi nedeniyle cerrahi müdahale geçiren 10 sporcuda akut TVV antrenmanının rotator cuff kasları üzerindeki etkileri değerlendirmişlerdir. için izokinetik dinamometri kullanılarak yürütülmüştür. İç (IR) ve dış rotasyon (ER) hareketlerindeki kas gücü, izokinetik dinamometri kullanılarak iki farklı açısal hızda (60°/s ve 180°/s) üç farklı zaman diliminde ölçülmüştür (TVV uygulamasından önce, hemen sonra ve 10 dakika sonra). Katılımcılar, 5 set boyunca 30 saniyelik 30 Hz vibrasyona maruz bırakılmıştır. Hem instabil hem de stabil ekstremitelerde ölçüm yapılmış, instabil ekstremitede her iki hareket ve hızda anlamlı güç artışları gözlenirken, stabil ekstremitede yalnızca belirli hızlarda artış kaydedilmiştir. Lin ve ark. (2023)'te, omuz titreşim egzersizlerinin ve geleneksel elastik direnç egzersizlerinin omuz kas kuvveti ve fonksiyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Her iki grup da kas kuvvetinde anlamlı artış göstermiş, ancak gruplar arasında fark bulunmamıştır. Flexi-Bar grubu atış mesafesinde artış sağlamış, ancak bu da gruplar arasında anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Bulgular, omuz titreşim egzersizlerinin geleneksel direnç egzersizlerine alternatif bir seçenek olabileceğini göstermektedir. Lin ve ar. (2023)'te yapmış oldukları çalışmada, Flexi-bar ve elastik direnç egzersizlerinin (TheraBand) omuz dış rotator cuff kaslarında kuvvet ve fonksiyonel performans etkisini karşılaştırmıştır. Her iki grup kas kuvvetini benzer şekilde artırmış, fakat aralarında istatistiksel fark bulunmamıştır. Flexi-bar atış mesafesini anlamlı şekilde artırırken, Theraband bu etkide bulunmamıştır. Bu bulgular, 30 Hz TVV'nin omuz instabilitesi rehabilitasyonunda etkili olduğunu göstermektedir ve Flexi-bar egzersizlerinin geleneksel antrenman yöntemlerine alternatif olabileceğini, rehabilitasyon programlarında etkili olabileceğini göstermektedir. Kim ve ark. (2021)'de, skapular kanatlanması olan bireylerde Flexi-bar (FB) egzersizlerinin eklem pozisyon hissi (JPS) ve kas aktiviteleri üzerindeki ani etkilerini incelemiştir. Toplam 18 katılımcıda, pasif ve aktif JPS hataları KPP (diz sınav) ve FPK (diz sınav ve Flexi-bar) sonrası anlamlı şekilde azalmıştır ($p<0.05$). Yüzey elektromiyografi ölçümleri, FPK sırasında serratus anterior ve alt trapezius kas aktivitelerinin seçici olarak arttığını, ancak üst trapezius ve pektoralis majör kaslarında anlamlı bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Bu bulgular, Flexi bar

egzersizlerinin skapular kanatlanması olan bireylerde hem pasif ve aktif proprioseptif kontrolü iyileştirdiğini hem de serratus anterior ve alt trapezius kaslarının aktivitesini artırarak skapular stabilizasyonu desteklediğini göstermiştir. Kim ve ark. (2016)'da, aktif titreşim uyararı egzersizinin omuz eklem açılarına göre omuz fonksiyonelliği ve stabilitesi üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Otuz erkek öğrencide 90° (Grup I), 130° (Grup II) ve 180° (Grup III) omuz eklem açılarında Flexi-Bar ile egzersiz uygulanmıştır. Çalışmada Fonksiyonel Uzanma Testi ve Y-Denge Testi kullanılarak omuz stabilitesi değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Fonksiyonel Uzanma Testinde Grup I, Grup III'ten daha fazla iyileşme gösterirken; Y-Denge Testinde Grup II, Grup I ve Grup III'ten daha iyi sonuçlar elde etmiştir. Sonuç olarak, Flexi-bar antrenmanının omuzun işlevselliği ve stabilitesini iyileştirmede etkili bir araç olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular, omuz stabilitesini ve işlevselliğini artırmak için Flexi-bar egzersizlerinin etkili olduğunu ve farklı eklem açılarına göre egzersiz uygulamalarının optimize edilebileceğini göstermektedir. Flexi-bar egzersizleri, omuz rehabilitasyonu ve sporda performans geliştirme programlarında etkili bir ekipman olarak değerlendirilebilir.

5.1. Sonuç

TVV uygulamalarının (30 Hz ve 50 Hz 4 mm), omuz kemeri internal rotator kaslarında anlamlı kuvvet düşüşlerine neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç, vibrasyonun kas yorgunluğu oluşturma potansiyelini desteklemektedir.

Flexi-bar uygulamalarında, omuz kemeri eksternal rotator kaslarının izokinetik kuvvetinde TVV ve kontrol gruplarına göre daha düşük performans görülmüştür. Bununla birlikte, Flexi-bar antrenmanlarının skapular stabiliteyi desteklediği, pasif ve aktif proprioseptif kontrolü iyileştirdiği ortaya konulmuştur. Flexi-bar, omuz rehabilitasyon ve sporda performans geliştirme programlarında uzun süre kullanımında etkili bir ekipman olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, TVV ve Flexi-bar antrenmanlarının etkileri, frekans, genlik ve uygulama sürelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Her iki yöntem de omuz stabilitesi, kas kuvveti ve fonksiyonelliği açısından farklı potansiyeller sunmaktadır.

5.2. Öneriler

- TVV ve Flexi-bar egzersizlerinin, omuz kaslarının güçlendirilmesi ve stabilizasyonunun artırılmasına yönelik antrenman programlarında dikkatlice entegre edilmesi önerilir.
- Antrenmanlarda yorgunluğu azaltmak için süre ve genlik ayarları optimize edilmelidir.
- Flexi-bar uygulamaları, skapular stabiliteyi artırmak için uygun protokollerle kullanılmalıdır.
- Vibrasyon ve direnç antrenmanlarının kombinasyonu, uzun vadeli kas performansı ve rehabilitasyon sonuçlarını artırabilir. TVV ve Flexi-bar uygulamalarının etkilerini inceleyen akut ve uzun süreli çalışmalara ihtiyaç vardır. Özellikle spor performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi önemlidir.

KAYNAKÇA

- Adamo, D. E., Martin, B. J., and Johnson, P. W. (2002). Vibration-induced muscle fatigue, a possible contribution to musculoskeletal injury. *European journal of applied physiology*, 88, 134-140.
- Ala, S. V., Hartigan, D. E., Patel, K. A., Makovicka, J. L., and Chhabra, A. (2018). Shoulder injuries in National Collegiate Athletic Association quarterbacks: 10-year epidemiology of incidence, risk factors, and trends. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 6(2), 2325967118756826.
- Albasini, A., Krause, M., Rembitzki, I. V. (2010) Using whole body vibration in physical therapy and sport: clinical practice and treatment exercises. Churchill Livingstone Elsevier, China, 2-14.
- Ameer, M., and Al Abbad, A. (2023). Acute effect of upper body vibration on shoulder joint internal and external active position sense in healthy female university students. *Physical Education of Students*, 27(5), 221-229.
- Bedi, A., Bishop, J., Keener, J., Lansdown, D. A., Levy, O., MacDonald, P., and Feeley, B. T. (2024). Rotator cuff tears. *Nature Reviews Disease Primers*, 10(1), 8.
- Bishop, B. (1974). Vibratory Stimulation: Part I. Neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation. *Physical therapy*, 54(12), 1273-1282.
- Bongiovanni, L. G., Hagbarth, K. E., and Stjernberg, L. (1990). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *The Journal of physiology*, 423(1), 15-26.
- Cafarelli E., Layton-Wood J. (1986). Effect of vibration on force sensation in fatigued muscle. *Med Sci Sport Exerc*, 18(5), 516-521.
- Cardinale, M. and Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and sport sciences reviews*, 31(1), 3-7.
- Cardinale, M. A. J. W., and Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you?. *British journal of sports medicine*, 39(9), 585-589.
- Çolakoğlu, F. F., Dicle, Aras, ve Ünver, G. (Eds.). (2023). Sporcu sağlığı. Efe Akademi Yayınları.
- Da Silva J.G.S, Da Vellasco P.C.G, De Andrade S.A.L. (2008). Vibration analysis of orthotropic composite floors for human rhythmic activities. *J Braz Soc Mech Sci Eng*, 30(1), 56-65.
- Demirhan, M., and Akman, S. (1996). Subakromial sıkışma sendromları ve cerrahi tedavisi. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 30(1), 11-17
- Eklund, G., and Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental neurology*, 16(1), 80-92.

- Gomes da Silva, U. S., and Eijnisman, B. (2023). Acute Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Strength in Subjects with Shoulder Instability. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal (MLTJ)*, 13(4)
- Griffin, M. J., and Erdreich, J. (1991). Handbook of human vibration.
- Hagbarth, K. E., and Eklund, G. (1966). Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain research*, 2(2), 201-203.
- Hand, J., Verscheure, S., and Osternig, L. (2009). A comparison of whole-body vibration and resistance training on total work in the rotator cuff. *Journal of athletic training*, 44(5), 469-474.
- Issurin, V. B., and Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of sports sciences*, 17(3), 177-182.
- Issurin, V. B., Liebermann, D.G., and Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of sports sciences*, 12(6), 561-566.
- İşler, A. K. (2007). Titreşimin performans etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 42-56.
- J., Velez, M., Moland, A., and Sullivan, J. (2010). Acute effects of whole body vibration on shoulder muscular strength and joint position sense. *Journal of human kinetics*, 25(2010), 17-25.
- Kale, M. (2019). Dinamik lunge hareketi sırasında baskın olmayan bacakta titreşim uygulamasının sprint, denge ve sıçramaya akut etkileri. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(3), 186-201.
- Kim, E. K., and Kim, S. G. (2016). The effect of an active vibration stimulus according to different shoulder joint angles on functional reach and stability of the shoulder joint. *Journal of physical therapy science*, 28(3), 747-751.
- Kim, J. H., So, K. H., Bae, Y. R., and Lee, B. H. (2014). A comparison of flexi-bar and general lumbar stabilizing exercise effects on muscle activity and fatigue. *Journal of physical therapy science*, 26(2), 229-233.
- Kim, J. W., Kim, Y. N., and Lee, D. K. (2016). The effect of combined exercise with slings and a flexi-bar on muscle activity and pain in rotator cuff repair patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(10), 2890-2893.
- Kim, S. H., Cynn, H. S., and Baik, S. M. (2021). Immediate effects of flexi-bar exercise with knee push-up plus on shoulder joint position sense and muscle activity in subjects with scapular winging. *Physical Therapy Korea*, 28(4), 256-265.
- Lance, J. W., Burke, D., and Andrews, C. J. (1973). The reflex effects of muscle vibration. In *Human Reflexes, Pathophysiology of Motor Systems, Methodology of Human Reflexes* (Vol. 3, pp. 444-462). Karger Publishers.

- Lee, D. K., and Han, J. W. (2018). Effects of active vibration exercise using a Flexi-Bar on balance and gait in patients with chronic stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(6), 832-834.
- Lee, S. J. (2015). *The effects of flexi-bar exercise on trunk muscle thickness and balance in healthy adults*. Nambu University (Doctoral dissertation, Dissertation of Master's Degree).
- Lin, W., Wang, W., Sun, Y., You, L., Li, Y., Wu, S., and Wang, Y. (2023). Shoulder vibratory exercises improves shoulder external rotation muscle strength and shoulder function: Randomized comparison trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, (Preprint), 1-11.
- Lopes Gomes da Silva, U. S., and Ejnisman, B. (2023). Acute Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Strength in Subjects with Shoulder Instability. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal (MLTJ)*, 13(4).
- Lugo, R., Kung, P., and Ma, C. B. (2008). Shoulder biomechanics. *European journal of radiology*, 68(1), 16-24.
- Mester, J., Kleinöder, H., and Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *Journal of biomechanics*, 39(6), 1056-1065.
- Mileva, K. N., Kadr, M., Amin, N., and Bowtell, J. L. (2010). Acute effects of Flexi-bar vs. Sham-bar exercise on muscle electromyography activity and performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 737-748.
- Phanpheng, Y., and Hiruntrakul, A. (2020). Effects of flexi bar training model to health-related physical fitness in overweight adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 32(8), 489-495.
- Rauch F. (2009). Vibration therapy. *DMCN*, 51(4), 166-168.
- Su, W.R. Budoff, J.E., and Luo, Z.P. (2009). The effect of anterosuperior rotator cuff tears on glenohumeral translation. *Arthroscopy: The Journal Of Arthroscopic and Related Surgery*, 25(3), 282-289.
- Şevgin, Ö. ve İncekulak, B. (2023). Rotator Cuff Yırtıkları Rehabilitasyonunda Güncel. *Sağlık and Bilim 2023 Fizyoterapi ve Rehabilitasyon-I*, 143.
- Şimşek, D. ve Kırkaya, İ. Tüm Vücut Vibrasyon Antrenmanı. *Dr. Azize BİNGÖL DİEDHIOU*, 69.
- Terry, G. C. and Chopp, T. M. (2000). Functional anatomy of the shoulder. *Journal of athletic training*, 35(3), 248.
- Tomás, R. Lee, V. and Going, S. (2011). The use of vibration exercise in clinical populations. *ACSM'S Health and Fitness Journal*, 15(6), 25-31.

- Torvinen, S. Kannus, P. Sievänen, H. Järvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., and Vuori, I. (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(9), 1523-1528.
- Um, K. M. and Wang, J. S. (2015). Effect of flexi-bar exercise on postural alignment and balance ability in juvenile soccer players. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 16(8), 5296-5303.
- Wakeling, J. M., Nigg, B. M., and Rozitis, A. I. (2002). Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. *Journal of applied physiology*, 93(3), 1093-1103.
- Wakeling, J. M., Nigg, B. M., and Rozitis, A. I. (2002). Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. *Journal of applied physiology*, 93(3), 1093-1103.
- Zaremski, J. L., Wasser, J. G., and Vincent, H. K. (2017). Mechanisms and treatments for shoulder injuries in overhead throwing athletes. *Current sports medicine reports*, 16(3), 179-188

ÖZGEÇMİŞ

ORCID ID: 0009-0009-5635-5533

Adı Soyadı: Yağmur ÇAKAN

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi

- 2021 Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Antrenörlük Eğitimi Bölümü Mezunu

Katılımlan Kongreler/Bildiriler

- 22. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi Ankara, 21-24 Kasım 2024
- 7. Egzersiz Fizyolojisi Sempozyumu Eskişehir, 25-26 Nisan 2019
- 9. Uluslararası Biyomekanik Kongresi ‘Sporcu Monitörizasyonu ve Ölçüm Çalışayı ’Eskişehir, 19-22 Eylül 2018

Yayınlar Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

- Yağmur ÇAKAN, Barış GÜROL, İlbelge ÖZSU NEBİOĞLU “Rotator Cuff Kaslarına Uygulanan Flexi-bar Antrenmanlarının İzokinetik Kuvvet Üzerine Akut Etkileri ” 22. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi Ankara, 21-24 Kasım 2024 (Sözel Bildiri)

İş Deneyim

- Eskişehir Bilimsel Hareket Eğitim Merkezi (Antrenör/Düzeltilici Egzersizler)
- Fitness Eğitmeni
- Atletizm Antrenörü

Sertifika/Katınılan Kurslar

- 3. Kademe Atletizm Antrenörü (Atmalar)
- NASM Düzeltici Egzersiz Uzmanı
- 3. Kademe Fitness Antrenörü (EREPS)
- Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Kursu
- Reaktif Nöromusküler Antrenmanlar (Alt Ekstremité)
- ACL Yaralanmaları ile İlişkili Biyomekanik Risk Faktörleri

