

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri  
Anabilim Dalı**

# **TÜM BEDEN VİBRASYON ANTRENMANININ NÖROMUSKULER PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ**

**Gözde KOÇ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Antalya, 2013**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri  
Anabilim Dalı**

# **TÜM BEDEN VİBRASYON ANTRENMANININ NÖROMUSKULER PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİ**

**Gözde KOÇ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN**

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi  
Tarafından Desteklenmiştir. (Proje No: 2011.02.0122.008)

“Kaynakça Gösterilerek Tezimden Yararlanılabilir”

**Antalya, 2013**

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;**

Bu çalışma jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Yüksek lisans programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 04/07/2013

**Tez Danışmanı** : Yrd. Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN  
Akdeniz Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu  
Spor Yönetimi Bilimleri Anabilim Dalı



**Üye** : Prof. Dr. Hilmi UYSAL  
Akdeniz Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Nöroloji Anabilim Dalı



**Üye** : Prof. Dr. Ümit Kemal ŞENTÜRK  
Akdeniz Üniversitesi  
Tıp Fakültesi  
Fizyoloji Anabilim Dalı



**Üye** : Doç. Dr. Hayri ERTAN  
Anadolu Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu  
Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı



**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU  
Akdeniz Üniversitesi  
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu  
Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı



**ONAY :**

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. İsmail ÜSTÜNEL**  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Tüm beden vibrasyonu, astronotların uzaydaki yer çekimsiz ortam ve hareketsizlikten kaynaklanan, kas ve kemik dokularında meydana gelen kayıpları önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, fizik tedavi, rehabilitasyon ve antrenman bilimleri gibi alanlarda da kullanılır hale gelmiştir.

Çalışmamızda ise; uzun ve kısa süreli yapılan tüm beden vibrasyon antrenmanının, Hoffmann Refleks, izokinetik kuvvet, kassal aktivasyon, denge ve reaksiyon zamanı değişkenleri aracılığıyla nöromuskuler performans üzerine olan etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmaya yaş ortalaması  $23.09 \pm 2.58$  yıl olan, son 3 yıldır düzenli olarak antrenman yapmayan 48 sağlıklı erkek katılmıştır. Katılımcılara 12 haftalık antrenman öncesinde ön test, 12 haftalık antrenman sonrasında son test ve 15 haftalık detraining periyodu sonrasında detraining test olmak üzere üç farklı zamanda ölçümler uygulanmıştır. Bu ölçümlerde Hoffmann Refleks testi, izokinetik kuvvet testi, statik ve dinamik denge testi, elektromiyografik aktivasyon ölçümü ve ayak reaksiyon zamanı testi yapılmıştır. Yapılan Hoffmann refleks ölçümünde; akut olarak tüm beden vibrasyonu uygulatılmış, öncesinde ve sonrasında elde edilen değerler kaydedilmiştir. Elde edilen beş değişkene ait değerlerin zamana ve antrenmanın etkisine bağlı değişimi incelenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, Hoffmann Refleks ölçümlerinde, kısa süreli ve uzun süreli uygulanan TBV antrenmanının  $H_{max}$ ,  $H/M_{max}$  ve  $H_{eşik}$  değerlerini, kontrol grubuna kıyasla, anlamlı düzeyde artırdığı ( $p < 0.05$ ),  $H_{latans}$  ve  $M_{max}$  değerlerinde ise anlamlı bir değişim meydana getirmediği belirlenmiştir. İzokinetik diz fleksiyon ve ekstansiyon kuvvetini ise, 12 haftalık TBV antrenmanı sonunda anlamlı düzeyde artırdığı ( $p < 0.05$ ), detraining süreci sonunda ise azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak 12 haftalık TBV antrenmanı sonucunda kazanılan izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetinin 15 haftalık detraining süreci sonucunda korunduğu belirlenmiştir. Statik ve dinamik denge değerlerinde ise, uzun süreli TBV antrenmanının statik ve dinamik dengeyi anlamlı düzeyde geliştirdiği ( $p < 0.05$ ), dinamik dengede detraining süreci sonrasında uzun süreli TBV antrenmanın etkisiyle kazanımın gerçekleştiği, statik dengede ise beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı belirlenmiştir. Görsel ayak reaksiyon zamanı değerleri ele alındığında uzun süreli TBV antrenmanı sonrasında anlamlı düzeyde azalma olduğu, detraining süreci sonrasında ise anlamlı bir değişim olmadığı saptanmıştır ( $p > 0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Tüm Beden Vibrasyonu, Nöromuskuler Performans, Hoffmann Refleks, Elektromiyografi, İzokinetik Kuvvet, Denge, Reaksiyon Zamanı

## ABSTRACT

Whole body vibration has been developed to prevent to loss of muscle and bone tissues resulting from a non-gravity environment and inactivity in space of astronauts. As a result of these studies, whole body vibration has become available in the fields of training science, physiotherapy and rehabilitation in the process.

In this study, our purpose was to examine the effect of whole body vibration on neuromuscular performance with through parameters like Hoffmann reflex, isokinetic strength, electromyographic activity, balance and reaction time.

The subjects of this study were of 48 healthy men aged  $23.09 \pm 2.58$  and do not exercise on a regular basis the last 3 years. Subjects performed measurement pretest before 12 weeks of whole body vibration training, interm test after 12 weeks of whole body vibration training and posttest after 15 weeks of detraining period at three different times. These measurements Hoffmann reflex test, isokinetic strength test, static and dynamic balance test, electromyographic activity measurement and visual foot reaction time test. The Hoffmann reflex measurement was performed before and after acute whole body vibration values were recorded. The acquired values of the five parameters' transition were analyzed in terms of time and training.

According to results, it is determined that TBW tarining applied to short term and long term significantly increased  $H_{\max}$ ,  $H/M_{\max}$  and  $H_{\text{threshold}}$  values compared to the control group, but did not bring about any significant change in the  $H_{\text{lat}}$  and  $M_{\max}$  values. Isokinetic strength and flexion and extension of the 12 week training at the end of TBV was significantly increased ( $p < 0.05$ ), and decreased at the end of the detraining period. It is determined that, after 12 weeks training on isokinetic strength of knee flexion and extension significantly increased at the end of WBV but that values decreased at the end of detraining. However, isokinetic knee extension and flexion strength gained at the end of 12 weeks WBV training were maintained after 15 weeks of detraining. Values of the static and dynamic balance developed significantly after long term WBV training ( $p < 0.05$ ). The Dynamic balance determined that gain has occurred but it hasn't been determined in static balance. Considering the values of visual foot reaction time, there was significantly decreased after long term WBV training, but there was no significant change after the detraining period ( $p > 0.05$ ).

**Key Words:** Whole Body Vibration, Neuromuscular Performance, Hoffmann Reflex, Electromyography, Isokinetic Strength, Balance, Reaction Time

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince gerek ders gerek tez aşamasında hiçbir desteğini esirgemeyen, tecrübesi ve motive edici tutumu ile bana yol gösteren, danışman hocam Sayın **Yrd.Doç.Dr. K. Alparslan ERMAN**'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın planlanması, gerçekleştirilmesi ve yorumlanması aşamalarında bizi yönlendiren, bu çalışmanın Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilim dalında yapılmasını sağlayan, Sayın **Prof. Dr. Hilmi UYSAL**'a

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde hiçbir yardımını esirgemeyen, bu zorlu ve uzun süreçte her daim yanımda olan, Anadolu Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Öğretim Üyesi Sayın **Doç. Dr. Hayri ERTAN**'a

Tez çalışmamın EMG analizlerinde sabırla ve anlayışla yardımcı olan Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın **Doç. Dr. A. Ruhi SOYLU**'ya

Tez çalışmamın EMG analizlerinde destek olan Elektrik Elektronik Mühendisliği Öğretim Görevlisi, Sayın **Yalçın ALBAYRAK**'a

Tez çalışmamın uygulama aşamasında yardımcı olan Sayın **Dr. Asuman ŞAHAN**'a, **Dr. Duygu AKSOY**'a, **Merve GÜLTEKİNLER**'e, **Dr. Neşe TOKTAŞ TORUN**'a ve **Mehmet Ali ÖZÇELİK**'e,

Tez çalışmamın izokinetik kuvvet ölçümlerini yapan Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda çalışan Sayın **Ahsen MERCAN**'a

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımcı olan Sağlık Bilimleri Enstitüsü Personeli'ne

Taşlıca Ahmet Hamdi Akseki Ortaokulu'nda görev yapan yöneticilerim ve arkadaşlarıma,

Hep yanımda olan ve yanımda olacağını bildiğim, her zaman ve her koşulda beni destekleyen, annem **Nermin KOÇ**'a, babam **Ercan KOÇ**'a ve ablam **Özge KOÇ**'a,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                 |             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÖZET</b>                                                     | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>                                                 | <b>v</b>    |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                                 | <b>vi</b>   |
| <b>İÇİNDEKİLER</b>                                              | <b>vii</b>  |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>                           | <b>x</b>    |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>                                          | <b>xi</b>   |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>                                        | <b>xiii</b> |
| <b>GİRİŞ</b>                                                    | <b>1</b>    |
| <b>GENEL BİLGİLER</b>                                           | <b>3</b>    |
| 2.1.    Nöromuskuler Performans                                 | 3           |
| 2.2.    Tüm Beden Vibrasyonu Antrenmanı                         | 3           |
| 2.2.1.    Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Nöromuskuler Temeli | 5           |
| 2.2.2.    Kas içiği ve Mekanoreseptörlerin Vibrasyondaki Önemi  | 6           |
| 2.2.3.    Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Etkileri            | 7           |
| 2.2.4.    Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Olası Yan Etkileri  | 8           |
| 2.3.    Hoffmann Refleksi                                       | 8           |
| 2.3.1.    Hoffmann Refleksinin Spinal Mekanizması               | 9           |
| 2.3.2.    Spor Bilimlerinde Hoffmann Refleksi                   | 11          |
| 2.3.3.    Hoffmann Refleksi Ölçümünün Sınırlılıkları            | 11          |
| 2.4.1.    Elektromiyografi                                      | 12          |
| 2.4.2.    Yüzeyel Elektromiyografi                              | 12          |
| 2.4.3.    Elektromiyografi Sinyalini Etkileyen Faktörler        | 13          |
| 2.4.4.    Motor Ünitelerin Elektrofizyolojisi                   | 14          |
| 2.4.5.    Elektromiyografi Sinyalinin Analizi                   | 15          |
| 2.5.    Kuvvet                                                  | 15          |
| 2.5.1.    Kuvvetin Sınıflandırılması                            | 16          |
| 2.5.2.    İzokinetik Kuvvet                                     | 17          |
| 2.6.    Denge                                                   | 17          |
| 2.6.1.    Statik Denge                                          | 18          |
| 2.6.2.    Dinamik Denge                                         | 18          |
| 2.7.    Reaksiyon Zamanı                                        | 19          |
| 2.8.    Detraining Dönemi                                       | 19          |

|                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>GEREÇ VE YÖNTEM</b>                                                                                                     | <b>20</b> |
| 3.1. Araştırma Grubu                                                                                                       | 20        |
| 3.2. Katılımcıların Gruplandırılması                                                                                       | 22        |
| 3.3. Antrenman Programı                                                                                                    | 22        |
| 3.3.1. Antrenman Kapsamında Kullanılan Hareketler                                                                          | 23        |
| 3.3.2. Uygulama Periyodu                                                                                                   | 24        |
| 3.3.3. Test Dönemlerinde Uygulanan Ölçümler                                                                                | 24        |
| 3.3.4. Hoffmann Refleksi Ölçüm Periyodu                                                                                    | 24        |
| 3.3.5. TBV Antrenmanında Kullanılan Cihazın Özellikleri                                                                    | 25        |
| 3.4. Boy Uzunluğu Ölçümü                                                                                                   | 25        |
| 3.4.1. Vücut Ağırlığı, Beden Kütle İndeksi, Beden Yağ Yüzdesi<br>Yağsız Beden Kütlesi Ölçümleri                            | 25        |
| 3.4.2. İzokinetik Kuvvet Ölçümü                                                                                            | 26        |
| 3.4.3. Kassal Aktivasyon Ölçümü                                                                                            | 26        |
| 3.4.4. Reaksiyon Zamanı Ölçümü                                                                                             | 28        |
| 3.4.5. Statik ve Dinamik Denge Ölçümü                                                                                      | 28        |
| 3.4.6. Hoffmann Refleksi Ölçüm Yöntemi                                                                                     | 29        |
| 3.5. Verilerin İstatistiksel Analizi                                                                                       | 30        |
| 3.6. EMG Analizi                                                                                                           | 31        |
| <b>BULGULAR</b>                                                                                                            | <b>32</b> |
| 4.1. Fiziksel Özellikler                                                                                                   | 32        |
| 4.2. Hoffmann Refleksi Bulguları                                                                                           | 33        |
| 4.2.1. $H_{max}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları                                                        | 33        |
| 4.2.2. $M_{max}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları                                                        | 35        |
| 4.2.3. $H/M_{max}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları                                                      | 36        |
| 4.2.4. $H_{eşik}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları                                                       | 38        |
| 4.2.5. $H_{latans}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları                                                     | 40        |
| 4.3. Kassal Aktivasyon Bulguları                                                                                           | 41        |
| 4.3.1. Deney grubunun 3 farklı egzersiz sırasında VL, VM, RF Kaslarının<br>İEMG Ortalamalarının Zamana Bağlı Değişimi      | 41        |
| 4.3.2. Kontrol grubunun 3 farklı egzersiz sırasında VL, VM, RF Kaslarının<br>İEMG Ortalamalarının Zamana Bağlı Değişimi    | 42        |
| 4.3.3. Deney ve kontrol grubunun 3 farklı egzersiz sırasında VL, VM, RF<br>Kaslarının İEMG Ortalamalarının Karşılaştırması | 42        |
| 4.4. İzokinetik Kuvvet Bulguları                                                                                           | 44        |
| 4.4.1. Diz Ekstansiyon Kuvveti Bulguları                                                                                   | 44        |
| 4.4.2. Diz Fleksiyon Kuvveti Bulguları                                                                                     | 46        |
| 4.5. Statik Denge Bulguları                                                                                                | 47        |
| 4.6. Dinamik Denge Bulguları                                                                                               | 49        |
| 4.7. Görsel Ayak Reaksiyon Zamanı Bulguları                                                                                | 50        |
| <b>TARTIŞMA</b>                                                                                                            | <b>52</b> |
| <b>SONUÇLAR</b>                                                                                                            | <b>65</b> |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÖNERİLER</b>                                                  | <b>66</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                 | <b>67</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                  | <b>77</b> |
| <b>EKLER</b>                                                     |           |
| <b>Ek 1:</b> Demografik Bilgiler Anketi                          |           |
| <b>Ek 2:</b> Aydınlatılmış Onam Formu                            |           |
| <b>Ek 3:</b> 12 Haftalık Tüm Beden Vibrasyonu Antrenman Programı |           |

## SİMGELER ve KISALTMALAR

|                         |                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| <b>AO</b>               | : Aritmetik Ortalama                           |
| <b>BKI</b>              | : Beden Kütle İndeksi                          |
| <b>dk</b>               | : Dakika                                       |
| <b>DTT</b>              | : Detraining Test                              |
| <b>EMG</b>              | : Elektromiyografi                             |
| <b>H Refleks</b>        | : Hoffmann Refleksi                            |
| <b>H<sub>max</sub></b>  | : Hoffmann Refleksi maksimum amplitüd değeri   |
| <b>H<sub>eşik</sub></b> | : EMG trasesinde H Refleksinin görüldüğü nokta |
| <b>H<sub>lat</sub></b>  | : Hoffmann Refleksi Zamansal Gecikme           |
| <b>Kg</b>               | : Kilogram                                     |
| <b>Mm</b>               | : Milimetre                                    |
| <b>M<sub>max</sub></b>  | : Maksimum motor yanıt                         |
| <b>MÜ</b>               | : Motor Ünite                                  |
| <b>MÜAP</b>             | : Motor Ünite Aksiyon Potansiyeli              |
| <b>mV</b>               | : Milivolt                                     |
| <b>MVC</b>              | :Maksimal İstemli Kasılma                      |
| <b>Nm</b>               | : Newton metre                                 |
| <b>ÖT</b>               | : Ön Test                                      |
| <b>Sn</b>               | : Saniye                                       |
| <b>ST</b>               | :Son Test                                      |
| <b>SS</b>               | : Standart Sapma                               |
| <b>TBV</b>              | : Tüm Beden Vibrasyonu                         |
| <b>TVR</b>              | : Tonik Vibrasyon Refleksi                     |
| <b>VYY</b>              | : Vücut yağ yüzdesi                            |
| <b>YEMG</b>             | : Yüzeyel Elektromiyografi                     |
| <b>YVK</b>              | : Yağsız Vücut Kitlesi                         |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil                                                                               | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.1. Oscillating Platform                                                           | 3     |
| 2.2. Vertikal Platform                                                              | 3     |
| 2.3. Vibrasyonun yoğunluğunu belirleyen değişkenler                                 | 4     |
| 2.4. Vibrasyon uyarısının nörofizyolojik mekanizması                                | 5     |
| 2.5. Kas İğciğinin afferent ve efferent innervasyonu                                | 6     |
| 2.6. H Refleksinin uyarım eğrisi                                                    | 10    |
| 2.7. H Refleksinin spinal mekanizması                                               | 10    |
| 2.8. Motor ünitenin dizilimi                                                        | 14    |
| 3.1. Katılımcı sayısının belirlenmesi, deney ve kontrol gruplarının oluşturulması   | 21    |
| 3.2. Squat                                                                          | 23    |
| 3.3. Deep Squat                                                                     | 23    |
| 3.4. Calves                                                                         | 23    |
| 3.5. Deep Calves                                                                    | 23    |
| 3.6. One leg squat                                                                  | 23    |
| 3.7. Wide stance squat                                                              | 23    |
| 3.8. Uygulama Periyodu                                                              | 24    |
| 3.9. Denge, İzokinetik Kuvvet, Kassal Aktivasyon ve Reaksiyon Zamanı Ölçüm Programı | 24    |
| 3.10. Hoffmann Refleksi Ölçüm Periyodu                                              | 24    |
| 3.11. Tüm Beden Vibrasyon cihazı                                                    | 25    |
| 3.12. İzokinetik kuvvet ölçümü                                                      | 26    |
| 3.13. Referans ve yüzeyel elektrot                                                  | 26    |
| 3.14. Yüzeyel elektrot                                                              | 26    |
| 3.15. Yüzeyel elektrotların yerleşimi                                               | 27    |
| 3.16. Diz açısı 180°                                                                | 27    |
| 3.17. Diz açısı 110°                                                                | 27    |

|              |                                                                                                                                                                      |           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3.18.</b> | Side Lunge                                                                                                                                                           | <b>27</b> |
| <b>3.19.</b> | m.vastus lateralis MVC kaydı                                                                                                                                         | <b>28</b> |
| <b>3.20.</b> | New test görsel ayak reaksiyon zamanı cihazı                                                                                                                         | <b>28</b> |
| <b>3.21.</b> | Sporkat 2000 statik ve dinamik denge cihazı                                                                                                                          | <b>29</b> |
| <b>3.22.</b> | Synergy marka EMG cihazı                                                                                                                                             | <b>29</b> |
| <b>3.23.</b> | H refleks ölçüm pozisyonu                                                                                                                                            | <b>29</b> |
| <b>3.24.</b> | H refleks ölçümü elektrot yerleşimi                                                                                                                                  | <b>30</b> |
| <b>4.1.</b>  | Deney ve kontrol grubunun uzun süreli $H_{max}$ değişimi                                                                                                             | <b>33</b> |
| <b>4.2.</b>  | Deney ve kontrol grubunun kısa süreli $H_{max}$ değişimi                                                                                                             | <b>34</b> |
| <b>4.3.</b>  | Deney ve kontrol grubunun uzun süreli $H/M_{max}$ değişimi                                                                                                           | <b>36</b> |
| <b>4.4.</b>  | Deney ve kontrol grubunun kısa süreli $H/M_{max}$ değişimi                                                                                                           | <b>37</b> |
| <b>4.5.</b>  | Deney ve kontrol grubunun uzun süreli $H_{eşik}$ değişimi                                                                                                            | <b>38</b> |
| <b>4.6.</b>  | Deney ve kontrol grubunun kısa süreli $H_{eşik}$ değişimi                                                                                                            | <b>39</b> |
| <b>4.7.</b>  | On iki haftalık TBV antrenmanından sonra tek bacak $110^\circ$ egzersizi sırasında VL, VM, RF kaslarının İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırması | <b>43</b> |
| <b>4.8.</b>  | On iki haftalık TBV antrenmanından sonra side lunge egzersizi sırasında VL, VM, RF kaslarının İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırması            | <b>43</b> |
| <b>4.9.</b>  | On iki haftalık TBV antrenmanından sonra tek bacak $180^\circ$ egzersizi sırasında VL, VM, RF kaslarının İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırması | <b>44</b> |
| <b>4.10.</b> | Deney ve kontrol grubunun diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişimi                                                                                                | <b>45</b> |
| <b>4.11.</b> | Deney ve kontrol grubunun diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişimi                                                                                                | <b>47</b> |
| <b>4.12.</b> | Kontrol ve deney grubundaki statik denge değişimi                                                                                                                    | <b>48</b> |
| <b>4.13.</b> | Kontrol ve deney grubundaki dinamik denge değişimi                                                                                                                   | <b>50</b> |
| <b>4.14.</b> | Deney ve kontrol grubundaki ayak reaksiyon zamanı değişimi                                                                                                           | <b>51</b> |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| Çizelge | Sayfa                                                                    |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.    | Çalışmaya katılan bireylerin fiziksel özellikleri                        | 32 |
| 4.2.    | Katılımcıların ağırlık, boy ve BKİ değişkenlerinin zamana bağlı değişimi | 32 |
| 4.3.    | H <sub>max</sub> değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi         | 33 |
| 4.4.    | H <sub>max</sub> değişkeninin kısa süreli değişimi                       | 34 |
| 4.5.    | M <sub>max</sub> değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi         | 35 |
| 4.6.    | M <sub>max</sub> değişkeninin kısa süreli değişimi                       | 35 |
| 4.7.    | H/M <sub>max</sub> değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi       | 36 |
| 4.8.    | H/M <sub>max</sub> değişkeninin kısa süreli değişimi                     | 37 |
| 4.9.    | H <sub>eşik</sub> değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi        | 38 |
| 4.10.   | H <sub>eşik</sub> değişkeninin kısa süreli değişimi                      | 39 |
| 4.11.   | H <sub>latans</sub> değişkeninin grup ve zaman değişimi                  | 40 |
| 4.12.   | H <sub>latans</sub> değişkeninin kısa süreli değişimi                    | 40 |
| 4.13.   | Deney grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi                | 41 |
| 4.14.   | Kontrol grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi              | 42 |
| 4.15.   | Deney ve kontrol grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi     | 42 |
| 4.16.   | Diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişkeninin grup ve zaman değişimi   | 44 |
| 4.17.   | Diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişkeninin zamana bağlı değişimi    | 45 |
| 4.18.   | Diz fleksiyon kuvveti zirve tork değişkeninin grup ve zaman değişimi     | 46 |
| 4.19.   | Diz fleksiyon kuvveti zirve tork değişkeninin zamana bağlı değişimi      | 46 |
| 4.20.   | Statik dengede grup ve zaman değişimi                                    | 47 |
| 4.21.   | Statik denge değişkeninin zamana bağlı değişimi                          | 48 |
| 4.22.   | Dinamik denge değişkeninin zamana bağlı değişimi                         | 49 |
| 4.23.   | Dinamik Dengede grup ve zaman değişimi                                   | 49 |
| 4.24.   | Ayak Reaksiyon zamanı değişkeninin grup ve zaman değişimi                | 50 |
| 4.25.   | Ayak Reaksiyon zamanı değişkeninin zamana bağlı değişimi                 | 51 |

## GİRİŞ

Vibrasyon, eski çağlardan beri masaj ve tedavi gibi alanlarda kullanılmasına rağmen, son yıllarda bir antrenman yöntemi olarak popüler bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Rus bilim adamı Vladamir Nazarov, astronotların uzaydaki yer çekimsiz ortam ve hareketsizlikten meydana gelen kas atrofisi ve kemik yoğunluğunda oluşan hasarları azaltmak için, kas ve kemiklerine titreşim yolu ile uyarı verme fikrinden yola çıkarak “Tüm Beden Vibrasyonunu” geliştirmiştir (1).

Vibrasyon kasa uygulandığı zaman kasta tonik bir kontraksiyon meydana gelir ve bu kontraksiyona “Tonik Vibrasyon Refleksi” adı verilmiştir (2,3). Vibrasyon uygulaması başladığında birkaç saniye içinde kas kasılmaya başlar ve uygulama duruncaya kadar giderek artan bir şekilde kasılmaya devam eder. Kasta tonik vibrasyon refleksi yanıtı boyunca oluşan kasın Elektromiyografi (EMG)’deki sinyalleri, istemli kas kasılmasında oluşan EMG sinyallerine benzerdir. Ayrıntılı analizler, birçok motor ünitenin vibrasyonla eş zamanlı ateşlendiğini göstermektedir(2). Titreşim uygulamasıyla oluşan Tonik Vibrasyon Refleksi (TVR) ve kas içiği aktivasyonunun, motor ünite ateşleme ve boşalım hızlarında artışa neden olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (4,5).

Hoffmann Refleks (H Refleks) ilk defa Paul Hoffmann tarafından 1918 yılında tanımlanmış ve tıp alanında rutin olarak kullanılan çalışmalardan birisi olmuştur (6). Genellikle monosinaptik gerim çalışmalarında, motor beceri entegrasyonu ve spinalkord adaptasyonunda yaygın olarak kullanılır (7). H refleksi klasik olarak; kas sinirinin grup 1a afferentlerinin elektriksel uyarısıyla ortaya çıkan monosinaptik bir reflekstir. Düşük şiddette elektriksel uyarımlar ile ortaya çıkan ve supramaksimal uyarılar ile kaybolan kas potansiyeline H refleksi denir (6).

Antrenmana bağlı olarak hormonal, biyokimyasal ve kardiyovasküler mekanizmalarda değişiklikler meydana geldiği gibi nöromuskuler sistemde de değişiklikler meydana gelir (8). Antrenmana bağlı motor nöron uyarılabilirliğindeki değişim H refleksi yöntemi ile değerlendirilebilir (9). Motor nöron uyarılabilirliği dolaylı olarak kuvvet gelişim oranı ile ilişkilidir (10).

Uygun süre ve yoğunlukta yapılan Tüm beden vibrasyon antrenmanının, nöromuskuler adaptasyon üzerine olumlu etkilerinin olabileceği düşünülmektedir. Bu antrenman metodunun kuvvet, denge, esneklik üzerine olan etkileri birçok çalışmada incelenmesine rağmen, nöral adaptasyon ile ilgili yapılan çalışmalarda birbirleri ile çelişkili sonuçlar ortaya çıktığı görülmekte ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (1). Bu çalışmanın kurgusunda, H refleksi ve tonik vibrasyon refleksinin nöral mekanizmalarının birbirine benzer yapıda olmasından dolayı H refleksi uyarılabilirliğinin TBV antrenmanı ile değişebileceği düşünülmüştür. Bu

nedenle; yapmış olduğumuz çalışmanın literatürdeki bu boşluğun giderilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Nöromuskuler performansın bileşenleri olarak Hoffmann refleksi, elektromiyografik kassal aktivasyon, izokinetik kuvvet, statik ve dinamik denge, görsel ayak reaksiyon sürati değişkenleri ele alınmıştır. Yukarıda belirtilen gerekçeler doğrultusunda bu çalışmanın amacı; 12 haftalık Tüm beden vibrasyon antrenmanının H refleksi üzerine olan uzun ve kısa süreli etkilerinin ve detraining adaptasyonunun incelenmesidir. Çalışmanın alt amaçları ise 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının ve detraining adaptasyonunun;

- 1) Statik ve dinamik denge üzerine etkisini belirlemektir.
- 2) İzokinetik kuvvet üzerine olan etkisini belirlemektir.
- 3) Elektromiyografik kassal aktivasyon üzerine olan etkisini belirlemektir.
- 4) Görsel ayak reaksiyon zamanı üzerine olan etkisini belirlemektir.

## GENEL BİLGİLER

### 2.1. Nöromuskuler Performans

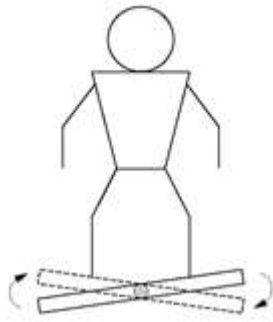
Nöromuskuler performans; kas fizyolojisi, nörofizyoloji ve biyomekanik gibi alanları kapsayan bir terimdir. Kasların ve sinirlerin etkileşimi sonucunda ortaya çıkan performans olarak tanımlanır(11,12) .

Nöromuskuler performansın değerlendirilmesi için birçok araştırmada çeşitli yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin; Hakkinen K. Ve Komi P. V. Nöromuskuler performansı belirlemek için istemli kas kasılması ve refleksif kas kasılmasını ele alırken (13), Huston ve Wojtys çalışmasında kassal aktivasyon ve izokinetik kuvvet değişkenlerini ele almıştır (14). Erbahçeci ve Kayıhan'ın çalışmasında ise nöromuskuler performansın önemli göstergeleri olarak kas kuvveti, reaksiyon zamanı ve denge bileşenlerini ele almıştır (15).

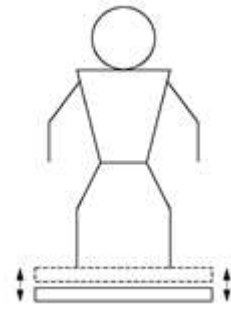
### 2.2. Tüm Beden Vibrasyonu Antrenmanı

Rus bilim adamı Vladamir Nazarov, astronotların uzaydaki yer çekimsiz ortam ve hareketsizlikten meydana gelen kas atrofisi ve kemik yoğunluğunda oluşan hasarları azaltmak için, kas ve kemiklerine titreşim yolu ile uyarı verme fikrinden yola çıkarak Tüm beden vibrasyonunu geliştirmiştir (1,16,17).

TBV, bir platform üzerine çıkan kişinin bütün vücudunu kaslarını ve kemiklerini etkileyebilecek bir titreşim oluşturur (18,19) . Son yıllarda bu antrenman metodunun kullanımı oldukça yaygınlaşmış, üretilen tüm beden vibrasyon platformlarının da kullanıma oranla çeşitleri ve özelliklerinde artış görülmektedir. En yaygın olarak kullanılan platformlardan biri; yatay ekseninde rotasyon salınımı yapan oscillating platform, diğeri ise dikey ekseninde aşağı yukarı hareket eden vertikal platformdur (18,20).

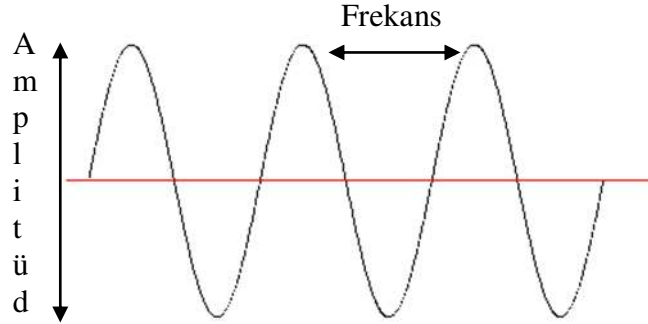


Şekil 2.1 Oscillating Platform



Şekil 2.2. Vertikal Platform

Vibrasyon antrenmanların yoğunluğunu belirleyen üç değişken vardır. Bunlar; frekans, amplitüd ve süredir. Frekans; birim zamandaki salınımın tekrarlanma hızı olarak tanımlanırken Hertz (Hz) cinsinden ifade edilir. Amplitüd ise; bir cismin pozitif ve negatif yöndeki yer değiştirmesi olarak tanımlanır ve milimetre (mm) cinsinden belirtilir (20,21). Genellikle vibrasyon platformları 25-44 Hz ve 2-10mm amplitüd aralığında yapılmaktadır. Sporcular bu platformları kuvveti gelişimi sağlamak için kullanırken, sedanter bireyler genellikle osteoporozu önleme ve kemik yoğunluğunu artırma amacıyla kullanmaktadırlar (22).



**Şekil 2.3.** Vibrasyonun yoğunluğunu belirleyen değişkenler

İnsan sağlığına etki eden etkenler arasında vibrasyon önemli bir yer tutmaktadır. Bir antrenman metodu olarak kabul edilen TBV, Parkinson hastalığı ve multiple sclerosis hastalığının tedavisinde, cerrahi uygulamalardan sonraki rehabilitasyon sürecinde de kullanıldığı görülmektedir (23,24).

Vibrasyon antrenmanları iki farklı yöntemle uygulanmaktadır;

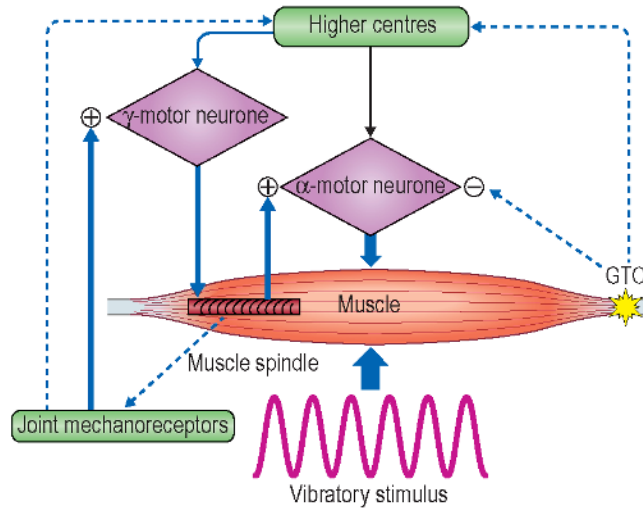
İlk olarak ortaya çıkan ve lokal titreşim uygulaması olarak adlandırılan bu yöntemde, titreşim kasın en geniş kısmına veya tendona uygulanabildiği gibi aynı zamanda elde tutulan bir titreşim kaynağı ile de kullanıldığı görülmektedir. İkincisi ise Tüm Beden Vibrasyonu olarak adlandırılan yöntemde titreşim hedef kastan uzakta olan bir titreşim kaynağı tarafından uygulanmaktadır (25).

Marin ve Rhea'nın 2010 yılında yaptığı araştırmaya göre, vertikal platformda yapılan akut çalışmaların ortalama değerleri göz önüne alındığında uygulanan frekansın 29,43 hz, amplitüdün 3,14mm, uygulama süresini 188,57 sn. ve dinlenme süresini ise 30 sn. olarak belirlemiştir. Vertikal platformda yapılan uzun süreli çalışmaların ortalama değerleri incelendiğinde ise frekansın 31,79 hz, amplitüdün 4,4 mm, çalışmanın toplam süresinin 10,44 hafta, haftada ortalama 3,95 gün antrenman yapma, çalışmanın setlerini 7,38 kez olarak yapıldığını belirlemiştir. Bu meta analiz verilerine göre akut antrenman süresinin 30-600 sn., frekansın 20-40 hz, amplitüdün 2-4mm olması gereklidir. Kronik antrenmanların ise; toplam çalışma süresinin 2-48 hafta, frekansın 25-40 hz, amplitüdün 1-9mm olması gerekir(26).

### 2.2.1. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Nöromuskuler Temeli

Kas lifleri omuriliğe yerleşmiş olan nöronlarla uyarılır ve iskelet kasları sinirsel bir uyarı olmadıkça kasılmazlar (2,27). Kaslarda aksiyon potansiyeli meydana getirip kasılmayı başlatan nöronlara alfa motor nöron denir (28). Omurilik ön boynuzunda bulunan bir alfa motor nöron kasa girdikten sonra birçok kez dallanır ve kas liflerini innerve eder (6). Tek bir motor nöronla innerve edilen kas liflerinin tümüne motor ünite adı verilir(29).

Vibrasyon kasa uygulandığı zaman kasta tonik bir kontraksiyon meydana gelir. Eklund ve Hagbarth bu kontraksiyona Tonik vibrasyon refleksi adını vermişlerdir (2,3). Vibrasyon uygulaması başladığında birkaç saniye içinde kas kasılmaya başlar ve uygulama duruncaya kadar giderek artan bir şekilde kas kasılmaya devam eder. Kasta tonik vibrasyon refleksi yanıtı boyunca oluşan kasın EMG'deki sinyalleri, istemli kas kasılmasında oluşan EMG sinyallerine benzerdir. Ayrıntılı analizler, birçok motor ünitenin vibrasyonla eş zamanlı ateşlendiğini göstermektedir(2). Titreşim uygulamasıyla oluşan TVR ve kas içiği aktivasyonunun, motor ünitelerin ateşleme ve boşalım hızlarında bir artışa neden olduğu çalışmalarda gösterilmiştir(4,5) .



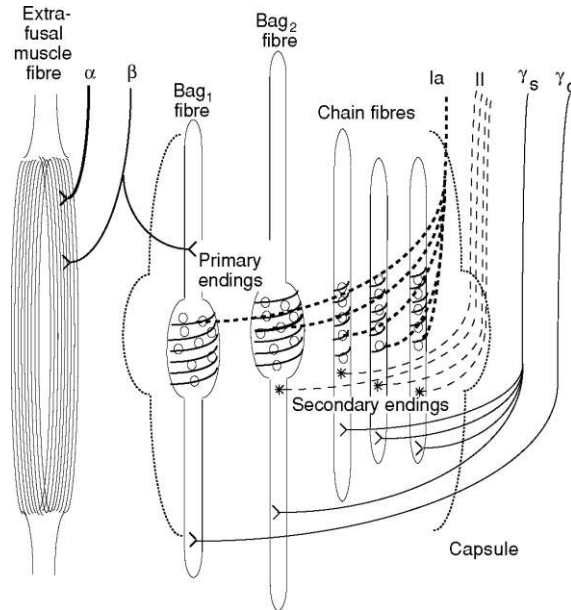
Şekil2.4. Vibrasyon uyarısının nörofizyolojik mekanizması

TBV, kas boyunda minör değişikliklere neden olur. Kas uzunluğundaki değişimler kas içiği tarafından algılanır ve medulla spinalisi uyararak kasa dönen alfa motor nöron uyarısı artar, kas bu yolla üst merkezlerden kontrol edilmeksizin bir miktar kuvvet üretebilir (30). Tonik vibrasyon refleksinin aktivasyonu, istemli kas kasılmasını artırmakla birlikte motor ünite senkronizasyonunda da artış meydana getirir(31). Motor ünite senkronizasyonunun artışı; ya kas kuvvetinin artışından ya da kasların nöral mekanizmasının kullanımını artırarak daha önceden kullanılmayan motor üniteleri devreye dahil etmesinden kaynaklanır(22).

Vibrasyon ile kas iğciğinde oluşan impulsların monosinaptik olarak medulla spinaliste bulunan alfa motor nöronlara ulaştığı böylece kasın kasılmasını sağladığı aynı anda bu impulsların polisinantik yollarla antagonist motor nöronlarda resiprokal inhibisyon yaptığı düşünülmektedir. Vibrasyon ile reflekslerde oluşan supresyonun presinaptik inhibisyon mekanizmasından kaynaklandığı görüşü hakimdir(2,3).

### 2.2.2. Kas İğciği Ve Mekanoreseptörlerin Vibrasyondaki Önemi

Kasın boyunun uzunluğu, o anki gerim derecesi, boyunun ya da gerimin hangi hızda değiştiğini algılamak için kas ve kas tendonları iki tip duysal reseptörle donatılmıştır. Bunlar kas iğciği ve golgi tendon organıdır. Kas iğcikleri kasın orta bölümünde yer alırlar ve sinir sistmine kasın boyu veya boyundaki değişmelerin hızıyla ilgili bilgileri gönderir. Intrafuzal liflerin miyozin ve aktin taşımayan orta bölümü kas iğciğinin reseptör parçasıdır. Kas iğciği iki yoldan uyarılabilir. 1) kasın tümüyle uzaması, iğciğin orta bölümü gererek reseptörü uyarması ile 2) kasın boyu tümüyle değişmese bile iğcikteki intrafuzal liflerin uç bölümlerinin kasılması da liflerin orta kısmını gerer ve sonuçta reseptörü uyarır. Kas iğciğinin merkezi reseptör alanında iki tip duysal sonlanma bulunmaktadır. Bunlar primer ve sekonder sonlanmalardır. Primer sonlanma; reseptörün ortasında büyük bir duysal lif, her intrafuzal lifin etrafını spiral şeklinde sarak birincil sonlanma denen yapıyı oluşturur (29).



Şekil 2.5.Kas iğciğinin afferent ve efferent innervasyonu

Titreşim uygulaması ile birlikte kas iğciklerindeki primer sonlanmaların aktivasyonu artmaktadır. Artan primer sonlanma aktivasyonu kasta Tonik vibrasyon refleksini oluşturmakta ve bunların sonucunda kastaki kasılmaların arttığı belirtilmiştir (32).

Vibrasyon çeşitli deri mekanoreseptörleri tarafından algılanır. Bu reseptörler cilt yüzeyinin subkutan dokularında ve epidermde mevcuttur. Örneğin pacini cisimcikleri 30'dan 800 devir/sn'ye kadar olan titreşimleri algılarken, saniyede 2 ile 80 devirlik düşük şiddetteki titreşimleri meissner cisimcikleri algılar. Tüm dokunma reseptörleri vibrasyonu algılamada rol alırlar (29).

### 2.2.3. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Etkileri

Birçok araştırmada TBV antrenmanının kısa ve uzun süreli etkileri kuvvet, denge ve kassal aktivasyon değişkenleri açısından ele alınmıştır.

Vibrasyon uygulamalarında gözlenen EMG aktivitesindeki artış istemli kas aktivasyonunda elde edilen artıştan daha fazladır. Bu artışlar, TVR mekanizması ile daha fazla sayıda motor ünitenin senkronik olarak kasılmaya dahil olması ve bunların uyarı frekanslarının artmasından kaynaklanabilir (33). Torvinen ve ark. 15-30 hz ve 10mm ile uyguladıkları akut TBV soleus ve gastrokinemius kaslarında EMG<sub>RMS</sub> değerlerinde artışa neden olmuştur (34). Roelant ve ark. uyguladığı 20 sn. lik akut TBV antrenmanının rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis ve gastrokinemius kas aktivasyonunda %12-82,4 artış olduğunu belirtmişlerdir (35). Abercromby ve ark. Yaptığı çalışmada akut olarak TBV uygulanmış ve 4 kas grubunda izometrik ve konsantrik kas aktivasyonunda istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu kaydetmişlerdir (36). Warman ve ark. Yaptığı çalışmada ise akut olarak 50hz, 5mm değişkenleri ile uyguladıkları akut TBV antrenmanının rectus femoris kasında izometrik kasılmada %30, izokinetik kasılmada %43, konsantrik kasılmada ise %107 EMG<sub>RMS</sub> değerlerinde kassal aktivasyonda artış olduğunu belirtmişlerdir (37). Cormie ve ark. Yaptığı araştırmada ise 30 hz ve 2,5 mm ile uygulanan akut TBV antrenmanının vastus lateralis, vastus medialis ve biceps femoris kasları üzerinde integrated EMG aktivitesinde herhangi bir değişiklik olmadığını göstermişlerdir. Yapılan araştırmalar göz önüne alındığında yüksek frekans ve amplitüd ile yapılan araştırmalarda kassal aktivasyon seviyesinin arttığı söylenebilir (38).

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde TBV antrenmanlarının en çok incelenen boyutu kuvvete olan etkisidir (39). Kuvvet gelişimi hem hipertrofi hem de nöral adaptasyonla ilişkilidir. Kuvvet antrenmanı sırasında, metabolizmanın ilk olarak verdiği tepki nöral adaptasyondur. Antrenmanın başlangıcından sonraki birkaç hafta içerisinde hipertrofiye bağlı olarak kuvvet gelişimi görülür. Roelant ve ark.'larının 2005 yılında yaptığı araştırmada yaşları ortalama 21.3±2 yıl olan 18 sedanter bayan katılımcının dahil edildiği 24 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının diz ekstansör izometrik (%8.3 ± 4.4) ve izokinetik (%24.4 ± 5.1) kuvvetini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırdığı belirtilmiştir (40). Delecluse ve arkadaşlarının 2003 yılında yaptığı araştırmada yaş ortalamaları 21.4±1.8 yıl olan 67 sedanter bayan katılımcının dahil edildiği 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının izometrik (%17) ve dinamik (%9) diz ekstansör kuvvetini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırdığı tespit edilmiştir (41). Torvinen ve arkadaşlarının 2002 yılında yaptığı araştırmada ise 19-38 yaş aralığına sahip 21 erkek katılımcının dahil olduğu 4 aylık tüm beden vibrasyon antrenmanının izometrik diz ekstansör kuvvetini %3.7 (p<.05) artırdığı belirtilmiştir (42). Diğer

bir araştırmada ise yaş ortalamları  $25 \pm 4.6$  yıl olan 14 erkek katılımcının 1 dakikalık akut tüm beden vibrasyonunun diz ekstansör kuvvetini %7 ( $p < .05$ ) artırdığını belirtmiştir (43).

18-35 yaş aralığında 16 katılımcının dahil edildiği 4 dakikalık 2mm genlikte uygulanan tüm beden vibrasyonunun akut olarak denge üzerinde herhangi bir değişiklik göstermediği belirtilmiştir (44). Torvinen ve arkadaşlarının 2002 yılında 19-38 yaş aralığına sahip 21 erkek katılımcının dahil olduğu 4 aylık tüm beden vibrasyon antrenmanının denge üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir (42). Mahieu ve ark.'larının 2006 yılında yaptığı araştırmaya 9-15 yaş aralığında 33 kayakçı ile yaptığı araştırmada 6 haftalık tüm beden vibrasyonunun denge üzerinde bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir (19).

#### **2.2.4. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Olası Yan Etkileri**

- Dizlerin bükülü olduğu pozisyonda eller ve ayaklarda karıncalanma hissi,
- Başağrısı
- Stimölasyon alanında kaşıntı
- Bulantı ve baş dönmesi
- Kan basıncında kısa süreli düşüş
- Diyabetli kişilerde hipoglisemi

Mide bulantısı, baş dönmesi, kan basıncının ani düşmesi ve aşırı kaşıntı etkileri antrenman yoğunluğunun çok yüksek olduğunun bir göstergesidir. Bu nedenle antrenman süresi, frekans ve genlik değişkenleri aşamalı şekilde artırılmalıdır. Titreşim antrenmanları kan şekeri seviyesini düşürebilir bu yüzden antrenman programı kişiye uygun olarak düzenlenmelidir (17).

Abercromby ve arkadaşları 10 dakikalık 30 hz frekansına ve 4 mm genliği ile oluşturulan TBV antrenmanının günlük titreşime maruz kalma dozunu aştığını ve bu nedenle yan etkilerinin görölme olasılıklarının artabileceğini belirtmiştir. ISO 2631-1 tarafından tanımlanan titreşime maruz kalma yoğunlukları çerçevesinde antrenman programlarının hazırlanmasının, yan etkilerinin görölme olasılıklarını düşürebileceğini belirtmiştir (36).

### **2.3. Hoffmann Refleksi**

H refleksi ilk defa Paul Hoffmann tarafından 1918 yılında tanımlanmış ve tıp alanında rutin olarak kullanılan çalışmalardan birisi olmuştur (6). Genellikle monosinaptik gerim çalışmalarında, motor beceri entegrasyonu ve spinalkord adaptasyonunda yaygın olarak kullanılır (7). H refleksi klasik olarak; kas sinirinin grup 1a afferentlerinin elektriksel uyarısıyla ortaya çıkan monosinaptik bir reflekstir ve düşük şiddette elektriksel uyarımlar ile ortaya çıkan ve supramaksimal uyarılar ile kaybolan kas potansiyeline H refleksi denir (6).

H refleksi, alfa motor nöron havuzundan gelen efferent motor çıktıların büyüklüğünü gösterir bu nedenle alfa motor nöronların uyarılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılır. H refleksi gerim refleksi ile benzer döngüye

sahiptir. Fakat iki refleks arasındaki en önemli fark H refleksin dışarıdan verilen bir elektrik uyarısından sonra ortaya çıkmasıdır. Genellikle H refleks klinik vakalar dışında iskelet kası sakatlıklarında, motor becerilerin performansında ve antrenman bilimlerinde kullanılır (45,46).

H refleksin kullanıldığı yerler;

- $H_{max}/M_{max}$  oranı ile alfa motor nöron eksitabilitesini değerlendirmede,
- Monosinaptik refleksin presinaptik inhibisyonunu belirlemede,
- Elektriksel uyarı ile H refleksin resiprokal 1a inhibisyonunu belirlemede kullanılır (47).

H refleks çalışmaları Elektromiyografi cihazı kullanılarak yapılır ve genellikle soleus kasından edilir. H refleksini kayıtlı ederken 3 tip yüzeysel elektrot kullanılır. Bunlar aktif elektrot, referans elektrot ve toprak elektrotudur. Bu elektrotlara ek olarak elektrik uyarısı veren stimülatör elektrot kullanılır. Aktif elektrot; kas karnı üzerine, sinirin kasa girişi yaptığı motor nokta üzerine yerleştirilir. Referans elektrot; kastan uzağa tendon ya da kemik yakınına yerleştirilir. Toprak elektrot; stimülasyon elektrotu ile kayıtlı elektrotu arasına yerleştirilir. Stimülasyon elektrotu ise popliteal fossa'da posterior tibial sinir üzerine yerleştirilir (48).

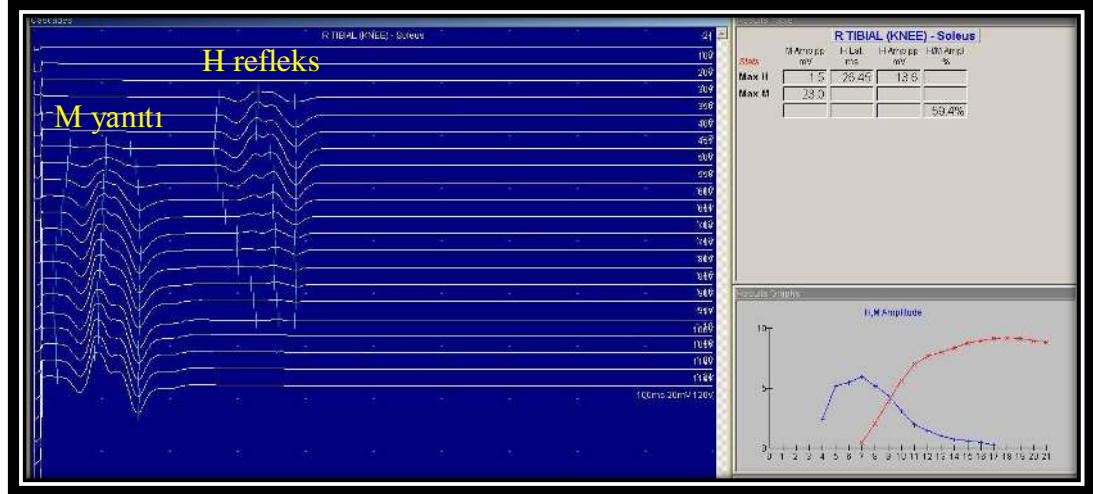
H amplitüdü, aksonlar ve depolarize ettikleri kas liflerinin bütünlüğüne ve sinir liflerinin iletim hızı değişkenliğinin boyutuna bağlıdır. Eğer bazı lifler yavaş ve diğerleri hızlı ise o zaman aksiyon potansiyelinin süresi uzun ve amplitüdü küçük olacaktır. Motor sinir amplitüdü milivolt (mV) olarak ölçülür. Bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüdü en sık zemin çizgisi ile negatif tepe noktası arasında veya tepeden tepeye (peak to peak) ölçülebilir (48).

### 2.3.1. Hoffmann Refleksinin Spinal Mekanizması

EMG uygulamasında ve işlevsel açıdan spinal refleksler iki grupta incelenir. 1) Miyotatik refleksler 2) Fleksör Refleksler. Miyotatik refleksin insanda başlıca önemi, yerçekimine karşı dik postürü ya da ayakta durmayı sağlamaya olan katkılarıdır. Miyotatik refleksler, postural ve istemli motor davranışın bilinçdışı ayarlanmasında katkıda bulunurlar ve çoğu kez monosinaptik bağlantı içinde çalışırlar. Yani refleks arkında bir afferent duyu nöronu ile birde efferent motor nöron vardır, arada başka bir nöron bulunmaz. Monosinaptik miyotatik refleksin afferent koluna ait sinir lifleri geniş çaplı-miyelinlidir ve bu nedenle hızlı iletim gücüne sahiptirler. Bunlar çizgili kastaki kas içi deney reseptörleri tarafından aktive olurlar. Miyotatik-monosinaptik refleks örneği olarak EMG uygulamasındaki H refleks gösterilebilir (6).

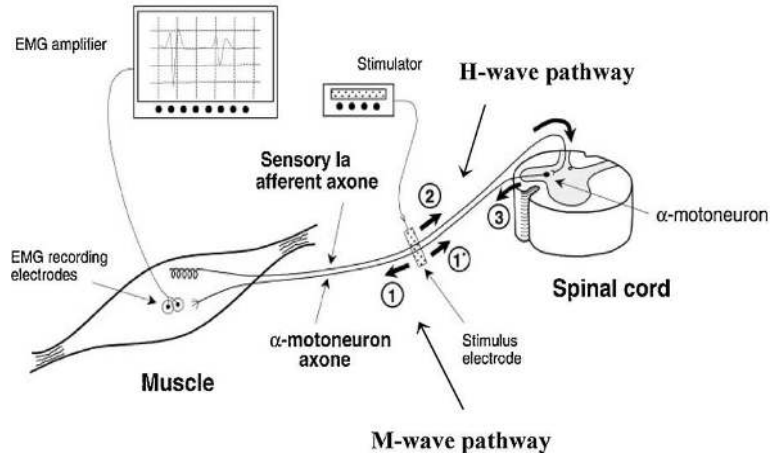
H refleks normal erişkin bireylerde n. Tibialis posterior'un fossa poplitea'dan düşük akım şiddetinde elektriksel şoklarla uyarılması ile triceps surae kas üçlüsünden özellikle soleus kasından elde edilir. Uyarı şiddeti merdivensel biçimde artırıldığında önce 30 ms. civarında motor latans ile ortaya çıkan geç bir yanıt görülür. Uyarım şiddeti artırıldıkça, bu yanıtında amplitüdü artmaya devam eder. Ancak bu sırada kısa latanslı M yanıtı belirmeye başlar. Uyarım şiddeti

artırıldıkça H refleksin amplitüdü ufalır buna karşın M yanıtı amplitüdü gittikçe artar. Maksimal ya da supramaksimal uyarım şiddetine erişildiğinde H refleks yanıtı tamamen kaybolurken M yanıtı amplitüdü artık maksimal büyüklüğe erişmiş olarak sabit bir şekilde kalır. Burada düşük eşikli elektrik uyarımları ile ortaya çıkan maksimal uyarı şokları ile kaybolan kas potansiyeli H refleksidir(6).



Şekil2.6. H refleksinin uyarım eğrisi

H refleks yanıtının düşük şiddette uyarımlarla ortaya çıkması, latansının uzunluğu, yüzeysel kayıtlamada di-trifazik şekilli olması ve yüksek şiddette uyarımlarla kaybolması gibi nedenlerle, triceps suraeden çıkan grup 1a refleks afferent liflerinin uyarılması sonucu ortaya çıktığı kabul edilir. Çünkü sinir gövdesinden yapılan bir uyarımda, geniş çaplı grup 1a refleks afferent liflerinin uyarılabilme eşiği, motor efferent liflerden daha düşüktür ve yaratılan impulslar önce omuriliğe arka köklerden girerek ön boynuz motor nöronlarını uyarır ve motor aksonlara impulsların geçmesi ile aynı periferik sinir üzerinden tekrar triceps surae'ye geri dönen motor impulslar çizgili kas liflerini senkron bir şekilde aktive eder(6).



Şekil 2.7. H Refleksinin Spinal Mekanizması

H reflekte, kas icikleri araya karışmamakta ve reseptör fonksiyonu refleksi arki dışında kalmaktadır (49).

### 2.3.2. Spor Bilimlerinde Hoffmann Refleksi

Antrenmana bağlı olarak hormonal, biyokimyasal ve kardiyovasküler mekanizmalarda değişiklikler meydana geldiği gibi sinir sistemi ve nöromuskuler sistemde de değişiklikler meydana gelir (8). Antrenmana bağlı olarak değişen motor nöron uyarılabilirliği H refleksi yöntemi ile değerlendirilir (9). Motor nöron uyarılabilirliği dolaylı olarak kuvvet gelişimoranı ile ilişkilidir. Bu ilişkinin nedenini Ia afferentlerin presinaptik inhibisyonundaki azalmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (10).

Motor nöron havuzunun uyarılabilirliğini değerlendirmek için araştırmacılar genellikle H refleksi uyarım (recruitment) eğrisini kullanırlar. En sık kullanılan H refleksi uyarım eğrisi; H refleksi tepe noktası ( $H_{max}$ ) ile maksimum motor yanıtın ( $M_{max}$ ) oranıdır.  $H_{max}/M_{max}$  oranı deporalize olan motor nöronların yüzdesini tahmin eder. Diğer bir değerlendirme yöntemi ise; H refleksi uyarım eğrisinin tepe noktasının kayıt edilmesidir.  $H_{max}$ , motor nöron havuzu uyarılabilirliğindeki değişimi tahmin etmek için kullanılır.   nc  değerlendirme yöntemi ise; uyarı eşik altı seviyeden başlanarak derece derece artırılır ve H refleksi eşik noktasına ( $H_{eşik}$ ) ulaştığı değer kayıt edilir.  $H_{eşik}$ , düşük eşikli motor nöronların uyarılabilirliğini tahmin etmede kullanılır (45,46).

### 2.3.3. Hoffmann Refleksi  l m n n Sınırlılıkları

H refleksi ölçümünde teknik ayrıntılara çok dikkat etmek gerekir. Çok sabit bir akım şiddetinde dahi H yanıtı amplitüdü çeşitli fizik fizyolojik ve psikolojik etmenlerle değişebilir. Soleus H refleksiye bakılırken aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir.

- Hastanın postürü
- Diz 30 derece civarında bükülmelidir böylece triceps surae kasının gerilmesinden kaçınılabilir.
- Ayak bileği 90 dereceden 20 derece plantar fleksiyona getirilmelidir.
- Optimal uyarım süresi 0,5 ile 1,0 milisaniye süreli dik açılı elektrik şokları ile uygulanmalıdır.
- Post aktivasyon depresyonundan kaçınmak için uyarım frekansı genellikle 3-5 saniye'de 1'den fazla olmamalıdır.
- Katod, popliteal fossada sinirin üzerine yerleştirilmeli, anod ise distal ve lateral konumda bulunmalıdır. Bu şekilde anodal bloktan sakınılmış olunur.

H refleksini fasilite eden durumlar;

-   İncelenen kasın hafif kasılması veya gerilmesi
-   Jendrassik manevrası
-   Sinirin tetanik uyarımını izleyen periyod
-   Vestibüler uyarım

H refleksini suprese ( inhibisyon) eden durumlar

- Antagonist kasın aktif kasılması
- İncelenen kasın güçlü kasılması
- Kuvvetli elektrik uyarım
- Uyarım frekansının artırılması
- Güçlü boyun hareketleri
- Ölçüm sırasında incelenen kas veya tendona vibrasyon uygulaması(6,9,45).

#### **2.4.1. Elektromiyografi**

Kas içine veya yüzeyine elektrot yerleştirerek aksiyon potansiyellerinin oluşmasına bağlı olarak zar potansiyelinde ortaya çıkan elektriksel değişikliklerin yazdırılma işlemine elektromyografi (EMG) denir(50) .

EMG kas ve sinir fonksiyonlarının tespiti için değerli bir araçtır. EMG uygulamaları sonucunda elde edilen veriler; merkezi kontrol stratejileri, sinir hücre boyunca olan sinyalin sinir kas kavşağına transferi, motor ünite de kas hücresinin elektriksel aktivasyonu, karmaşık biyomekaniksel olaylar zinciri, agonist ve antogonist kas tendonları üzerine etki eden ve kemiklere taşınan baskının üretimi hakkında bilgi edilmesini sağlar. Spor bilimlerinde kassal aktivasyonun değerlendirildiği elektromiyografi uygulamaları ile teknik gelişimin değerlendirilmesi, uygun antrenman programlarının oluşturulması, sporcunun gelişiminin takip edilmesi ve yetenek seçimi gibi amaçlarıyla kullanılmaktadır (51).

#### **2.4.2. Yüzeyel Elektromiyografi**

Birçok uygulamada, aksiyon potansiyeli kas üzerindeki deri yüzeyine yerleştirilen iki elektrot aracılığıyla ölçülür. Bu yüzden kas kasılması sırasında aksiyon potansiyeli, kası örten doku boyunca hareket eder, deri yüzeyindeki elektrotlar aracılığıyla tespit edilir (52). Elektrotların fonksiyonu iyonik biyoelektronik akımı elektron akımına çevirerek EMG sinyalini monitöre aktarmaktır. Bu değişim elektrotta meydana gelir. (53).EMG’de genellikle 2 tip elektrot kullanılır. Yüzeyel elektrotlar birçok motor ünitenin birbirine eklenmiş (summated) aktivitesini kaydederken, iğne elektrotlar ise orta derecede kas kasılması sırasında tek bir motor ünite potansiyelini kaydeder (54).

YEMG’nin Uygulama Alanları;

Hareket analizinde; kasların ne kadar sürede aktif hale geldiğini, eklemlerle ilişkili olarak hareketin başlangıcı ve bitişindeki kassal eforun seviyesini gösterir. Bu bakış açısı spor hekimliğinde ve ergonomik çalışmalarda kullanılmaktadır.

Yürüyüş analizinde; kaslar arasındaki koordinasyon ve aktivasyon zamanı değerlendirilir. Bu nedenle yürüyüşte nörolojik kaynaklı bozukluğa bağlı patolojinin değerlendirilmesinde önemlidir.

Yorgunluğun değerlendirilmesinde; Yüzeysel EMG (YEMG) ile gözlenen elektromiyografik traselerdeki değişiklikler değerlendirilir. Diagnostik süreçte; kas aktivitesinin değerlendirilmesi örneğin; kaslarda agonist-antagonist ilişkisini inceleyerek rehabilitasyon açısından teşhis edici ve önleyici bir fayda sağlar. Spor performansının değerlendirilmesinde; kasları doğru kullanarak harekette verimi sağlamaya, yaralanmaları önlemeye, kas lifi ya da kasların karakterini değerlendirmeye olanak sağlar(55).

YEMG sinyali, kasılan kasa ait kas fibrillerinde ortaya çıkan aktiviteyi yüzeysel bir elektriksel aktivite olarak temsil etmektedir. Kas liflerinde aksiyon potansiyeli oluşurken akımın bir bölümü deriye yayılır. Sinyal, elektrotun kayıt aralığı içerisinde aktif motor üniteye oluşan aksiyon potansiyelin sumasyonudur(56). YEMG sinyalinde gözlenen yoğunluk ve büyüklüğünü etkileyen en önemli iki mekanizma motor ünite aksiyon potansiyelleri'nin (MÜAP) katılımı ve onların ateşleme frekansıdır (57).

Merkezi sinir sisteminde kas gücü, Motor Ünite (MÜ) katılımı ve MÜ ateşleme oranı modülasyonu ile kontrol edilir. Bu iki mekanizma kasa bağlı olarak farklı oranlarda bulunur. Bir kas farklı tipte birçok motor üniteye sahip olabilir. İskelet kasındaki kontraksiyon kuvveti ilave katılan yeni motor ünitelerle artırılabilir(58).

#### **2.4.3. Elektromiyografi Sinyalini Etkileyen Faktörler**

EMG sinyali kaydedilirken sinyalin doğruluğunu etkileyen en önemli unsurlardan biri, sinyal/gürültü oranıdır. Yani EMGsinyalindeki enerjinin gürültü enerjisine oranıdır. Gürültü, genellikle YEMG sinyallerindeki istenmeyen elektriksel sinyal olarak tanımlanır. Bu gürültünün frekansı sıfırdan birkaç bin Hertz'e kadar değişebilir. Gürültü farklı kaynaklardan oluşabilir:

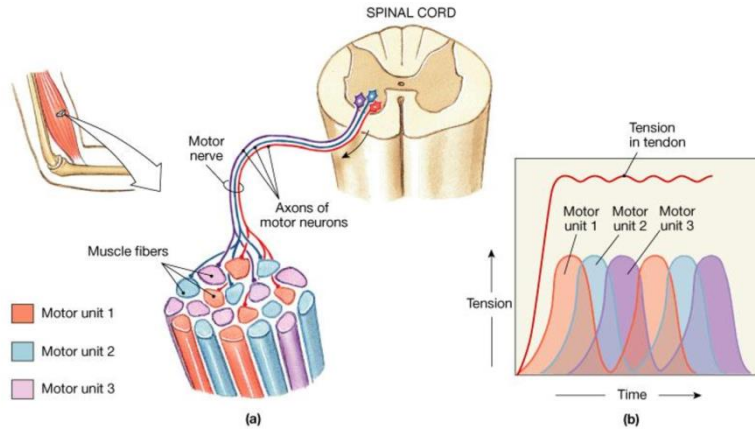
1. Elektrostatik alan;deri ile elektrot arası,
  2. Elektronik cihazlar;televizyon, havalandırma, güç hatları, lambalar vb.,
  3. Hareket artefaktı;hareket sırasında kablo, amplifikatör veya elektrotun yerinden oynamasına bağlı olarak oluşanistenmeyen sinyal
  4. Yanses; ölçüm yapılmak istenen kasa komşu olan diğer kas gruplarından gelen aksiyon potansiyelleri,
  5. Elektrot özelliği ve yerleşimi;kasın yüzey alanına bağlı olarak kullanılan elektrotların büyüklüğü ve ölçüm yapılacak kasaait yüzey alanına uygun yerleşimi.
- Bu bağlamda; ölçüm uygulamalarına geçilmeden önce YEMG sinyalinin güvenilirliğini arttırmak için bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır;

- (a) derinin hazırlanması,
  - (b) elektrot çeşidi ve yerleşimi,
  - (c) gürültüsüz bir ölçüm ortamının hazırlanması
  - (d)amplifikatörün giriş empedansı,
  - (e) maksimal istemli kasılma (MİK) ölçümünün uygun eklem açısında yapılması
- (51).

#### 2.4.4. Motor Ünitelerin Elektrofizyolojisi

İskelet çizgili kasında kasılmanın oluşmasındaki yapısal birim motor ünite dir ve bir motor ünite birçok çizgili kas lifinden meydana gelmektedir. Omurilik ön boynuzunda bulunan bir alfa motor nöron bunun çevresel uzantısı olan motor akson ile birlikte bu aksonun kas içinde dallanarak birçok kas lifini innerve etmesi ile motor ünite oluşur. Tek bir alfa motor nöron eksite olduğu zaman tek bir ana akson yolu ile inisi motor impuls lar bir depolarizasyon dalgası şeklinde iletilir ve kas içinde o motor üniteye ait kas lifleri aynı anda ek site olurlar. Böylece tek bir iskelet kasında birçok motor ünitenin kasılması ile o kasın total kasılması oluşur (6).

Bir kas içerisinde motor üniteler alanları ve lif yoğunlukları bakımından değişik özellikler gösterirler. Kas liflerinin kontraksiyon zamanı, yorulma tipi ve kas lifi aksiyon potansiyelinin yükselme zamanına ve ateşleme frekansına göre değişik motor üniteler vardır. Örneğin; zayıf bir istemli kasılmada önce az sayıda kas lifini innerve eden küçük motor üniteler aktive olurken daha güçlü bir kasılmada daha geniş motor üniteler aktive olur. Maksimal kas kasılmasında, bir yandan aktive olmuş kas liflerinin ateşleme frekansı artarken, diğer yandan da giderek uyarılma eşiği daha yüksek olan motor üniteler kasılmaya eklenir. Böylece yoğun bir motor ünite aktivasyonu ile maksimal kasılma sağlanır (6).



Şekil 2.8. Motor ünitenin dizilimi

Omurilik alfa motor nöronlarında bir impuls başladığı zaman o motor nöronun aksonu ile ilişkili kasa iletilir ve kas içi motor akson dallanmalarından geçerek kendine bağlı çizgili kas liflerinin motor son plak bölgelerine çok kısa bir zaman içerisinde ulaştırılır. Motor son plaktaki elektrokimyasal olaylar dizisini kas liflerinin sarkolemmal membranı boyunca bir dizi elektrokimyasal süreç izler, kas lifi eksite olur ve kas lifi aksiyon potansiyeli oluşur. Bu şekilde o motor üniteye ait bütün kas liflerinde aksiyon potansiyeli ortaya çıkar. İnsanda istirahat halinde membran potansiyeli 70-80 milivolt'tur ve membran iç yüzü negatif yüklüdür. Tek kas lifi iki türlü elektriksel aktivite yaratır, Biri motor son plak potansiyeli diğeri ise aksiyon potansiyelidir. Motor son plak potansiyeli, kasa bağlantılı motor sinir terminalinden serbest kalan düşük miktarlardaki asetilkolin ile post sinaptik bölge reseptörleri ve civarındaki kas membranında depolarizasyon oluşmasına bağlıdır. Kas lifi aksiyon potansiyeli ise motor son plak bölgesinde, motor sinir terminallerinden asetilkolin salgılanması ile başlamaktadır (6).

#### 2.4.5. Elektromiyografi Sinyalinin Analizi

EMG sinyallerinin frekans ve/veya amplitüdleri değerlendirilir. EMG sinyal amplitüdlerini değerlendirirken en çok kullanılan yöntemler; integre EMG (İEMG), root mean square EMG (rmsEMG) hesaplamalarıdır. EMG sinyalinin frekanslarının değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntemler; power spectral analiz, mean power frequency (MPF) ve median frequency (MF) dir. Bu verileri değerlendirmek amacıyla bilgisayar paket programları yapılmıştır (59).

EMG analizinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Genellikle kullanılan işlem süreci; filtreleme, rektifikasyon, integral alma ve normalize etmedir. Filtreleme işlemi, aksiyon potansiyellerinde birkaç milisaniyede potansiyel değişikliği görülebildiği için, yüksek geçirgenli filtre bu hızlı değişiklikleri daha anlaşılır hale getirmektedir. Rektifikasyon işleminde tüm negatif değerler pozitif değere çevrilmektedir. İntegrasyon işleminde ise iki yöntem vardır. Birincisi doğrusal zarf yöntemi ikincisi ise belirlenmiş aralıkların integralinin alınmasıdır. Genel olarak integrasyonu alınmış veriler kasıl maksimal istemli kasılma değerleri ile normalize edilir. Böylece kasın maksimal kasılma değerinin yüzde kaçıyla aktif olarak kasıldığı belirlenebilmektedir (27).

#### 2.5. Kuvvet

Kuvvet, nöromuskuler sistemin içsel ve dışsal direnci yenebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (60). Bir sporcunun uygulayabileceği en yüksek kuvvet, hareketin biyomekaniksel özelliklerine ve kasların kasılma miktarına bağlıdır. Uygulanan kuvvetin büyüklüğü kas içi koordinasyon, kaslar arası koordinasyon ve bir kasın sinir uyarısına verdiği tepki kuvvetlerine bağlıdır (61).

Kaslar arası koordinasyon, performans sırasında değişik kas gruplarının birbiriyle olan etkileşimidir. Kuvvet gerektiren fiziksel bir aktivitede kas grupları arasında yeterli düzeyde koordinasyon olmalıdır. Kaslar genellikle belirli bir sırada aktiviteye katılmaktadır (60). Kas içi koordinasyon ise harekete katılan motor ünitelere bağlıdır. Bir kasın kendi en yüksek kuvvetini oluşturabilmesi için kastaki tüm motor ünitelerin uyarılması ve aktif hale gelmesi gerekmektedir. Kas kasılmasının kuvveti sadece kasılmaya katılan motor ünite sayısının değişimiyle değil bireysel olarak motor ünitelerin güç çıktısının değişimiyle de olmaktadır (62).

Kas kuvveti; kas gerilimi veya kas grubunun bir maksimal efor sonucunda oluşturduğu karşı koymadır. Kısaca, bir dirence karşı koyabilme yetisi ya da bir direnç karşısında belirli bir ölçüde dayanabilme yetisi olarak tanımlanır (63).

Günlük yaşantıda ve yarışma sporunda kuvvet antrenmanları; koruma, rehabilitatif ve performans geliştirme gibi amaçlarla önem kazanır. Organizma, uzun süreli kuvvet antrenmanlarına biyokimyasal, nöromuskuler ve kas kütlesinin artışı gibi uyumlar gösterir. Antrenmanlar ile birlikte, kasların yapısal ve koordinasyon mekanizmalarındaki değişime bağlı olarak kuvvet gelişimi görülür. Sadece kuvvet artışı bu iki etmene bağlı olarak gerçekleşmez aynı zamanda glikojen ve kreatin kaynaklarının artışı kuvvetin daha da artmasını sağlar. Antrenmana başladıktan kısa bir süre sonra kuvvet artışı görülür ancak ortaya çıkan bu kuvvet artışı kas içi ve

kaslar arası koordinasyon yeteneğinin iyileşmesiyle açıklanabilir. Daha sonraki antrenmanlarla birlikte kas kütesinin artışına bağlı olarak kuvvet artışı görülür (8).

### **2.5.1. Kuvvetin Sınıflandırılması**

Kuvvet karmaşık bir özelliktir. Kuvvetin karakteristik özelliklerini anlayabilmek için çeşitli yapısal tanımlara başvurmak gerekir. Bunlar birbiriyle iç içedir ya da birbirinin ön koşulu durumundadır, hiçbiri tek başına değerlendirilemez ya da birbirinden soyutlanamaz özelliğe sahiptir. Letzelter'e göre kuvvet genel ve özel kuvvet olarak ikiye ayrılır;

Genel Kuvvet; kuvvetin herhangi bir branşayönelmesi söz konusu olmaksızın, genel anlamda tüm kasların kuvvetidir (64).

Özel Kuvvet ise seçilen sporun hareketlerine özgü bir biçimde kullanılan kasların kuvveti olarak tanımlanmaktadır (60).

Belirli spor branşlarında kuvvet birçok özelliğin bileşiği olarak belirtilir. Bu kapsamda Harre kuvveti maksimal kuvvet, çabuk kuvvet ve kuvvette devamlılık olarak sınıflandırmıştır.

Maksimal Kuvvet; Kas sisteminin isteyerek geliştirebildiği en büyük kuvvettir.

Çabuk Kuvvet; Sinir kas sisteminin yüksek hızda kasılmayla en büyük kuvveti üreterek bir dirence karşı koyabilmesidir.

Kuvvette devamlılık ise; Organizmasının yorulmaya karşı koyabilme yeteneği anlamına gelir.

Kuvvetin yapısı fizyolojik yaklaşımda; dinamik ve statik kuvvet olarak sınıflandırılır.

Dinamik Kuvvet; İki kas çalışmasının birlikte gerçekleştiği hareketlerdeki oksotonik kasılmalarındaki kuvvet türü olarak tanımlanır.

Statik Kuvvet ise; Kuvvetin direnç karşısında durumunu koruduğu çalışma biçimi izometrik kasılmadır ve statik kuvveti oluşturur. İnsan kas performansını değerlendirme konusunda izometrik, izotonik ve izokinetik değerlendirmeler üzerinde durulmaktadır(64).

### **5.2. İzokinetik Kuvvet**

İzokinetik kasılmada, eklem hareket açıklığı boyunca sabit bir hızla kasılma meydana gelmektedir. Bu kasılma, hareketin her açısında kasta maksimum kuvvet uygulanması anlamına gelmektedir. İzokinetik kuvvet, belirli bir hızda oluşan kasılma sırasında geliştirilebilen en yüksek tork ( döndürme momenti) değeri olarak kabul edilmektedir.

İzokinetik cihazlar ile önceden belirlenen sabit hızda kasta maksimum yüklenme sağlanabilmektedir. İzokinetik dinamometrede kişi ne kadar kuvvet uygularsa uygulasin hareket eden segmentin hızı önceden belirlenen hızın üzerine çıkmamaktadır. Kişi mevcut dinamometre hızının üzerine çıkmaya teşebbüs etmedikçe, cihaz bir direnç uygulamaz. İzokinetik dinamometrenin bu özellikleri, kas ve ligament yaralanması hastaların rehabilitasyonunda güvenlik sağlar. Bu cihazlar ile kas kuvvetini, gücünü ve dayanıklılığını objektif olarak ölçme imkânı elde edilmektedir. Bu nedenle kas performansının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılır. İzokinetik cihazlar kas dengesi ve kuvvetini belirlemenin yanında kasların antrenmanı ve rehabilitasyonu amacıyla da kullanılmaktadır (65).

## **2.6. Denge**

Kütlenin yere düşmesini önleyen bir dinamiği anlatan genel bir terim olan denge, insan vücudu için, gövdenin yerçekimi, internal ve eksternal kuvvetlerin etkisinde dizilimin korunabilmesi ve gövdeyi etkileyen kuvvetler toplamının sıfırlanabilmesidir(66).

Denge esas itibariyle kas aktivitesinin koordinasyonudur(67).Kişinin görsel, işitsel ve dokunsal uyarılar aracılığı ile ideal postür konumunu koruyabilmesi ve anlık değişkenleri kontrol edebilme özelliği ile hareketlilik ve dinamizm gerektiren her spor branşı için gerekli motorik bir faktördür. Her spor branşı da kendine özgü bir denge düzeyi içermektedir (68).

Denge, hareket halinde ya da dinlenme sırasında yerçekimine karşı gösterilen vücut pozisyonuna uyum olarak tanımlanmaktadır. Bu uyum vestibüler, proprioseptif ve görsel uyarıların merkezi sinir sisteminde birleşip, değerlendirilmesi ile sağlanmaktadır (69). Denge yapıları iç kulakta bulunan vestibular sisteme aittir. Ancak dengemizi sağlayan sistem oldukça karmaşık yapıda ve tek bir organa bağlı değildir. Serebrum, serebellum, medulla spinalis, eklem ve kas içerisindeki proprioseptörler, gözler ve iç kulaktaki vestibular sistemin koordineli çalışmasıyla denge sağlanmaktadır (70).

Meinelve Schnabel'e göre denge yetisi, vücudun yer değişiminde ve sonrasında durumunu koruma olarak tanımlanmaktadır. Proprioepsiyon duyusuyla, hareketin hissedilmesi ve nöromüsküler sistemle koordine edilmesinin bir sonucu olan ve yine yetenek ile becerinin kontrol ve koordinasyon ayağı olan denge; vücudun dinamik ve statik durumlarda disipline ve kontrol edebilme yeteneği olarak da tanımlanmaktadır(68).

Ergen'e göre denge, doğrultma refleksi ile açıklanabilen önemli bir sinir sistemi fonksiyonudur. Örneğin baş aşağı bırakılan bir kedi otolit organdan gelen uyarılarla pozisyonunu düzeltmek üzere önce başını doğrultur ve uzaydaki konumunu algılar. Daha sonra bu baş dönüşü boyun çevresi kaslarındaki kas içcikleri, tendon organlarını ve sinir uçlarını uyararak kinestetik duyuyu oluşturur ve refleks olarak bir yarım dönüş sağlar. Kedi sağ yanına döndüğünde görsel duyu reseptörleri yardımıyla serebelluma yere temasta gerekli ekstansör kas kuvvetini ayarlamak üzere bilgi iletilir. Yere temasta ise gerilme refleksi devreye girerek etkili bir kasılma başlatılır(71).

Her spor branşı kendine özgü belirli düzeyde denge yeteneğini içermektedir. Dengeyi ve vücut pozisyonunu korumak, sürdürmek çoğu hareket uygulamalarının ayrılmaz bir parçasıdır. Denge kaybı ya da vücut pozisyonunun korunmaması gibi durumlar sporcunun beklenen performansı gerçekleştirmesine engel olabileceği gibi aynı zamanda yaralanmalara da neden olabilmektedir (72,73).

### **2.6.1. Statik Denge**

Statik denge; Stabil bir destek düzeyinde ve eksternal hiçbir kuvvette ihtiyaç duyulmadan genel postürün veya vücut bölümlerinin belirli pozisyonda korunması amacıyla otomatik olarak sağlanan dengedir (74). Bir başka tanımda ise; bir cisme etki eden net kuvvetlerin birbiri ile dengede ve birbirine eşit oldukları durum statik denge olarak adlandırılmaktadır. Cismin dengesi cisme etki eden kuvvetlere bağlı olduğu kadar, cismin ağırlık merkezi yerçekimi hattı ve destek alanının özelliklerine göre de değerlendirilebilir. Cismin statik dengesinin korunabilmesi için aşağıdaki fizik kurallarını yerine getirmesi gerekmektedir.

- Cismin ağırlık merkezi yere ( destek alanına) yakın olmalıdır.
- Cismin destek alanı geniş olmalıdır.
- Cismin yerçekimi hattı ağırlık merkezinden geçmeli veya mümkün olduğu kadar yakın seyretmelidir.
- Cismin yerçekimi hattı destek alanının içine düşmelidir (75) .

### **2.6.2. Dinamik Denge**

Dinamik denge; vücutta etkili olan eksternal kuvvetlerin kas ve eklem çevresi yumuşak dokular tarafından nötralize edilmesi sonucu sağlanan dengedir. Dinamik denge, yürüme, ağırlık aktaran aktiviteler, merdiven inip çıkma, sandalyeye oturma-kalkma gibi günlük yaşam aktivitelerine ait farklı hareket paternleri ile bu paternler arasındaki bütünlüğü içerir. Kişi hareket halinde iken denge kontrolü dinamiktir. Bu yüzden dinamik denge, statik dengeye göre daha kompleks bir mekanizmaya sahiptir (74).

### **2.7. Reaksiyon Zamanı**

Reaksiyon zamanı, uyarının başlama zamanı ile tepkinin başladığı zaman arasında geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Örneğin; bir atletin çıkış tabanca sesini duyduğu zamandan, çıkış için hareket ettiği zamana kadar geçen süre o atletin reaksiyon zamanıdır. Reaksiyon zamanı, basit tanımına rağmen oldukça karmaşıktır. İlgili duyu organları, uyarının şiddeti, çevrenin durumu, gereken uyarı ve motivasyon reaksiyon zamanını etkileyen faktörlerden birkaçıdır (76).

Verilen uyarının merkezi sinir sistemine ulaşmasında ve cevabın efektör organa taşınmasında rol oynayan sinirlerin ileti hızı ile efektör kasın hızlı veya yavaş kasılan kas tipi olması gibi nitelikler, bireye göre milisaniyelik farklılıklar ortaya çıkarır (77).

Reaksiyon zamanı; kişinin uyarılara karşı ilk kassal tepki ya da hareketi gerçekleştirmesi arasındaki süreyi belirleyen kalıtsal bir özelliktir. Reaksiyon zamanı çoğu sporda belirleyici etmendir ve düzenli antrenmanlar ile geliştirilebilir. Fizyolojik açıdan reaksiyon süresi birbiri ardına gelen 5 öğeden oluşmaktadır.

1. Alıcılar tarafından ilk uyarının alınması
2. Bu uyarının Merkezi Sinir Sistemi'ne (MSS) iletilmesi
3. Nöronlar aracılığıyla uyarının taşınması ve yanıt uyarının oluşturulması
4. MSS'den kasa iletilmesi
5. Mekanik olarak işin gerçekleştirilmesi için kasın uyarılması (60).

Reaksiyon zamanında cerebral korteksin faaliyeti önemlidir. Uyarının algılanması ve uygun hareketin başlanması için cerebral kortekste bir bütünlüğün oluşması gerekir. Bu açıdan bakıldığında, reaksiyon zamanı en karışık refleks zamanından bile uzun sürmektedir (78).

## **2.8. Detraining Dönemi**

Antrenmanın azaldığında ya da tamamen bırakıldığında sportif verim ve fizyolojik uyumlarda kayıpların meydana gelmesine detraining ( antrenmana ara verme) denir. Antrenmana ara vermekle kazanılan koordinatif ve kondisyonel motorik özelliklerde birtakım kayıpların gözlenmesi oldukça doğaldır. Bu kayıpların oranı ise pasif kalınan sürenin uzunluğuna ve motorik özelliklerin karakterine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, dayanıklılık sporcularının enzim yapılarından dolayı kısa bir ara vermeden çok fazla etkilenirken, kuvvet aynı süredeki aradan daha az etkilenir. Kişinin verimi iyi olsa bile antrenmana ara verilen süre içerisinde önemli biçimde azalmalar gözlenir. Antrenman ile kazanılan fiziksel uygunluk 4-8 haftalık detraining dönemde tamamıyla kaybedilebilir. Yüksek antrenman düzeyine sahip sporcular 2-3 haftalık antrenmana ara verme sonucunda antrenman öncesi dönemde ölçülen kuvvet düzeyine inerler. Detraining süresinde kuvvet kaybı, birkaç hafta sonrasında ortaya çıkar ve alt bedende kuvvet kaybı, üst bedenden daha fazla olur (64).

## GEREÇ ve YÖNTEM

### 3.1. Araştırma Grubu

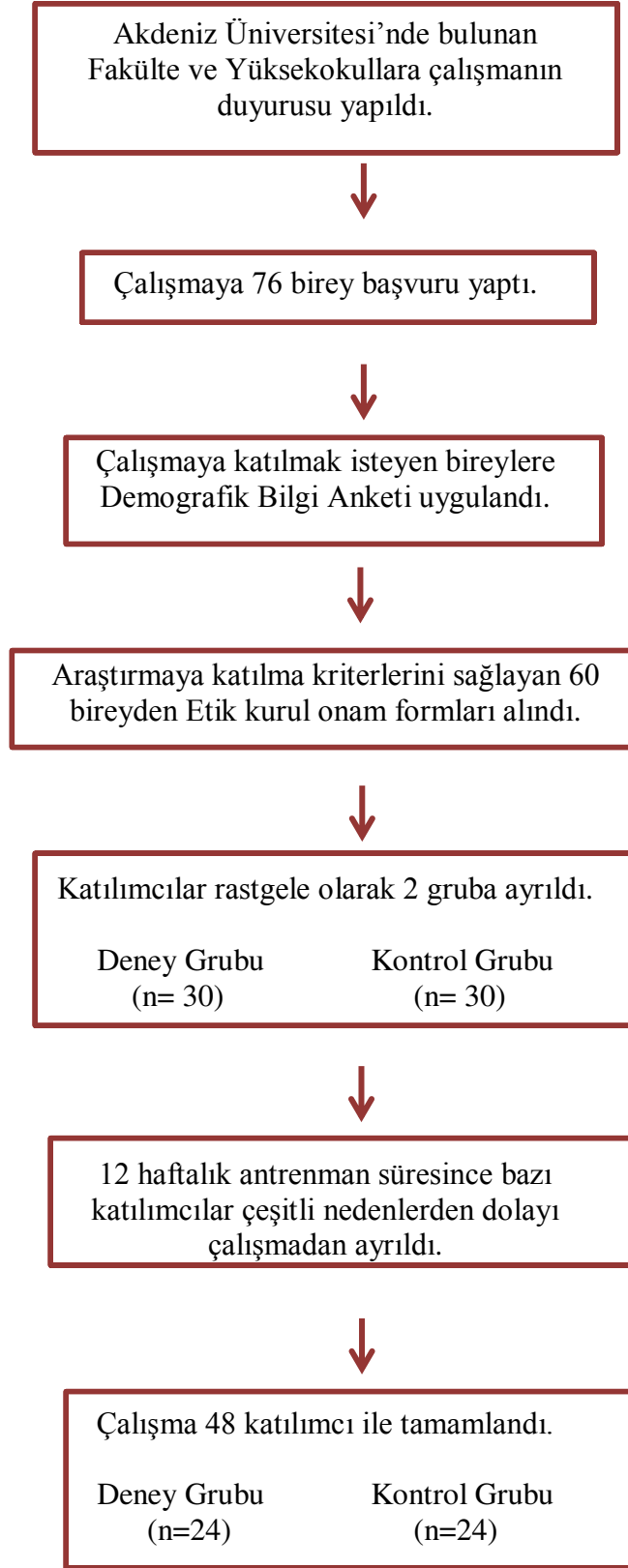
Araştırmaya başlamadan 3 hafta önce Akdeniz Üniversitesi'nde bulunan Fakülte ve Yüksekokullara tanıtım afişi asılarak duyuru yapılmıştır. Araştırmaya katılmayı kabul eden bireylere demografik bilgi anketi uygulanmıştır. Çalışmaya yaşları 18 – 24yıl arasında değişen,son 3 yıldır düzenli antrenman yapmayan, fiziksel olarak aktif, 60 sağlıklı erkek katılmıştır. Çalışma süresi içerisinde çeşitli nedenlerden dolayı 12 katılımcı çalışmadan çıkartılmıştır.Çalışma, Akdeniz Üniversitesi'nde bulunan Spor Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında, Nöroloji Anabilim dalı EMG-EEG laboratuvarında ve Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü İzokinetik Egzersiz laboratuvarında yapılmıştır. Bayan ve erkeklerin antrenmana verdiği yanıtlar farklı olduğu için araştırmaya sadece erkekler dahil edilmiştir (76).Katılımcılar, Akdeniz Üniversitesi öğrencileri arasından gönüllü olarak,araştırmaya katılma kriterlerine uygun olanlar arasından seçilmiştir. Bu kriterler aşağıdaki gibidir;

#### Araştırmaya Katılma Kriterleri :

- Yaşları 18-24 yıl arasında olma,
- Sağlıklı olma,
- Erkek olma,
- Son 3 yıldır düzenli olarak antrenman yapmama,
- Gönüllü olma,

#### Araştırmadan DışlanmaKriterleri :

- Yaş sınırları dışında olma,
- Düzenli olarak antrenman yapma,
- Bayan olma,
- Toplam antrenman programının %20'sine katılmama,
- Yoğun migren hastalığı, eklem hastalıkları ve kardiovasküler hastalık öyküsü olması,



Şekil.3.1.Katılımcı sayısının belirlenmesi, deney ve kontrol gruplarının oluşturulması

### **3.2. Katılımcıların Gruplandırılması**

Araştırmaya katılan bireyler rastgele yöntemle 2 farklı gruba ayrılmıştır ve bu gruplar; deney grubu (n=30) ve kontrol grubu (n=30) olarak adlandırılmıştır. Çalışma için Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna başvuru yapılmış ve kurulun 27.06.2011/249 tarihli toplantı kararı ile etik kurul onayı alınmıştır. Çalışmaya katılan bireylerden, onam formlarını okuyup onaylamaları istenmiştir.

Deney grubuna 12 haftalık antrenman periyodu hakkında bilgi verilmiş, uygulanacak antrenman yöntemi tanıtımı yapılmış ve kendilerine uygun antrenman saatleri düzenlenmiştir. Deney grubunun 12 haftalık antrenmanlara devamı konusunda devamsızlıkları kayıt edilmiştir. 12 haftalık antrenman süresi boyunca toplam 36 antrenmanın 7'sine (%20) katılmayan 2 birey çalışmadan çıkartılmıştır. Kontrol grubu ise fiziksel olarak aktif ancak düzenli olarak herhangi bir antrenman programına katılmamıştır. Tüm kriterleri yerine getiren 60 katılımcı ile çalışmaya başlanmış ancak 4 birey diz ağrısı, 1 birey cerrahi operasyon geçirmesi, 1 birey kas ağrıları, 4 birey vakit ayıramaması nedeniyle çalışmadan ayrılmıştır. Çalışma 48 katılımcı ile tamamlanmıştır.

### **3.3. Antrenman Programı**

Tüm Beden vibrasyon antrenman programı 12 haftalık süreçte, haftada 3 gün, birim antrenman süresi minimum 25 dk. maksimum 55 dk. olarak organize edilmiştir.

Antrenman programı, antrenman bilimleri temelinde bulunan yüklenme dinlenme prensipleri göz önünde bulundurularak yapılandırılmıştır. Araştırmada tüm beden vibrasyon antrenmanının kapsamı; antrenman süresini uzatarak, çalışma ve tekrar sayısını artırarak, yoğunluğu; antrenmanın sıklığını artırarak, setler ve tekrarlar arasındaki dinlenme zamanını kısaltılarak; sıklığı; birim antrenmanda yapılan tekrar sayısı ve hareket sayısını artırarak, süresi ise süreç içerisinde gelişmeye paralel olarak birim antrenman süresini uzatarak düzenlenmiştir (64). 12 haftalık TBV antrenman programı giderek artan yüklenme ilkesine uygun olarak organize edilmiştir. Antrenman programında ilk hafta adaptasyon süreci olarak belirlenmiş ve tüm beden vibrasyon antrenmanının yoğunluğunu belirleyen değişkenler en düşük seviyede tutulmuştur.

Tüm beden vibrasyonu antrenman programında statik ve dinamik olarak uygulanan hareketler mevcuttur. Bu hareketler genel olarak alt ekstremité kas gruplarına yöneliktir.

### 3.3.1.Antrenman Kapsamında Kullanılan Hareketler



Şekil 3.2.Squat



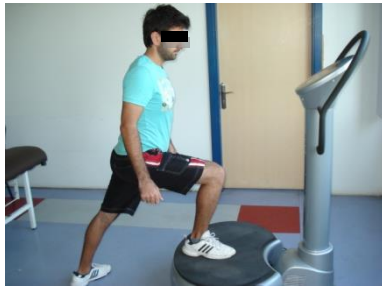
Şekil 3.3.Deep Squat



Şekil3.4.Calves



Şekil 3.5.Deep Calves

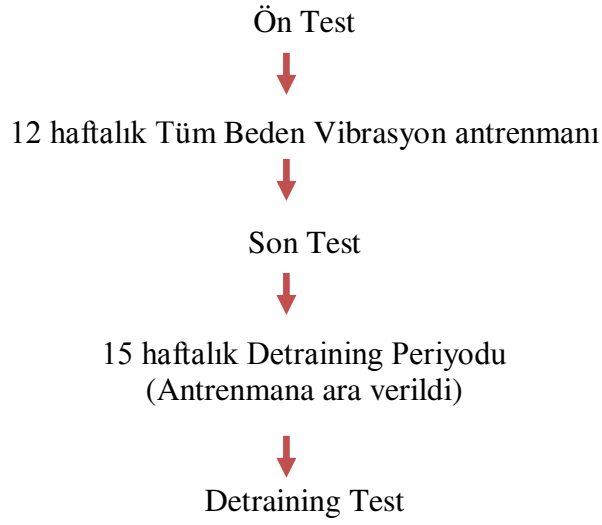


Şekil3.6. One leg squat



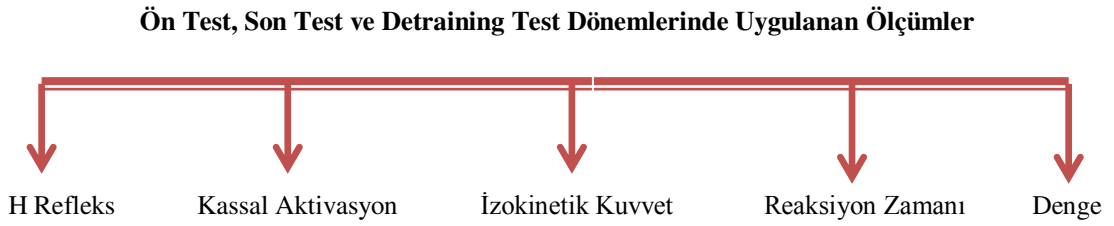
Şekil 3.7.Wide stance squat

### 3.3.2. Uygulama Periyodu



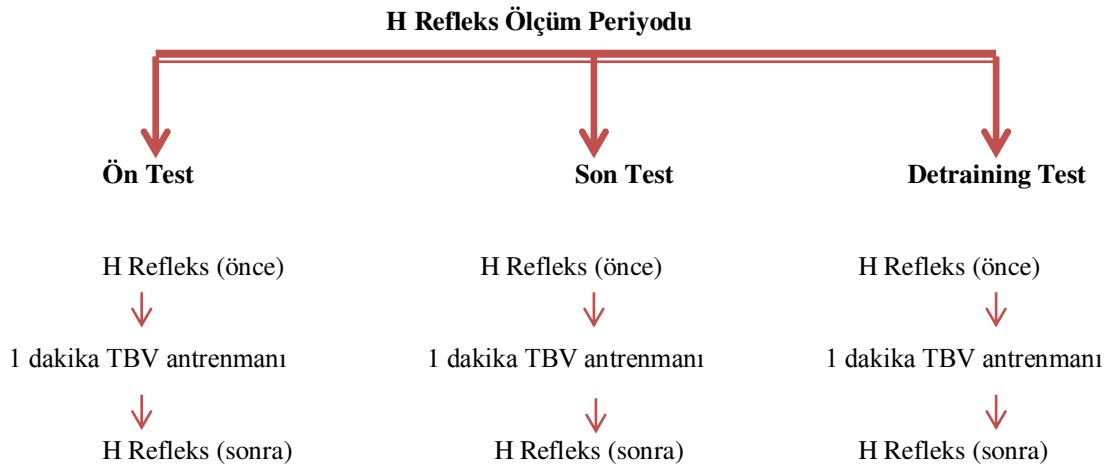
Şekil.3.8. Uygulama Periyodu

### 3.3.3. Test Dönemlerinde Uygulanan Ölçümler



Şekil.3.9. Denge, İzokinetik Kuvvet, Kassal Aktivasyon ve Reaksiyon Zamanı Ölçüm Programı

### 3.3.4. Hoffmann Refleksi Ölçüm Periyodu



Şekil.3.10. Hoffmann Refleksi Ölçüm Periyodu

Uygulanan H refleksi, izokinetik kuvvet, EMG, reaksiyon zamanı ve denge testleri 2 hafta sürmüştür. Birbirini etkileyebilecek testler göz önünde bulundurularak öncelikle H Refleks daha sonra izokinetik kuvvet testi uygulanmıştır. Reaksiyon zamanı ve denge testleri ise farklı bir günde organize edilerek öncelikle reaksiyon zamanı daha sonra denge test protokolleri uygulanmıştır. EMG ölçümleri ise farklı bir günde organize edilerek test protokollerinin uygulanabilirliği açısından oluşabilecek risk faktörlerinin kontrol altına alınması sağlanmıştır. 12 haftalık antrenman dönemi ön test sonrasında başlatılmıştır.

### 3.3.5. TBV Antrenmanında Kullanılan Cihazın Özellikleri

Tüm beden vibrasyon antrenmanlarında Aspire 588 vibrasyon cihazı kullanılmıştır. Cihaz, 2mm ve 4 mm genlik ayarlarına, 30,35,40 ve 50 titreşim hızlarına ve 30, 60, 90 saniye özelliklerine sahiptir.



Şekil3.11. Tüm beden vibrasyon cihazı

### 3.4. Boy Uzunluğu Ölçümü

Katılımcıların boy uzunlukları, ayakkabısız durumda ve vücut ağırlığı iki ayağına eşit dağılmış, topuklar birleşik ve stadiometreye temasta, baş Frankfort düzleminde, kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış durumda iken derin bir inspirasyonu takiben başın verteksi ile ayak arasındaki mesafe stadiyometre (Holtain Ltd. UK) kullanılarak  $\pm 1$  mm hata ile santimetre cinsinden boy uzunluğu olarak kayıt edilmiştir.

#### 3.4.1. Vücut Ağırlığı, Beden Kütle İndeksi, Beden Yağ Yüzdesi Ve Yağsız Beden Kütle Ölçümleri

Denekler hafif ağırlıkta giysili olarak ve ayakları çıplakken, TANİTA beden kompozisyon analizörü (Model TBF-300) ile beden ağırlıkları, beden kütle indeksi (BKİ), yüzde yağ miktarı, yağsız beden kütle ve toplam beden suyu ölçüldü. Ölçümler sırasında kıyafet ağırlığı düşüldü ve ölçüm yapmadan önce ayakların konulduğu çelik skala nemli bir bezle silinerek iletkenliği arttırıldı. Ölçümden önce bireylerden 2 saat süreyle aç kalmaları ve boşaltım gereksinimlerini karşılamaları, test öncesi çok su içmemeleri istendi (104,105).

### 3.4.2. İzokinetik Kuvvet Ölçümü

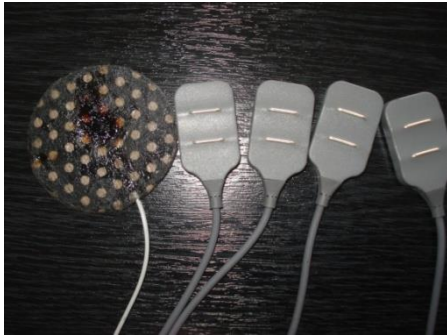
İzokinetik kuvvet testi Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim dalında uzman doktor tarafından gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar teste girmeden önce 5 dakika boyunca 60 RPM (dakikadaki devir hızı) hızında bisiklet ergometresinde ısınma yapmışlardır. Daha sonra katılımcılar CYBEX Norm bilgisayarlı izokinetik dinamometre (Humac Norm Testing Rehabilitation system, CSMI Medikal Solutions, USA) test cihazına alınmıştır. Test, oturma pozisyonunda gerçekleştirilerek denekler gövde ve uyluk bantları ile koltuğa sabitlenmişlerdir. Test sırasında koltuğun her iki tarafında bulunan kolları tutarak kolların serbestliği engellenmiş ve destek almaları sağlanmıştır. Katılımcıların dominant bacaklarından ölçüm alınmıştır. Öncelikle katılımcılara testin yapılışı hakkında bilgi verilmiş ardından test başlangıç pozisyonundaki eklem hareket açıklığı 100° olacak şekilde sabitlenmiştir. Denekler 60°/sn açısal hızda 5 maksimal tekrar olacak şekilde diz fleksiyon ve ekstansiyonu yapmışlardır. Yapılan test sonucunda fleksor ve ekstansör zirve torkları kaydedilmiştir.



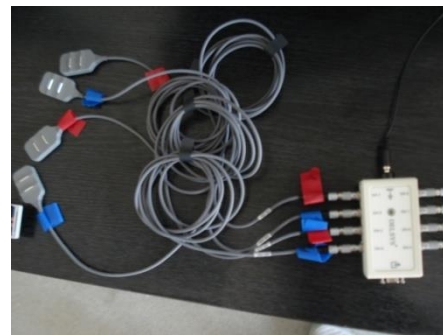
Şekil 3.12. İzokinetik kuvvet ölçümü

### 3.4.3. Kasal Aktivasyon Ölçümü

Kasal aktivasyon ölçümü sırasında kaslardan gelen sinyallerin ölçümü için 8 kanallı Myomonitor Wireless EMG Systems Delsys markalı EMG cihazı kullanıldı. EMG ölçümünde kullanılan yüzeyel elektrotların alıcıları 10 mm boyunda ve barları 1 mm çapındadır. %99,9 saf gümüşten oluşan barların birbirinden uzaklığı ise 10 mm'dir.



Şekil 3.13. Referans ve Yüzeyel Elektrot



Şekil 3.14. Yüzeyel Elektrot

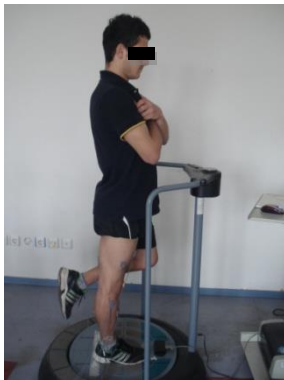
EMG amplifikatörünün geçirgenlik bandı 20-450 Hz, kazancı 2000 Hz, ortalama gürültüden kurtulma oranı >80dB'dir. Analog EMG sinyali, dijital forma 16 bitlik ve 1000 Hz'lik dijital çevirici ile dönüştürüldü. Kastan gelen sinyallerin bilgisayara aktarılması için Delsys EMG Works Acquisition& Analysis System programı kullanıldı.

Katılımcıların yalnızca dominant bacağındaki vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris kaslarından kassal aktivasyon kaydı yapılmıştır. Belirtilen kaslar palpe edilerek motor noktaları belirlenmiş ve motor noktanın yaklaşık olarak 2cm. altına elektrotlar yerleştirilmiştir. SENIAM'ın belirlemiş olduğu kriterlere göre deri alkolle temizlenmiş, kıllar tıraşlanmış ve uygun empedans ortamı yaratılarak elektrotlar çift taraflı bantlar ile deriye yerleştirilmiştir. EMG ölçümleri tekrarlı olarak uygulanacağı için ön testte katılımcıların bacaklarına yerleştirilen elektrotların uzaklıkları kaydedildi ve böylece 3 ölçüm sırasında aynı yerlerden kassal aktivasyon alınması sağlandı.



Şekil 3.15. Yüzeysel elektrotların yerleşimi

Elektrot yerleşiminden sonra Sporkat 2000 denge cihazının (PSI= 6) üzerinde katılımcılar 3 farklı hareketi gerçekleştirirken kassal aktivasyon kaydı yapılmıştır. 1) Diz açısı 180° 2) Diz açısı 110° 3) Side lunge pozisyonu. Katılımcılar bu 3 pozisyonda her bir harekette 20 saniye dengede durmuşlardır. Hareketler arasındaki dinlenme süresi 30 saniye olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.16. Diz açısı 180°



Şekil 3.17. Diz açısı 110°



Şekil 3.18. Side lunge

EMG sinyallerinin analizi aşamasında kullanılan maksimalistemli kasılma (MVC) verileri 3 kastan 5 saniyelik ölçümlerle kaydedildi.



Şekil 3.19.m.Vastus lateralis MVC kaydı

#### 3.4.4. Reaksiyon Zamanı Ölçümü

Görsel ayak reaksiyon zamanı New Test 2000 bataryası kullanılarak değerlendirildi. Katılımcı sandalyenin üzerine rahat bir şekilde oturarak dominant ayağını platformun üzerine yerleştirdi. Bireylerden görsel uyarının gelmesiyle birlikte en kısa sürede ayağıyla platforma dokunması istendi ve uyarının verilmesinden sonraki geçen zaman ile ayağın platforma dokunmasına kadar geçen süre milisaniye olarak kaydedildi. Sessiz bir ortamda dikkat komutuyla birlikte değişik aralıklarla üç tane uyarın verildi. Bu üç uyarana verilen cevaplardan en iyi sonuç kaydedildi. Elde edilen verilerden reaksiyon zamanı değerleri tespit edildi.



Şekil 3.20. New Test Görsel Ayak Reaksiyon Zamanı Cihazı

#### 3.4.5. Statik ve Dinamik Denge Ölçümü

Denge testleri Sporkat 2000 (OEM Medical, Carlsbad, USA) denge sistemi kullanılarak yapıldı. Test protokolü kullanma kılavuzu kullanılarak gerçekleştirildi. Katılımcılar dinlenmiş durumdayken spor ayakkabısı ve hafif bir spor kıyafetiyle denge testine alındı. Çift bacak statik ve çift bacak saat yönü dinamik denge testi

yapıldı. Katılımcı platformun üzerinde bacakları omuz genişliğinde açık ve elleri göğsünün üzerinde çapraz bir şekilde yerleştirilmiş olarak durdu ve optimum denge düzeyini bulduğu zaman ölçüm başlatıldı. Statik denge testinde kişiden 30 saniye boyunca pozisyonunu koruması istenerek test bitirildi. Dinamik denge testinde ise kişi, platformu hareket ettirerek bilgisayar ekranındaki referans pozisyonunu takip etti. Bu testte her 10 saniyede 360 derece dairesel hareket yapmaktadır. Test süresi 30 saniyedir. Her iki testten elde edilen hata skorları kaydedildi. Denge testinde elde edilen en düşük skor dengenin daha iyi olduğu anlamını taşımaktadır.



Şekil 3.21.Sporkat 2000 Statik ve Dinamik Denge cihazı

#### 3.4.6. Hoffmann Refleksi Ölçüm Yöntemi

Hoffmann Refleks ölçümü Akdeniz Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı EMG-EEG Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Synergy marka EMG cihazı kullanılmıştır. Kayıtlar, denek fizik tedavi masasının üzerine yüzükoyun yatar durumda alındı. Katılımcıların dominant bacakları ölçüme alınmadan önce tıraşlanıp alkolle temizlendi.



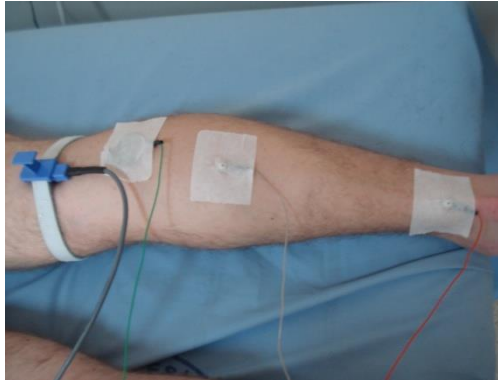
Şekil 3.22.Synergy marka EMG cihazı



Şekil.3.23. H refleksi ölçüm pozisyonu

Dominant bacağında bulunan soleus kasında elektrotların yerleştirileceği yeri belirlemek için gastrokinemius kasının medial başının bittiği yer ile soleus kasının başladığı yer palpe edilerek belirlenmiştir. Tekrarlı ölçümler yapılacağı için elektrotların yerleştirileceği yerler kalemle işaretlendi. Aktif elektrot soleus kasının üzerine, referans elektrot aşıl tendonu üzerine, Stimülatör elektrot popliteal fossa'da tibial sinir üzerine, toprak elektrot ise aktif elektrot ile stimülatör elektrot arasına yerleştirilmiştir. Tibial sinire düşük yoğunlukla (0-5 mV) elektrik uyarısı verilerek başlandı ve uyarı şiddeti 10 mV'luk dalgalarla kademe kademe artırılarak supramaksimal şiddette M yanıtı stabil duruma gelene kadar elektrik uyarım şiddeti artırıldı. Uyarımlar arası süre post sinaptik depresyonu engellemek amacıyla 3 saniye olarak belirlendi.

5 defa art arda H refleks ölçümü yapıldıktan sonra katılımcılar 1 dakikalık 40 hz ve 4 mm ile kombine edilen Tüm beden vibrasyon antrenmanını uygulamışlardır. Hemen ardından katılımcılardan tekrar 5 defa art arda H refleks yanıtları alındı. Uyarım yapılırken elektrotların pozisyonu ve deri üzerindeki basıncı olabildiğince sabit tutulmuştur. Uyarım yapılmadan önce katılımcılara bilgi verildi. Ölçüm sırasında elektrotların yerinden kayması gibi sorunlar ile karşılaşıldığı zaman ölçüm tekrar başlatılmıştır.



Şekil 3.24. H refleks Ölçümü Elektrot yerleşimi

### 3.5. Verilerin İstatistiksel Analizi

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 18.0 istatistik programı kullanılmıştır. İlk olarak verilerin tanımlayıcı istatistikleri yapılmıştır. Verilerin dağılım özelliği gözlem sayısı 50'nin altında olması nedeniyle Shapiro-Wilk testi kullanılarak, varyans homojenliği ise Levene testi ile kullanılarak belirlenmiştir. Shapiro-Wilk testinin sonuçlarına göre bazı değişkenlerin normal dağılım gösterdiği bazı değişkenlerin ise normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenler için iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi, normal dağılım göstermeyen değişkenler için ise Mann Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır (79,80).

Çalışmada izokinetik kuvvet, Hoffmann refleksi, statik ve dinamik denge ve ayak reaksiyon zamanı değerleri bağımlı değişken, Tüm beden vibrasyon antrenmanı bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Tüm beden vibrasyon antrenmanının bağımlı

değişkenler üzerine etkisini belirlemek için parametrik varsayımları yerine getiren verilerde Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, parametrik varsayımı yerine getirmeyen verilerde ise Friedman testi kullanılmıştır. Tekrarlı ölçümlerde varyans analizinde, univariate ya da multivariate yaklaşım seçiminde verilerin dağılım özellikleri Küresellik test sonucu ve epsilon değerleri dikkate alınmıştır. Bağımlı değişkenlerin bazılarının normal dağılım varsayımını yerine getirdiği gözlenmiş ve küresellik testine bakılmıştır. Küresellik testinde anlamlı fark çıkmaması ( $p>0.05$ ) durumunda küresellik varsayımı kabul edilerek sonuçlar değerlendirme için alınmıştır. Küresellik testinde anlamlı fark olması durumunda ( $p<0.05$ ), epsilon ( $\epsilon$ ) değerlerine bakılmış,  $\epsilon>.750$  olduğu durumlarda en yüksek epsilon değerine sahip klasik varyans analizi düzeltmesi kullanılmıştır. Epsilon değerinin  $\epsilon<.750$  olduğu durumlarda çok değişkenli yaklaşımda düzeltilmiş sonuçlar kullanılarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Grup içi istatistiksel incelemede sadece zaman farkı saptandığında Bonferonni düzeltmeli varyans analizi kullanılmıştır. Zaman ile grup arasında etkileşim olduğunda farkın her bir grupta, hangi zaman periyodundan kaynaklandığı belirlemek için gruplarda kendi içerisinde Bonferonni düzeltmeli varyans analiziyle incelenmiştir. Gruplararası test sonucunda grup farkı belirlendiğinde, her bir zaman periyodu dikkate alınarak, gruplar arasındaki farkı karşılaştırmak amacıyla bağımsız değişkenlerde iki ortalama arasındaki farkın anlamlılığı testi kullanılmıştır (79,80). H Refleks verilerinin analizinde kısa ve uzun süreli değişim için 5 defa art arda yapılan H refleks ölçümünün aritmetik ortalaması alınarak istatistiksel analiz yapılmıştır. Uygulanan tüm analizlerde  $\alpha=0,01$  ve  $\alpha=0,05$  yanılma düzeyleri kullanılmıştır. Uzun süreli TBV antrenmanının H refleks üzerine etkisini incelemek için, ön test-ön ölçüm, son test-ön ölçüm, detraining test-ön ölçüm verileri karşılaştırılmıştır. Kısa süreli TBV antrenmanının H refleks üzerine etkisini incelemek için ise, ön test; ön ölçüm-son ölçüm, son test; ön ölçüm-son ölçüm, detraining test; ön ölçüm- son ölçüm verileri karşılaştırılmıştır.

### 3.6. EMG Analizi

EMG sinyallerinin örnekleme hızı ve analog dijital çeviricinin bit hızı sırasıyla 2000 Hz ve 16 bit olarak yapılmıştır. Analiz sırasında kastan gelen gürültü, artefakt ve satürasyonun oluştuğu veriler elimine edilmiştir. İEMG (integrated EMG) hesaplaması için sırasıyla şu işlemler yapılmıştır: Öncelikle kaydedilen EMG aktivasyonuna 20Hz yüksek geçiren filtre (hareket artefaktını yok etmek için) uygulanmıştır. Daha sonra EMG sinyallerinin mutlak değeri alınarak negatif değerler pozitif çevrilmiştir (rektifikasyon). Ardından, Hem denge sırasında kaydedilen aktivasyon hem de MVC aktivasyonu smooth edildikten sonra (100 ms zaman pencereli root mean square hesaplaması kullanan Finite-impulse response filtre), denge sırasında kaydedilen aktivasyona MVC normalizasyonu uygulanmıştır. MVC hesaplamasında MVC EMG'sinin ilk 5 saniyesi kullanılmıştır. Son olarak normalize edilmiş 20 saniyelik denge EMG'si 5 saniyelik 4 ardışık parçaya bölündükten sonra ikinci ve dördüncü parçaların İEMG değerleri istatistiklerde kullanılmıştır. İlk 5 saniyesinin kullanılmamasının nedeni kas kasılmasındaki stabilizasyonun beklenmesidir (57,106).

## BULGULAR

### 4.1. Fiziksel Özellikler

Çalışmaya yaş ortalamaları  $23.09 \pm 2.58$  yıl olan, son 3 yıldır düzenli olarak antrenman yapmayan, fiziksel olarak aktif, 48 sağlıklı erkek birey katılmıştır. Yapılan ölçümler ve testler sonucunda katılımcıların fiziksel özellikleri ile ilgili elde edilen verilerin aritmetik ortalamaları (A.O.), standart sapmaları (S.S.) minimum (Min.) ve maksimum (Maks.) değerleri tablo 4.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Çalışmaya katılan bireylerin fiziksel özellikleri

| n=48                          | A.O.± S.S.  | Min.   | Maks.  |
|-------------------------------|-------------|--------|--------|
| <b>Yaş (yıl)</b>              | 23.09±2.58  | 18.98  | 28.77  |
| <b>Boy (cm)</b>               | 177.69±7.83 | 161.00 | 196.00 |
| <b>Ağırlık (kg)</b>           | 74.06±10.87 | 58.3   | 112.3  |
| <b>BKI (kg/m<sup>2</sup>)</b> | 23.68±2.60  | 18.30  | 33.90  |
| <b>VYY (%)</b>                | 14.59±3.82  | 8.60   | 28.70  |
| <b>YVK (kg)</b>               | 62.58±6.81  | 49.70  | 80.00  |
| <b>TBW (L)</b>                | 45.86±4.98  | 36.40  | 58.60  |

**Çizelge 4.2.** Katılımcıların Ağırlık, Boy ve BKI değişkenlerinin zamana bağlı değişimi

| n=48                          | Ön Test     | p     | Son Test    | p     | Detraining Test | p     |
|-------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|-----------------|-------|
| <b>Ağırlık(kg)</b>            | 74.06±10.87 | 0.071 | 73.77±10.76 | 0.103 | 74.87±11.07     | 0.264 |
| <b>Boy(cm)</b>                | 177.69±7.83 | 0.714 | 178.11±7.59 | 0.172 | 178.42±7.50     | 0.169 |
| <b>BKI (kg/m<sup>2</sup>)</b> | 23.68±2.60  | 0.052 | 23.31±2.51  | 0.297 | 23.46±3.74      | 0.757 |

\* P<0.05

\*\* P<0.01

Katılımcıların ağırlık, boy ve BKI verilerinin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, ağırlık, boy ve BKI değişkenlerinin zamana bağlı değişimde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmektedir ( $p>0.05$ ).

## 4.2. Hoffmann Refleksi Bulguları

### 4.2.1. $H_{\max}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları

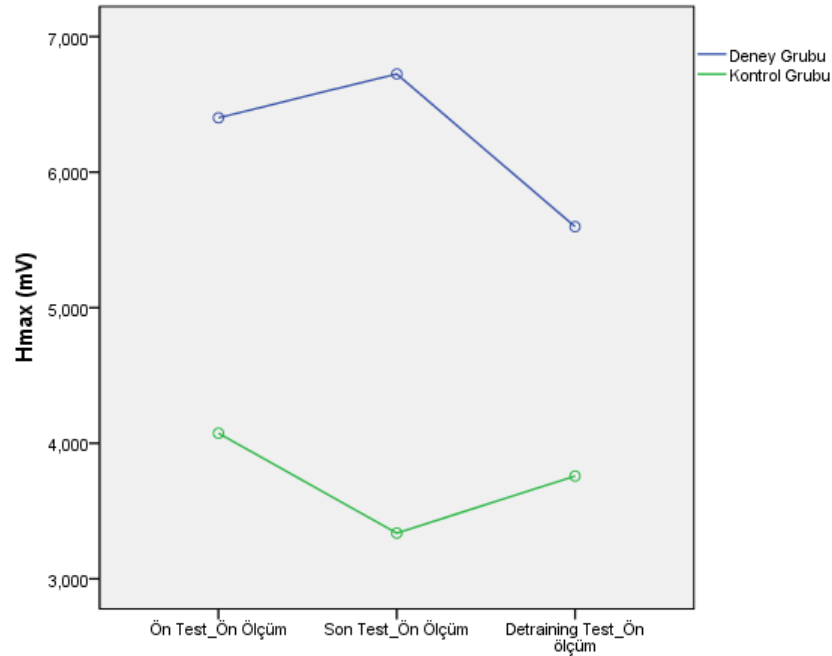
Çalışmaya katılan bireylere EMG cihazı ile Hoffmann Refleks testi uygulanmış, grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir.  $H_{\max}$  değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım göstermediği saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge.4.3.**  $H_{\max}$  değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi

| mV              |            | Deney Grubu<br>n=18 | Kontrol Grubu<br>n=20 |
|-----------------|------------|---------------------|-----------------------|
| Ön Test         | TBV Öncesi | 6.40±5.20           | 4.07±3.70             |
| Son Test        | TBV Öncesi | 6.72±5.11           | 3.33±3.14             |
| Detraining Test | TBV Öncesi | 5.59±4.24           | 3.75±3.36             |
|                 | p          | 0.092               | 0.812                 |

\*  $P<0.05$     \*\*  $P<0.01$

$H_{\max}$  değişkeninin grup ve zaman etkileşimi incelendiğinde deney ve kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).



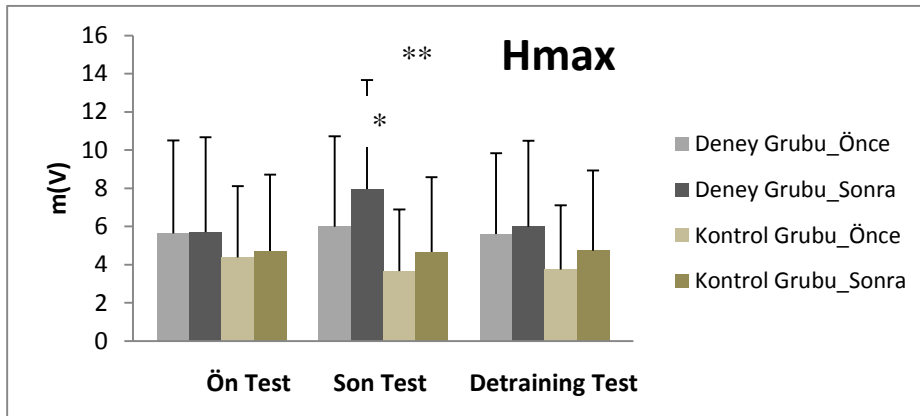
**Şekil 4.1.** Deney ve kontrol grubunun uzun süreli  $H_{\max}$  değişimi

**Çizelge.4.4.**  $H_{\max}$  değişkeninin kısa süreli değişimi

| mV              | Ön Test   |      |           | Son Test       |               |                 | Detraining Test |               |          |
|-----------------|-----------|------|-----------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|----------|
|                 | ön        | p    | son       | ön             | p             | son             | ön              | p             | son      |
| Deney<br>n=23   | 5.63±4.88 | 0.77 | 5.70±4.97 | 5.98±4.75      | <b>0.00**</b> | 7.97±5.70       | 5.60±4.24       | 0.08          | 5.99±4.5 |
| p               | p=0.44    |      | p=0.50    | <b>p=0.04*</b> |               | <b>p=0.00**</b> | p=0.08          |               | p=0.21   |
| Kontrol<br>n=25 | 4.39±3.73 | 0.37 | 4.71±4.01 | 3.67±3.22      | <b>0.00**</b> | 4.67±3.91       | 3.75±3.36       | <b>0.00**</b> | 4.73±4.2 |

\* P<0.05      \*\* P<0.01

Deney grubunun ön testinde ve detraining testinde uygulanan ön ve son ölçümlerinde anlamlı fark gözlenmezken, son testinde uygulanan ön ve son ölçümlerinde anlamlı bir artış gözlenmiştir (p=0.00). Kontrol grubunun ön testinde uygulanan ön ve son ölçümlerinde anlamlı fark gözlenmezken, son test (p=0.00) ve detraining testte (p=0.00) kaydedilen ön ve son değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Deney ve kontrol grupları karşılaştırıldığında ön test ve detraining testlerinin ön ve son ölçümlerinde anlamlı fark görülmezken, son testin ön ölçümünde deney grubu ile kontrol grubu arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (p=0.00). Son testin son ölçümünde ise; deney grubu ile kontrol grubu arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (p=0.00).



**Şekil 4.2.** Deney ve kontrol grubunun kısa süreli  $H_{\max}$  değişimi

#### 4.2.2. $M_{\max}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları

$M_{\max}$  değişkenin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

**Çizelge.4.5.**  $M_{\max}$  değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi

| mV              |            | Deney Grubu<br>n=18              | Kontrol Grubu<br>n=20 |
|-----------------|------------|----------------------------------|-----------------------|
| Ön Test         | TBV Öncesi | 25.81±4.72                       | 25.20±6.98            |
| Son Test        | TBV Öncesi | 26.73±6.82                       | 25.94±5.35            |
| Detraining Test | TBV Öncesi | 26.57±5.93                       | 24.83±6.20            |
| Zaman           |            | $F_{(5,36)} = 0.972$ $p = 0.436$ |                       |
| Grup X Zaman    |            | $F_{(5,36)} = 0.363$ $p = 0.874$ |                       |
| Grup            |            | $F_{(1,36)} = 0.182$ $p = 0.672$ |                       |

\*  $P<0.05$       \*\*  $P<0.01$

$M_{\max}$  değişkenin küresellik testinde; zamana bağlı değişimde  $F_{(5,36)} = 0.972$   $p = 0.436$  grup zaman etkileşiminde  $F_{(5,36)} = 0.363$   $p = 0.874$  ve gruplar arası değişimde  $F_{(1,36)} = 0.182$   $p = 0.672$  istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmektedir.

**Çizelge.4.6.**  $M_{\max}$  değişkeninin kısa süreli değişimi

| mV              | Ön Test    |       |            | Son Test   |       |            | Detraining Test |       |            |
|-----------------|------------|-------|------------|------------|-------|------------|-----------------|-------|------------|
|                 | ön         | p     | son        | ön         | p     | son        | ön              | p     | Son        |
| Deney<br>n=23   | 27.33±5.95 | 0.702 | 27.19±5.92 | 26.79±6.97 | 0.082 | 28.24±7.02 | 26.57±5.93      | 0.488 | 26.00±8.35 |
| P               | 0.363      |       | 0.491      | 0.950      |       | 0.523      | 0.383           |       | 0.792      |
| Kontrol<br>n=25 | 25.56±7.26 | 0.415 | 25.86±7.23 | 26.68±5.29 | 0.189 | 27.06±5.73 | 24.83±6.20      | 0.05  | 25.99±1.33 |

\*  $P<0.05$       \*\*  $P<0.01$

Deney ve kontrol grubunun  $M_{\max}$  değişkeninin ön test, son test ve detraining testte kısa süreli zamana bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Deney ve kontrol grubunun kendi aralarında karşılaştırmasında ise ön test, son test ve detraining testte, kısa süreli zamana bağlı değişiminde, istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

#### 4.2.3. $H/M_{\max}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları

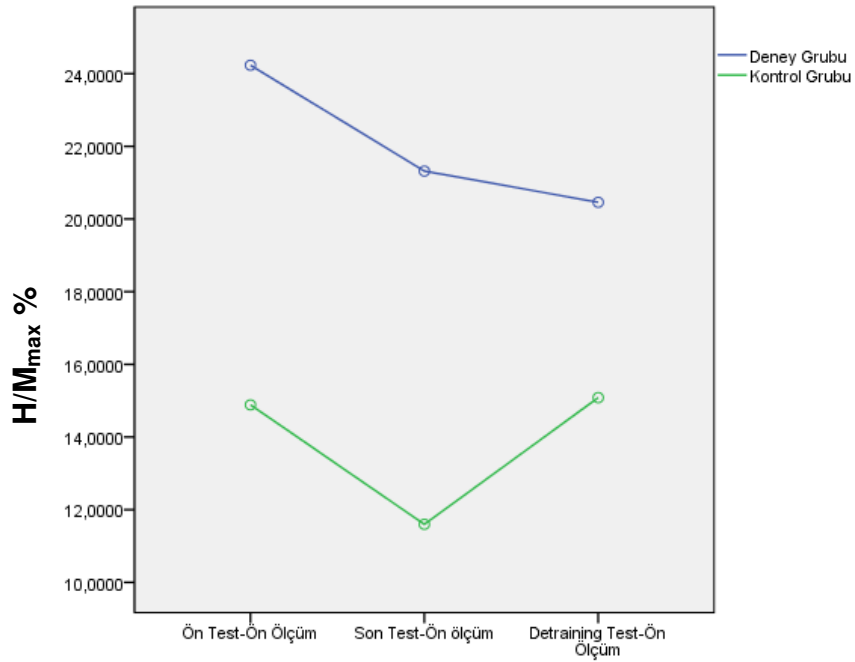
$H/M_{\max}$  değişkeni verilerinin normal dağılım göstermediği saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

Çizelge.4.7.  $H/M_{\max}$  değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi

| %               |            | Deney Grubu<br>n=18 | Kontrol Grubu<br>n=20 |
|-----------------|------------|---------------------|-----------------------|
| Ön Test         | TBV Öncesi | 24.23±18.04         | 14.88±12.19           |
| Son Test        | TBV Öncesi | 21.31±14.83         | 11.59±9.61            |
| Detraining Test | TBV Öncesi | 20.46±13.89         | 15.08±11.96           |
| Zaman (p=)      |            | 0.801               | 0.230                 |

\*  $P<0.05$       \*\*  $P<0.01$

$H/M_{\max}$  değişkeninin uzun süreli grup ve zaman etkileşimi incelendiğinde deney ve kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).



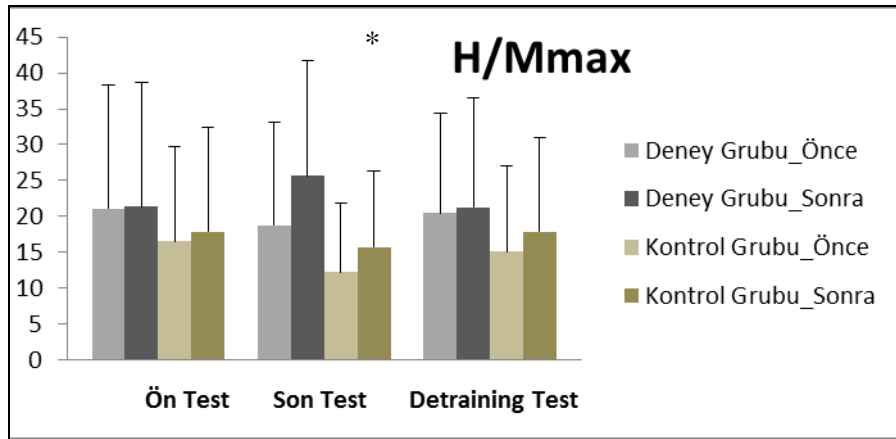
Şekil 4.3. Deney ve kontrol grubunun uzun süreli  $H/M_{\max}$  değişimi

**Çizelge.4.8.** H/M<sub>max</sub> değişkeninin kısa süreli değişimi

| %               | Ön Test     |       |             | Son Test    |               |               | Detraining Test |                |             |
|-----------------|-------------|-------|-------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|-------------|
|                 | ön          | p     | son         | ön          | p             | son           | ön              | p              | son         |
| Deney<br>n=23   | 21.08±17.29 | 0.523 | 21.38±17.37 | 18.75±14.30 | <b>0.00**</b> | 25.63±16.14   | 20.46±13.89     | 0.396          | 21.31±15.13 |
| p               | 0.439       |       | 0.464       | 0.101       |               | <b>0.018*</b> | 0.136           |                | 0.465       |
| Kontrol<br>N=25 | 16.50±13.28 | 0.192 | 17.84±14.56 | 12.27±9.63  | <b>0.00**</b> | 15.72±10.70   | 15.08±11.96     | <b>0.001**</b> | 17.89±13.14 |

\* P<0.05      \*\* P<0.01

Deney grubunun ön test ve detraining testinde uygulanan ön ve son ölçümlerinde anlamlı fark gözlenmezken, son testinde uygulanan ön ölçüm ve son ölçüm karşılaştırmasında anlamlı bir artış gözlenmiştir (p=0.00). Kontrol grubunun ön testinde uygulanan ön ve son ölçümlerinde anlamlı fark gözlenmezken, son test (p=0.000) ve detraining testte (p=0.001) kaydedilen ön ve son değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Deney ve kontrol gruplarının gruplar arası karşılaştırmasında ise; son testin son ölçümünde anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p=0.018).



**Şekil 4.4.** Deney ve kontrol grubunun kısa süreli H/M<sub>max</sub> değişimi

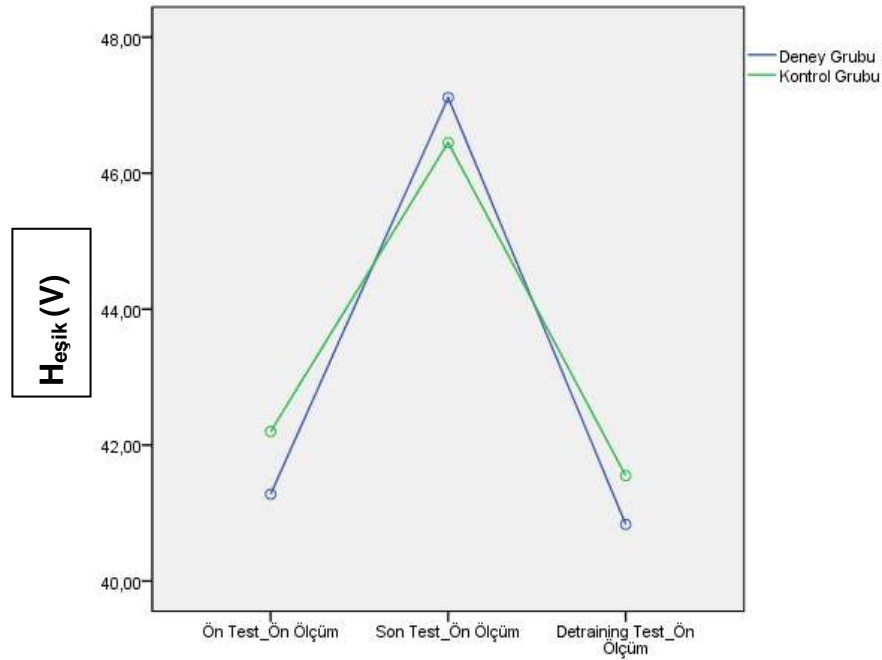
#### 4.2.4. $H_{eşik}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları

Çizelge.4.9.  $H_{eşik}$  değişkeninin uzun süreli grup ve zaman değişimi

| V               |            | Deney Grubu<br>n=18 | Kontrol Grubu<br>n=20 |
|-----------------|------------|---------------------|-----------------------|
| Ön Test         | TBV Öncesi | 41.27±25.24         | 42.20±15.50           |
| Son Test        | TBV Öncesi | 47.11±13.41         | 46.45±15.21           |
| Detraining Test | TBV Öncesi | 40.83±21.32         | 41.55±15.46           |
| Zaman (p=)      |            | 0.678               | 0.137                 |

\*  $P<0.05$       \*\*  $P<0.01$

$H_{eşik}$  değişkeni verilerinin istatistiksel analizinde normal dağılım göstermediği saptanmıştır ( $p<0.05$ ).  $H_{eşik}$  değişkeninin uzun süreli grup ve zaman etkileşimi incelendiğinde deney ve kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).



Şekil 4.5. Deney ve kontrol grubunun uzun süreli  $H_{eşik}$  değişimi

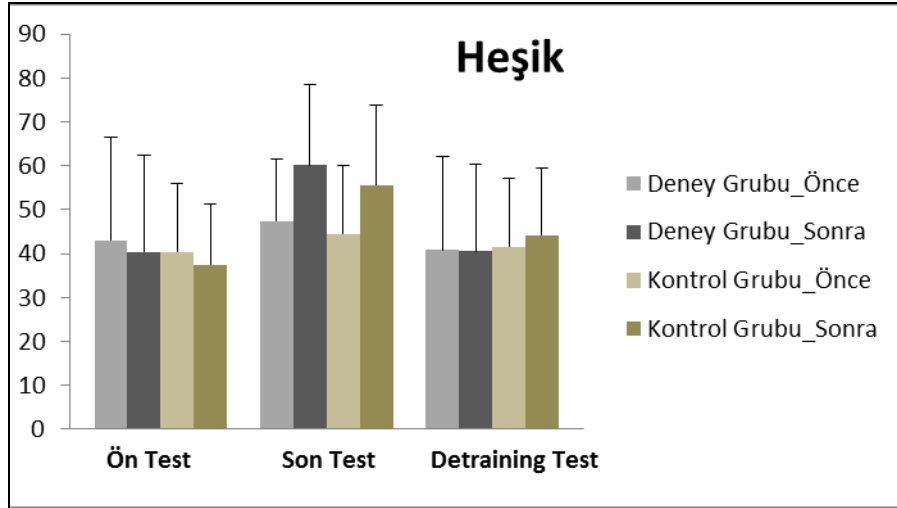
**Çizelge.4.10.**  $H_{eşik}$  değişkeninin kısa süreli değişimi

| v               | Ön Test     |               |             | Son Test    |                |             | Detraining Test |       |             |
|-----------------|-------------|---------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-------|-------------|
|                 | ön          | p             | son         | ön          | p              | son         | ön              | p     | son         |
| Deney<br>n=23   | 42.98±23.38 | <b>0.039*</b> | 40.40±21.88 | 47.39±14.22 | <b>0.000**</b> | 60.08±18.53 | 40.83±21.32     | 0.975 | 40.61±19.84 |
| p               | 0.926       |               | 0.926       | 0.475       |                | 0.402       | 0.364           |       | 0.266       |
| Kontrol<br>n=25 | 40.46±15.60 | 0.065         | 37.54±13.73 | 44.56±15.64 | <b>0.000**</b> | 55.58±18.37 | 41.55±15.46     | 0.085 | 44.20±15.23 |

\*  $P < 0.05$

\*\*  $P < 0.01$

Deney grubunun  $H_{eşik}$  değişkeninin kısa süreli değişimi ele alındığında, ön test ( $p=0.03$ ) ve son testlerin ( $p=0.00$ ) ön ölçüm ve son ölçümleri arasındaki karşılaştırmada anlamlı düzeyde fark olduğu, detraining testin ( $p=0.97$ ) ön ve son ölçümlerinde ise anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Kontrol grubunun kısa süreli değişiminde ise ön test ve detraining testte anlamlı fark gözlenmezken ( $p>0.05$ ) son testte anlamlı düzeyde fark olduğu görülmektedir. Deney ve kontrol gruplarının gruplar arası karşılaştırmasında ise 6 ölçümde de anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).



**Şekil 4.6.** Deney ve kontrol grubunun kısa süreli  $H_{eşik}$  değişimi

#### 4.2.5. $H_{latans}$ Değişkeninin Kısa ve Uzun Süreli Değişim Bulguları

**Çizelge.4.11.**  $H_{latans}$  değişkeninin grup ve zaman değişimi

| ms              |            | Deney Grubu<br>n=18           | Kontrol Grubu<br>n=20 |
|-----------------|------------|-------------------------------|-----------------------|
| Ön Test         | TBV Öncesi | 29.95±2.88                    | 31.86±2.64            |
| Son Test        | TBV Öncesi | 30.29±3.57                    | 31.21±2.31            |
| Detraining Test | TBV Öncesi | 30.43±4.03                    | 31.67±2.08            |
| Zaman           |            | $F_{(5,36)} = 0.882$ p= 0.494 |                       |
| Grup X Zaman    |            | $F_{(5,36)} = 0.704$ p= 0.621 |                       |
| Grup            |            | $F_{(1,36)} = 3.568$ p= 0.067 |                       |

\* P<0.05

\*\* P<0.01

$H_{latans}$  değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği (p>0.05), bir sonraki aşamada gösterilen küresellik testinde; zamana bağlı değişimde, grup zaman etkileşiminde ve gruplar arası değişimde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır

**Çizelge.4.12.**  $H_{latans}$  değişkeninin kısa süreli değişimi

| ms              | Ön Test        |       |                | Son Test   |       |            | Detraining Test |       |            |
|-----------------|----------------|-------|----------------|------------|-------|------------|-----------------|-------|------------|
|                 | ön             | p     | son            | ön         | p     | son        | ön              | p     | son        |
| Deney<br>n=23   | 29.36±2.96     | 0.143 | 28.94±3.11     | 29.73±3.63 | 0.644 | 29.54±2.91 | 30.43±4.03      | 0.271 | 29.37±4.34 |
| p               | <b>0.006**</b> |       | <b>0.006**</b> | 0.340      |       | 0.100      | 0.254           |       | 0.070      |
| Kontrol<br>n=25 | 31.74±2.74     | 0.743 | 31.63±3.38     | 30.62±2.74 | 0.466 | 30.88±2.59 | 31.67±2.08      | 0.611 | 31.53±2.25 |

\* P<0.05

\*\* P<0.01

$H_{latans}$  değişkeninin kısa süreli değişiminde, deney ve kontrol grubunun grup içi karşılaştırmasında, her 3 ölçümün ön ve son ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Deney ve kontrol gruplarının gruplar arası karşılaştırmasında ise ön testin ön ve son ölçümlerinde anlamlı fark olduğu görülmektedir (p<0.05).

### 4.3. Kassal Aktivasyon Bulguları

Kassal aktivasyon değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım göstermediği belirlenmiş ( $p<0.05$ ), buna bağlı olarak grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir.

#### 4.3.1. Deney Grubunun 3 Farklı Egzersiz Sırasında VL, VM, RF Kaslarının İEMG Ortalamalarının Zamana Bağlı Değişimi

**Çizelge.4.13.** Deney grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi

| $\mu V$<br>(n= 8) |    | Ön Test     | p     | Son Test    | p     | Detraining<br>Test |
|-------------------|----|-------------|-------|-------------|-------|--------------------|
| Tek bacak<br>110° | VL | 41.67±38.84 | 0.779 | 40.75±22.10 | 0.575 | 65.55±95.99        |
|                   | VM | 50.19±35.76 | 0.401 | 55.14±27.27 | 0.779 | 50.24±29.80        |
|                   | RF | 19.25±13.58 | 0.674 | 22.26±13.70 | 0.779 | 23.44±19.06        |
| Side Lunge        | VL | 38.30±22.03 | 0.401 | 53.97±43.26 | 0.575 | 41.60±21.0         |
|                   | VM | 81.80±50.11 | 0.327 | 68.58±44.31 | 0.889 | 57.35±23.12        |
|                   | RF | 25.50±13.98 | 0.208 | 38.16±27.14 | 0.263 | 31.76±11.61        |
| Tek bacak<br>180° | VL | 7.73±5.74   | 0.128 | 9.91±6.16   | 0.600 | 13.31±8.81         |
|                   | VM | 5.91±2.65   | 0.123 | 11.30±10.04 | 0.735 | 13.52±8.08         |
|                   | RF | 3.38±3.34   | 0.05  | 6.67±5.59   | 0.091 | 13.48±9.24         |

\*  $P<0.05$       \*\*  $P<0.01$

Deney grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi ele alındığında, yapılan analiz sonucunda Vastus Lateralis, Vastus Medialis ve Rectus Femoris kaslarının, ön test, son test ve detraining testlerinde, her üç egzersiz grubunda da istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

#### 4.3.2. Kontrol Grubunun 3 Farklı Egzersiz Sırasında VL, VM, RF Kaslarının İEMG Ortalamalarının Zamana Bağlı Değişimi

**Çizelge.4.14.** Kontrol grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi

| $\mu V$ (n= 8)    |    | Ön Test     | p             | Son Test    |
|-------------------|----|-------------|---------------|-------------|
| Tek bacak<br>110° | VL | 33.61±10    | 0.327         | 29.28±6.83  |
|                   | VM | 33.06±11.46 | 0.263         | 26.21±11.01 |
|                   | RF | 23.58±17.25 | 0.401         | 16.89±10.32 |
| Side Lunge        | VL | 41.88±12.97 | <b>0.017*</b> | 33.63±7.90  |
|                   | VM | 48.88±14.93 | 0.401         | 43.50±16.19 |
|                   | RF | 38.64±20.10 | 0.674         | 35.79±24.75 |
| Tek bacak<br>180° | VL | 8.91±5.09   | 0.173         | 4.86±3.70   |
|                   | VM | 7.07±3.75   | <b>0.018*</b> | 3.93±2.45   |
|                   | RF | 4.77±2.57   | 0.208         | 3.32±1.82   |

\* P<0.05

\*\* P<0.01

Kontrol grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi ele alındığında, yapılan ön test ile son test karşılaştırmasında side lunge egzersizinde vastus lateralis kas aktivasyonunun ve tek bacak 180°egzersizinde vastus medialis kas aktivasyonunda anlamlı bir azalma olduğu tespit edilmiştir (p<0.05).

#### 4.3.3. Deney ve Kontrol Grubunun 3 Farklı Egzersiz Sırasında VL, VM, RF Kaslarının İEMG Ortalamalarının Karşılaştırması

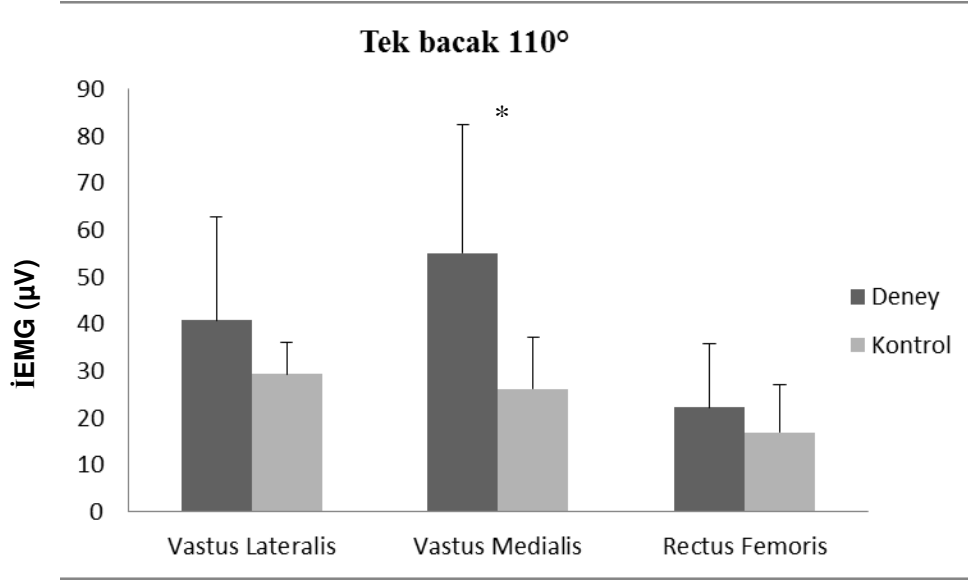
**Çizelge.4.15.** Deney ve kontrol grubunun İEMG ortalamalarının zamana bağlı değişimi

| $\mu V$<br>n=16  |         | VL          |             | VM          |               | RF          |             |
|------------------|---------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
|                  |         | ÖT          | ST          | ÖT          | ST            | ÖT          | ST          |
| Tek bacak<br>110 | Deney   | 41.67±38.84 | 40.75±22.10 | 50.19±35.76 | 55.14±27.27   | 19.25±13.58 | 22.26±13.70 |
|                  | P       | 0.834       | 0.462       | 0.248       | <b>0.027*</b> | 0.600       | 0.600       |
|                  | Kontrol | 33.61±10    | 29.28±6.83  | 33.06±11.46 | 26.21±11.01   | 23.58±17.25 | 16.89±10.32 |
| Side Lunge       | Deney   | 38.30±22.03 | 53.97±43.26 | 81.80±50.11 | 68.58±44.31   | 25.50±13.98 | 38.16±27.14 |
|                  | P       | 35.79±24.75 | 0.600       | 0.141       | 0.208         | 0.172       | 0.753       |
|                  | Kontrol | 41.88±12.97 | 33.63±7.90  | 48.88±14.93 | 43.50±16.19   | 38.64±20.10 | 35.79±24.75 |
| Tek Bacak<br>180 | Deney   | 7.73±5.74   | 9.91±6.16   | 5.91±2.65   | 11.30±10.04   | 3.38±3.34   | 6.67±5.59   |
|                  | P       | 0.519       | 0.064       | 0.600       | <b>0.037*</b> | 0.208       | 0.345       |
|                  | Kontrol | 8.91±5.09   | 4.86±3.70   | 7.07±3.75   | 3.93±2.45     | 4.77±2.57   | 3.32±1.82   |

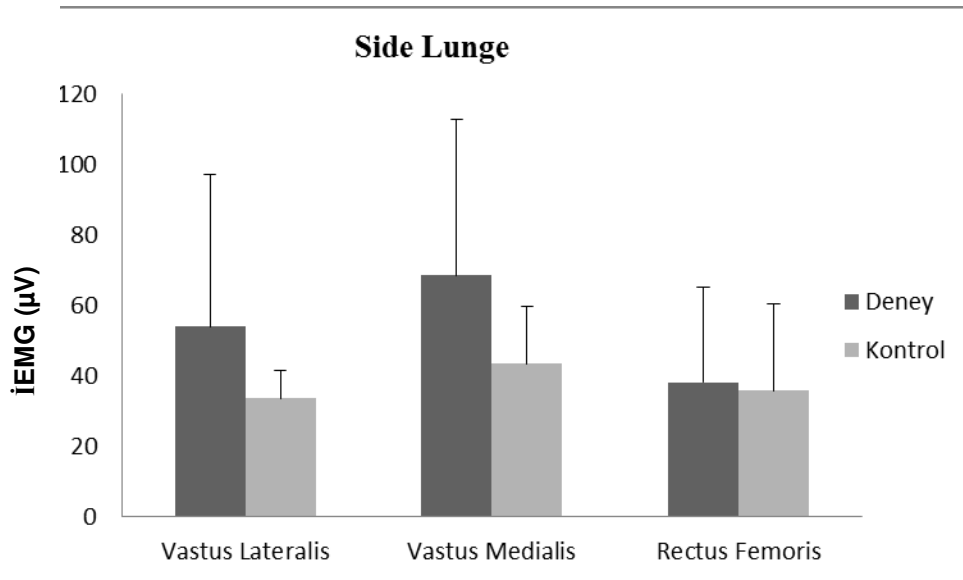
\* P<0.05

\*\* P<0.01

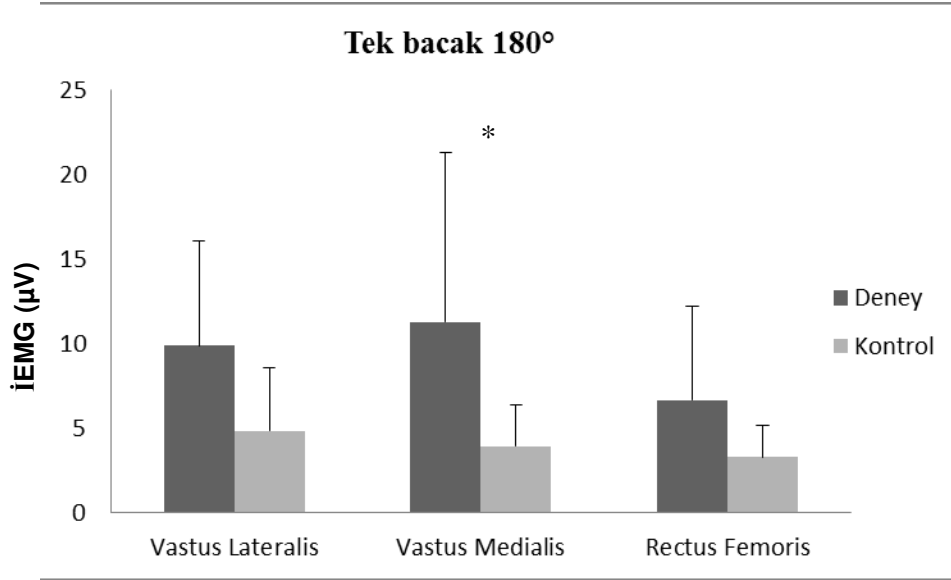
İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırmasında, tek bacak 110° ve tek bacak 180° derece egzersizlerinin son test ölçümlerinde vastus medialis kasal aktivasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 4.7.** On iki haftalık TBV antrenmanından sonra tek bacak 110° egzersizi sırasında VL, VM, RF kaslarının İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırması



**Şekil 4.8.** On iki haftalık TBV antrenmanından sonra side lunge egzersizi sırasında VL, VM, RF kaslarının İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırması



**Şekil 4.9.** On iki haftalık TBV antrenmanından sonra tek bacak 180° egzersizi sırasında VL, VM, RF kaslarının İEMG ortalamalarının deney ve kontrol grubu karşılaştırması

#### 4.4. İzokinetik Kuvvet Bulguları

##### 4.4.1. Diz Ekstansiyon Kuvveti Bulguları

Çalışmaya katılan bireylere Cybex Bilgisayarlı İzokinetik Dinamometre ile izokinetik kuvvet testi uygulanmış grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir.

**Çizelge.4.16.** Diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişkeninin grup ve zaman değişimi

| Nm              | DENEY n=18                       | KONTROL n=20 |
|-----------------|----------------------------------|--------------|
| Ön Test         | 269.72±90.95                     | 273.90±55.29 |
| Son Test        | 365.72±82.35                     | 264.35±50.82 |
| Detraining Test | 317.00±79.78                     | 252.70±53.95 |
| Zaman           | $F_{(2,35)}=15.406, p=,000^{**}$ |              |
| Grup X Zaman    | $F_{(2,35)}=22.465 p=,000^{**}$  |              |
| Grup            | $F_{(1,36)}=6.746 p=,014^*$      |              |

\*  $P<0.05$  \*\*  $P<0.01$

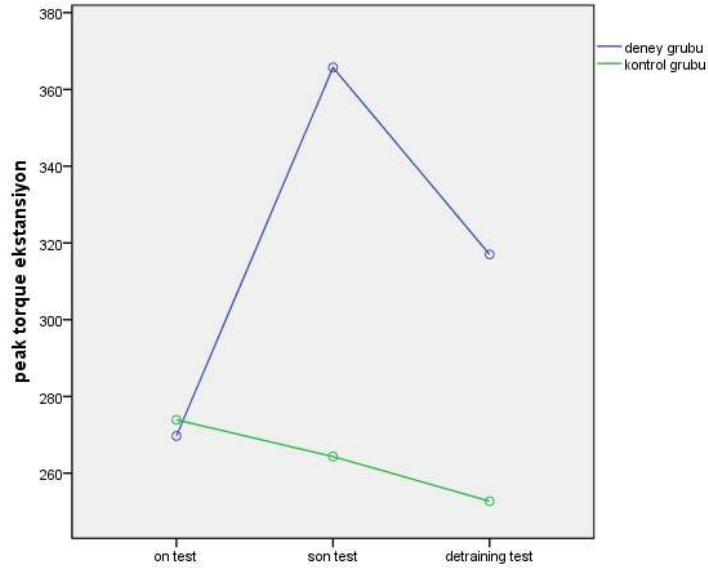
Diz ekstansiyon kuvveti değişkeninin istatistiksel analizinde, normal dağılım gösterdiği ( $p>0.05$ ), bir sonraki aşamada gösterilen küresellik testinde, zamana bağlı değişimde, grup zaman etkileşiminde ve gruplar arası değişimde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Zaman içerisinde gerçekleşen grup farkının hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için gruplar kendi içinde değerlendirmeye alınmıştır.

**Çizelge 4.17.**Diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişkeninin zamana bağlı değişimi

| Nm              | ÖT           | p               | ST           | p                | DTT          | p                |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
| Deney<br>n=23   | 263.57±94.43 | <b>p=0.00**</b> | 351.43±89.11 | <b>p=0.001**</b> | 317.00±79.78 | <b>p=0.007**</b> |
| p               | p=0.770      |                 | p=0.000**    |                  | p=0.006**    |                  |
| Kontrol<br>n=25 | 270.64±71.43 | p=0.170         | 262.00±65.66 | <b>p=0.002**</b> | 252.70±53.95 | <b>p=0.014*</b>  |

\* P<0.05      \*\* P<0.01

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda deney grubu ile kontrol grubu arasında son test ve detraining testte anlamlı fark olduğu görülmektedir. Deney grubunda 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında diz ekstansiyon kuvvetinde anlamlı bir artış görülürken (p=0.00) detraining dönemi sonrasında (p=0.001) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma görülmektedir. Deney grubunun ön test ile detraining test değerleri karşılaştırıldığında izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu saptanmıştır (p=0.007). Kontrol grubunda ön test ile son test değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Son test ile detraining test ve detraining test ile ön test değerleri karşılaştırıldığı zaman istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir. Deney grubu ile kontrol grubunun zamana bağlı değişimi incelendiğinde, ön testte anlamlı fark olmadığı (p=0.77), son testte ve detraining testte istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır (p<0.05).



**Şekil 4.10.**Deney ve kontrol grubunun diz ekstansiyon kuvveti zirve tork değişimi

#### 4.4.2. Diz Fleksiyon Kuvveti Bulguları

**Çizelge.4.18.** Diz fleksiyon kuvveti zirve tork değişkeninin grup ve zaman değişimi

| Nm              | DENEY<br>n=18                         | KONTROL<br>n=20 |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Ön Test         | 129.61±49.37                          | 139.20±42.58    |
| Son Test        | 225.83±73.20                          | 151.80±36.71    |
| Detraining Test | 168.44±50.19                          | 137.45±37.95    |
| Zaman           | $F_{(2,35)}=23.739$ , <b>p=,000**</b> |                 |
| Grup X Zaman    | $F_{(2,35)}=14.003$ <b>p=,000**</b>   |                 |
| Grup            | $F_{(1,36)}=5.285$ <b>p=,027*</b>     |                 |

\* P<0.05

\*\* P<0.01

Diz fleksiyon kuvveti değişkeninin istatistiksel analizinde, normal dağılım gösterdiği ( $p>0.05$ ), bir sonraki aşamada gösterilen küresellik testinde; zamana bağlı değişimde  $F_{(2,35)}=23.739$ ,  $p=,000$ , grup zaman etkileşiminde  $F_{(2,35)}=14.003$   $p=,000$  ve gruplar arası değişimde  $F_{(1,36)}=5.285$   $p=,027$  istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır. Zaman içerisinde gerçekleşen grup farkının hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için gruplar kendi içinde değerlendirmeye alınmıştır.

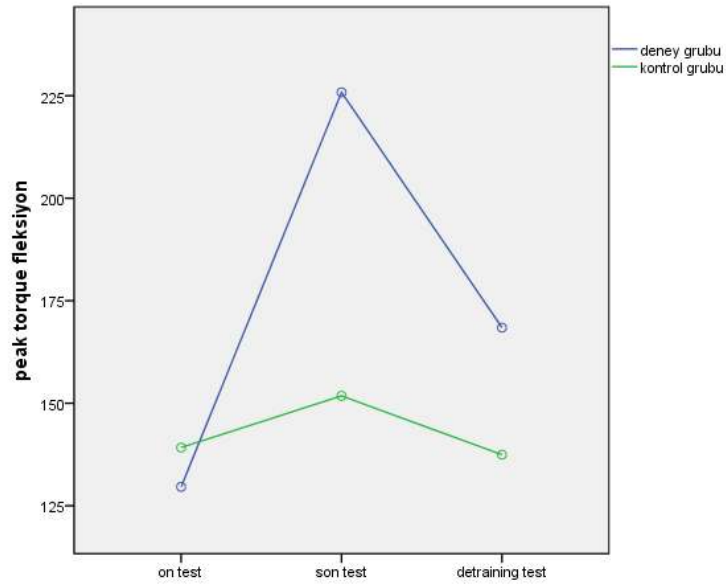
**Çizelge.4.19.** Diz fleksiyon kuvveti zirve tork değişkeninin zamana bağlı değişimi

| Nm      | ÖT           | p                | ST               | p                | DTT             | p                |
|---------|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Deney   | 133.26±49.46 | <b>p=0.000**</b> | 225.83±73.20     | <b>p=0.000**</b> | 168.44±50.18    | <b>p=0.000**</b> |
| p       | p=0.744      |                  | <b>p=0.000**</b> |                  | <b>p=0.037*</b> |                  |
| Kontrol | 137.60±42.14 | p=0.090          | 151.80±36.72     | p=0.082          | 137.45±37.95    | p=0.839          |

\* P<0.05

\*\* P<0.01

Deney grubu ile kontrol grubu arasında son test ve detraining testte anlamlı fark olduğu görülmektedir. Deney grubunda 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında diz fleksiyon kuvvetinde anlamlı bir artış görülürken ( $p=0.00$ ) detraining dönemi sonrasında ( $p=0.00$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma görülmektedir. Deney grubunun ön test ile detraining test değerleri karşılaştırıldığında izokinetik diz fleksiyon kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu saptanmıştır ( $p=0.00$ ). Kontrol grubunda ön test ile son test değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ( $p=0.09$ ). Son test ile detraining test ve detraining test ile ön test değerleri karşılaştırıldığı zaman istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmektedir. Deney grubu ile kontrol grubunun zamana bağlı değişimi incelendiğinde, ön testte anlamlı farkın olmadığı ( $p=0.74$ ), son testte ve detraining testte istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ).



Şekil 4.11. Deney ve kontrol grubunun diz fleksiyon kuvveti zirve tork değişimi

#### 4.5. Statik Denge Bulguları

Çalışmaya katılan bireylere Sporkat 2000 cihazı ile statik denge testi uygulanmış grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir.

Çizelge 4.20. Statik dengede grup ve zaman değişimi

| Hata skoru      | DENEY<br>n=18                     | KONTROL<br>n=20 |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
| Ön Test         | 439.33±237.95                     | 512.95±197.20   |
| Son Test        | 282.28±86.82                      | 445.35±224.26   |
| Detraining Test | 459.78±178.46                     | 521.85±199.83   |
| Zaman           | $F_{(2,35)}=11.031, p=0.000^{**}$ |                 |
| Grup X Zaman    | $F_{(2,35)}=1.746, p=0.189$       |                 |
| Grup            | $F_{(1,36)}=3.708, p=0.062$       |                 |

\*  $P<0.05$  \*\*  $P<0.01$

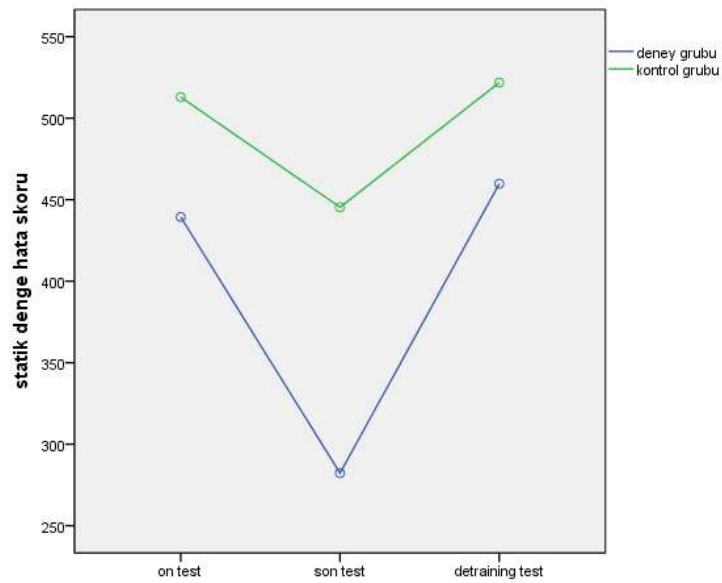
Statik denge verilerinin istatistiksel analizinde normal dağılım gösterdiği, bir sonraki aşamada gösterilen küresellik testinde zamana bağlı değişimde anlamlı fark görüldüğü, grup zaman etkileşiminde ve gruplar arasında anlamlı fark görülmediği belirlenmiştir. Kontrol ve deney gruplarının zamana bağlı değişim yapısının birbirinden farklı olduğu ancak grup zaman etkileşiminin yapısında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.

**Çizelge.4.21.** Statik denge değişkeninin zamana bağlı değişimi

| Hata Skoru   | ÖT            | p                | ST               | p                | DTT           | p       |
|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------|
| Deney n=23   | 412.78±217.13 | <b>p=0.002**</b> | 282.28±86.81     | <b>p=0.001**</b> | 459.78±178.45 | p=0.672 |
| p            | 0.172         |                  | <b>p=0.001**</b> |                  | p=0.321       |         |
| Kontrol n=25 | 496.36±200.21 | p=0.122          | 445.35±213.66    | p=0.114          | 521.85±199.83 | p=0.85  |

\* P<0.05      \*\* P<0.01

Zaman içerisinde gerçekleşen grup farkının hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için gruplar kendi içinde değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda son testte deney grubu statik denge hata skoru ile kontrol grubu hata skoru arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanı sonrasında yapılan son test ölçümünde deney grubunun statik denge hata skoru kontrol grubundan anlamlı olarak daha düşük olduğu bulunmuştur. Deney ve kontrol gruplarının statik denge ön test ve detraining testinde anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir. Gruplar kendi içerisinde değerlendirildiğinde kontrol grubunun ön test, son test ve detraining test değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir. Deney grubunun ön test ile son test değerleri incelendiğinde statik denge hata skoru istatistiksel olarak anlamlı azalma gösterirken, detraining hata skoru değeri, son test hata skoru değerinden anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ön test ve detraining statik denge test değerlerinin karşılaştırılmasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).



**Şekil 4.12.** Kontrol ve deney grubundaki statik denge değişimi

#### 4.6. Dinamik Denge Bulguları

Dinamik denge değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım göstermediği ( $p<0.05$ ), buna bağlı olarak gruplar arası zamana bağlı değişimi incelenmiştir.

**Çizelge 4.22.** Dinamik denge değişkeninin zamana bağlı değişimi

| Hata skoru      | ÖT              | P               | ST              | P              | DTT             | p      |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|--------|
| Deney<br>n=23   | 1561.26±336.07  | <b>p=,001**</b> | 1268,26±190,27  | <b>p=,028*</b> | 1403,78±247,34  | p=,127 |
| p               | p=,384          |                 | <b>p=,016*</b>  |                | p=,826          |        |
| Kontrol<br>n=25 | 1480,96±297,121 | p=,700          | 1446,44±293,949 | p=,528         | 1387,05±218,092 | p=,243 |

\*  $P<0.05$

\*\*  $P<0.01$

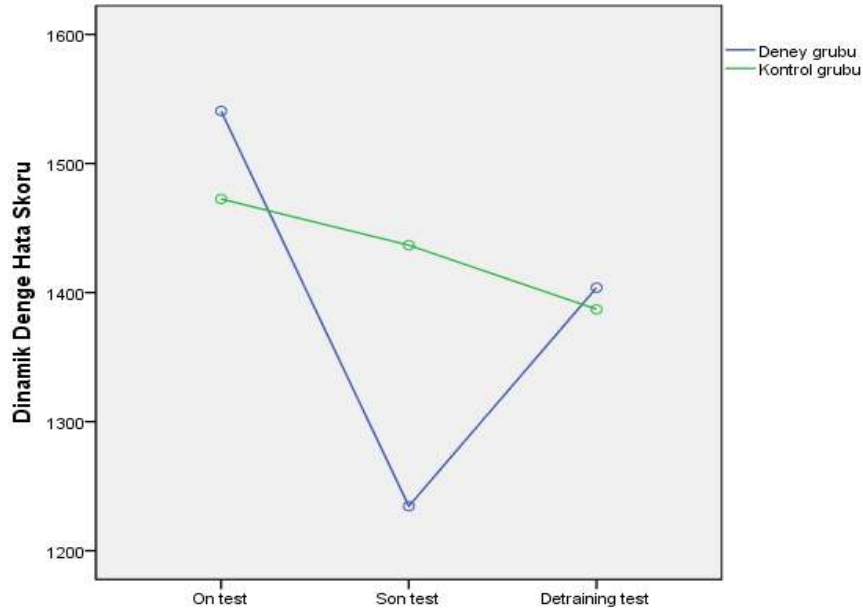
Deney grubunun ön test ile son test arasında ve son test ile detraining test arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir. Deney grubunda dinamik denge hata skorunun 12 haftalık TBV antrenmanından sonra istatistiksel olarak anlamlı derecede azalma olduğu ( $p=0.001$ ), detraining dönemi sonunda ise anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir( $p=0.028$ ). Kontrol grubunda ön test ile son test, son test ile detraining test arasında anlamlı fark gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Deney ve kontrol grubunun gruplar arası zamana bağlı değişimi incelendiğinde ön test ve detraining testte anlamlı fark gözlenmezken, son testte istatistiksel olarak anlamlı fark görülmektedir ( $p=0.016$ ). Dinamik denge değişkeninde grup zaman etkileşimi incelendiğinde deney ve kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.23.** Dinamik Denge grup ve zaman değişimi

| Hata skoru      | DENEY<br>n=18  | KONTROL<br>n=20 |
|-----------------|----------------|-----------------|
| Ön Test         | 1541.67±361.08 | 1472.50±284.79  |
| Son Test        | 1234.50±164.00 | 1436.70±312.26  |
| Detraining Test | 1403.78±247.34 | 1387.05±247.34  |
| Zaman (p=)      | 0.056          | 0.711           |

\*  $P<0.05$

\*\*  $P<0.01$



Şekil 4.13. Kontrol ve deney grubundaki dinamik denge değişimi

#### 4.7. Görsel Ayak Reaksiyon Zamanı Bulguları

Çalışmaya katılan bireylere New Test 2000 bataryası ile görsel ayak reaksiyon testi uygulanmış grup ve zamana bağlı değişimler analiz edilmiştir. Görsel ayak reaksiyon değişkeninin istatistiksel analizinde normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

Çizelge.4.24. Ayak Reaksiyon zamanı değişkeninin grup ve zaman değişimi

| ms              | Deney Grubu<br>n=18 | Kontrol Grubu<br>n =20 |
|-----------------|---------------------|------------------------|
| Ön Test         | 260.61±65.59        | 299.48±79.56           |
| Son Test        | 237.26±32.40        | 326.52±90.59           |
| Detraining Test | 268.90±70.94        | 362.85±116.39          |
| Zaman (p=)      | <b>0.024*</b>       | <b>0.024*</b>          |

\*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$

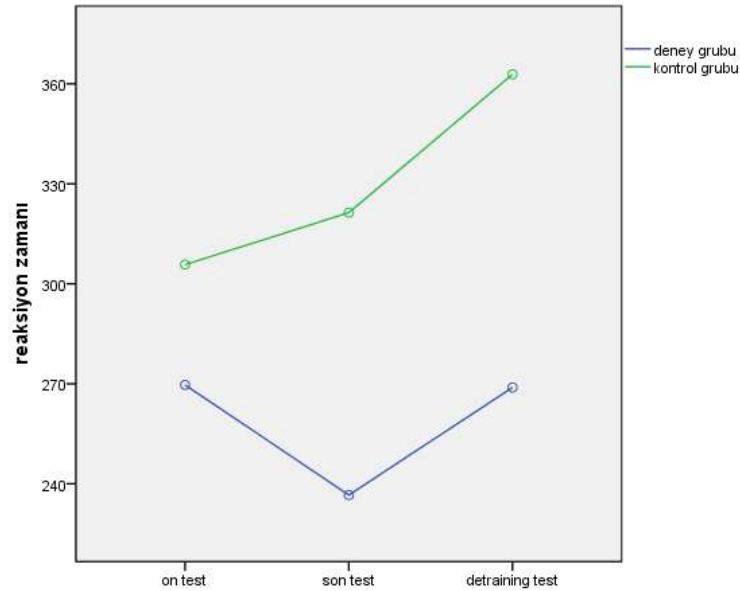
Görsel ayak reaksiyon zamanı değişkeninin grup ve zaman etkileşimi incelendiğinde deney ve kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Zaman içerisinde gerçekleşen grup farkının hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için gruplar kendi içinde değerlendirmeye alınmıştır.

**Çizelge 4.25.** Ayak Reaksiyon zamanı değişkeninin zamana bağlı değişimi

| ms              | ÖT           | P              | ST              | P      | DTT             | p               |
|-----------------|--------------|----------------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|
| Deney<br>n=23   | 260.61±65.59 | <b>p=0.02*</b> | 237.26±32.40    | p=0.23 | 268.90±70.94    | p=0.56          |
| p               | p=0.07       |                | <b>p=0.00**</b> |        | <b>p=0.00**</b> |                 |
| Kontrol<br>n=25 | 299.48±79.56 | p=0.24         | 326.52±90.59    | p=0.09 | 362.85±116.39   | <b>p=0.00**</b> |

\* P<0.05      \*\* P<0.01

Deney grubunun ön test ve son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu ( $p=0.02$ ) son test ile detraining test ve ön test ile detraining test karşılaştırmasında ise anlamlı fark olmadığı görülmektedir ( $p>0.05$ ). Kontrol grubunun ön test ile son test, son test ile detraining test arasında anlamlı fark görülmediği, detraining test ile ön test arasında ise anlamlı fark olduğu görülmektedir ( $p=0.00$ ). Ayak reaksiyon zamanı değişkeninin gruplar arasında zamana bağlı değişimi incelendiğinde; son test ve detraining testte anlamlı fark görüldüğü ( $p=0.00$ ), ön testte ise istatistiksel olarak anlamlı fark görülmediği belirlenmiştir.



**Şekil 4.14.** Deney ve kontrol grubundaki ayak reaksiyon zamanı değişimi

## TARTIŞMA

Tüm beden vibrasyonunda nöromuskuler performansı belirlemek için genellikle kuvvet, denge, kassal aktivasyon, Hoffmann refleksi gibi değişkenler ele alınmıştır (19,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90). Literatürde TBV ile ilgili uzun süreli yapılmış olan sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışmanın orijinal parametresini, Tonik Vibrasyon Refleksi temelli Tüm Beden Vibrasyon antrenmanlarının spinal reflekslerden olan Hoffmann refleksi üzerine etkisidir. Bu tür refleks arkı üzerinden uygulanan uyarıların, kasın elektrofizyolojik yapısını değiştirebileceği ve bu değişimin de kas içi ve kaslar arası koordinasyonu üzerinde etkin olabileceği varsayılmıştır.

Bu varsayıma göre, çalışmanın amacı; 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının H refleksi üzerine olan uzun ve kısa süreli etkilerinin ve detraining adaptasyonunun incelenmesidir. Çalışmanın alt amaçları ise 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının ve detraining adaptasyonunun;

- 1) Statik ve dinamik denge üzerine etkisini belirlemektir.
- 2) İzokinetik kuvvet üzerine olan etkisini belirlemektir.
- 3) Elektromiyografik kassal aktivasyon üzerine olan etkisini belirlemektir.
- 4) Görsel ayak reaksiyon sürati üzerine olan etkisini belirlemektir.

Bu amaçla tartışma bölümü, ele alınan değişkenler göz önünde bulundurularak alt başlıklar halinde düzenlenmiştir.

### 5.1. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının H refleksi Üzerine Etkileri

#### 5.1.1. Kısa Süreli Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının H Refleksi Üzerine Etkileri

Grup içi test sonuçlarına göre; deney grubunda gerçekleştirilen son testin ön ile son ölçüm karşılaştırmasında  $H_{max}$  değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir. Deney grubunun ön test ve detraining testinde ise anlamlı bir değişim görülmemiştir. Son testte belirlenen anlamlı değişimin 12 haftalık TBV antrenmanının kümülatif etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol grubunun  $H_{max}$  değerinin istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise son test ve detraining testte gerçekleştirilen TBV öncesi ve sonrası karşılaştırmalarda anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise son testin ön ve son ölçümlerinde  $H_{max}$  değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Ortaya çıkan anlamlı değişim deney grubunun daha

yüksek amplitüd değerine sahip olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Araştırmamıza benzer olarak gerçekleştirilen Sayenko ve ark.'larının yaptığı araştırmaya spinal kord rahatsızlığı bulunmayan 8 birey katılmıştır. 1 mm genlik ve 35 Hz frekans ile uygulanan 1 dakikalık TBV antrenmanı öncesinde, sırasında ve sonrasında H refleksi testi yapılmıştır. TBV sırasında H refleksi istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalırken ( $p < 0.05$ ), TBV antrenmanından sonra H refleksi değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır ( $p = 0.01$ ). Sonuç olarak TBV sırasında H refleksinin presinaptik inhibisyona bağlı olarak azaldığı, TBV sonrasında ise motor nöron uyarılabilirliğindeki artışa bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmiştir (91). Çalışmamızda ise; kısa süreli uygulanan TBV antrenmanının  $H_{max}$  verilerine ait bulguların literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

Grup içi ve gruplar arası istatistiksel analiz sonuçlarına göre M yanıt amplitüdünün maksimum değeri ( $M_{max}$ ) 6 ölçüm sürecinde de istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği belirlenmiştir.

Grup içi test sonuçları incelendiğinde; deney grubunda gerçekleştirilen son testin ön ve son ölçümlerinde  $H/M_{max}$  değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir. Ölçüm karşılaştırmasında deney grubunun ön test ve detraining testinde ise anlamlı bir değişim görülmemiştir. Son testte belirlenen anlamlı değişimin 12 haftalık TBV antrenmanının kümülatif etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol grubunun  $H/M_{max}$  değerinin istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise son test ve detraining testinde gerçekleştirilen önce ve sonra karşılaştırmasında ise anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise son testin son ölçümünde  $H/M_{max}$  değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. Ortaya çıkan anlamlı değişim deney grubunun daha yüksek amplitüd değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Grup içi test sonuçlarına göre deney grubunda gerçekleştirilen ön test ve son testin ön ve son ölçümlerinde  $H_{eşik}$  değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Deney grubunun detraining testinde ise anlamlı bir değişim görülmemiştir. Kontrol grubunun  $H_{eşik}$  değerinin istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise son testte gerçekleştirilen önce ve sonra ölçümlerde anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise  $H_{eşik}$  değişkeni açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır. Deney grubunun ön test önce ve sonra yapılan ölçümlerde 1 dakikalık Tüm beden vibrasyonunun  $H_{eşik}$  değerini anlamlı olarak azalttığı belirlenmiştir. Bizim çalışmamıza benzer olarak gerçekleştirilen Nishihira ve arkadaşlarının 2002 yılında yaptığı araştırmaya yaşları 19-28 yıl arasında değişen 17 sağlıklı birey katılmıştır. 3 dakikalık 3 setten oluşan 2-4 mm genliğine sahip ve 25 Hz frekans ile uygulanan TBV antrenmanından sonra H refleksi ölçümü yapılmıştır. Kısa süreli uygulanan

TBV antrenmanından sonra  $H/M_{\max}$  ve  $M_{\max}$  değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu belirlemişlerdir.  $H_{\text{eşik}}$  ve  $M_{\text{eşik}}$  değerlerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak kısa süreli uygulanan TBV antrenmanının motor nöron uyarılabilirliğini artırdığı saptamışlardır (92). Çalışmamızın bulguları literatür bilgisi ile paralellik göstermiştir. Ancak 12 haftalık TBV antrenmanından sonra  $H_{\text{eşik}}$  değeri artış göstermiştir. Bunun da TBV antrenmanının kümülatif etkisinden kaynaklanmış olacağı düşünülmektedir.

Grup içi ve gruplar arası istatistiksel analiz sonuçlarına göre  $H_{\text{latans}}$  değerinin 6 ölçüm sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği belirlenmiştir.

Farklı protokoller ve gruplar üzerinde gerçekleştirilen ve çalışmamızın sonuçlarını kısmen ya da bütünüyle desteklediği düşünülen sonuçları içeren çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Armstrong ve ark.'larının 2008 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $19.0 \pm 1.0$  yıl olan 19 katılımcı dahil edilmiştir. 1 dakika boyunca uygulanan TBV antrenmanını 2-4 mm genlik ve 40 Hz frekans protokolü ile uygulamışlardır. Sonuç olarak antrenmandan önce ve sonra yapılan ölçümlerde  $H_{\max}$  ve  $M_{\max}$  değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığını tespit etmişlerdir (93).

McBride ve ark.larının 2009 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $22,6 \pm 2,2$  yıl olan 19 sağlıklı erkek katılmıştır. 30sn x 3 set uygulanan TBV 3.5mm genlik ve 30 Hz frekans ile düzenlenmiştir. TBV antrenmanından önce ve sonra uygulanan H refleksi test sonuçlarına göre  $H/M_{\max}$  değerinde ortaya çıkan değişim istatistiksel olarak anlamlı değildir (87).

Apple ve ark.larının yaptığı araştırmaya yaşları 21-41 yıl arasında değişen 27 sağlıklı birey katılmıştır. 2-4mm genlik ve 40 Hz frekansı ile 3 dakika boyunca uygulanan TBV antrenmanından önce ve sonra H refleksi ölçümü yapılmıştır. Sonuç olarak H refleksi amplitüdü istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalmıştır ( $p < 0.05$ ) (94).

Kipp ve ark.larının 2011 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $7,4 \pm 4,4$  yıl olan 20 sağlıklı birey katılmıştır. 2-4 mm genlik ve 25 Hz frekansında 5 dakika uygulanan TBV antrenmanı öncesinde ve sonrasında H refleksi ölçümü yapılmıştır. TBV antrenmanından 1 dakika sonra H reflekte istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ortaya çıkmıştır ( $p < 0.05$ ). Sonuç olarak TBV antrenmanının motor nöron uyarılabilirliğini azalttığı sonucuna varmışlardır (46).

### **5.1.2. Uzun Süreli Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının H Refleks Üzerine Etkileri**

Yapılan literatür taraması sonucunda uzun süreli TBV antrenmanının H refleks üzerine etkileri ile ilgili yapılan bir çalışmaya rastlandığından elde edilen değerlerden sadece  $H_{max}$  değerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Grup içi test sonuçlarına göre deney ve kontrol grubunun H refleks amplitüdünün maksimum değerinin ( $H_{max}$ ) 3 ölçüm sürecinde de istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değişmediği belirlenmiştir.

Hong ve ark.larının 2010 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $24,27 \pm 5,97$  yıl olan 40 sağlıklı birey katılmıştır. Katılımcılar 4 hafta boyunca haftada 3 defa 5 mm genlik ve 20 Hz frekans ile uygulanan 2 dakikalık TBV antrenmanına katılmışlardır. 4 haftalık TBV antrenmanı sonrasında H refleks amplitüdünde %32 oranında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptanmıştır ( $p=0.01$ ) Sonuç olarak TBV presinaptik inhibisyonu azaltarak uyarılmış sinaptik girişi artırdığını ve böylece motor nöron uyarılabilirliğinin arttığını, bu durumda daha yüksek eşik değerine sahip olan motor üniteler devreye girerek maksimal istemli kasılmada artış görülebileceğini savunmuşlardır (95). Bu araştırma çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir. Bunun nedeni ise; farklı TBV antrenmanı protokolünden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Grup içi istatistiksel analiz sonuçlarına göre  $M_{max}$ ,  $H/M_{max}$ ,  $H_{eşik}$  ve  $H_{latans}$  değişkenlerinin 3 ölçüm sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği belirlenmiştir.

### **5.2. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Kassal Aktivasyon Üzerine Etkileri**

Grup içi test sonuçlarına göre deney grubunda, 3 hareket sırasında kaydedilen vastus lateralis, vastus medialis ve rectus femoris kas aktivasyonlarının İEMG değerlerinde 3 ölçüm sürecinde de istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığı belirlenmiştir.

Kontrol grubunun istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise, side lunge hareketi sırasında vastus lateralis kas aktivasyonunun ön test ile son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Ancak bu anlamlı farkın son test değerindeki azalma eğilimden kaynaklandığı görülmektedir. Tek bacak 180° hareketi sırasında ise, vastus medialis kas aktivasyonunun ön test ile son test karşılaştırmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlenmiştir. Bu farkın son test İEMG değerinin azalma eğilimden kaynaklandığı görülmektedir.

Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise, tek bacak 110° hareketi sırasında vastus medialis kas aktivasyonunun son test ölçümünde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu anlamlı farkın, deney grubunun kontrol grubundan İEMG değerinin daha yüksek olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tek bacak 180° hareketi sırasında vastus medialis kas aktivasyonunun son testinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir. Bu anlamlı farkın deney grubunun İEMG değerinin daha fazla olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Side lunge hareketi sırasında her 3 kas grubunda gruplar arası karşılaştırmada anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak 12 haftalık TBV sonrasında tek bacak 110° hareketi ve tek bacak 180° hareketi sırasında kaydedilen vastus medialis kas aktivasyonunda (İEMG) anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir.

Araştırmamıza benzer olarak gerçekleştirilen bir çalışmada ise 12 haftalık TBV antrenmanının rectus femoris ve gastrokinemius kasları üzerine olan etkisi incelenmiştir. Araştırmaya yaş ortalamaları  $21.5 \pm 1.9$  yıl olan 53 genç bayan katılımcı dâhil edilmiştir. Katılımcılar randomize bir şekilde TBV grup (n=20), plasebo grup (n=20), kontrol grup (n=13) olarak ayrılmıştır. TBV grubu ve plasebo grubu 12 haftalık haftada üç defa gerçekleştirilen TBV antrenmanına katılmışlardır ancak TBV grubu 2,5-5mm genliğine sahip ve 35-40 hz ile değişen TBV antrenmanı uygularken, plasebo grubu genliği düşürülmüş antrenman yoğunluğu EMG aktivitesinde artış olmayacak şekilde belirlenen antrenman programına katılmıştır. 12 haftalık TBV antrenmanının öncesinde ve sonrasında EMG kas aktivasyonu rectus femoris ve gastrokinemius kaslarından kayıt edilmiştir. Sonuç olarak; rectus femoris kas aktivasyonunda anlamlı bir değişim görülmezken, gastrokinemius kasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim saptanmıştır. Bu anlamlı değişim EMGrms değerlerindeki artıştan kaynaklandığı belirlenmiştir. TBV ile ortaya çıkan TVR'nin yüksek eşikli motor ünitelerin aktivasyonunu ve refleks duyarlılığını artırması nedeniyle EMG aktivitesinde artış görülebileceği üzerinde durmuşlardır. (41).

Ruiter ve ark.'larının 2003 yılında yaptığı araştırmaya fiziksel olarak aktif, yaş ortalamaları  $19.9 \pm 0.6$  olan 20 sağlıklı katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcılar deney grubu (n=10), kontrol grubu (n=10) olarak ayrılmıştır. Deney grubu 11 hafta boyunca haftada 3 defa 1 dakikalık yüklenme ve dinlenme uygulamasıyla 5-8 setten oluşan 30 Hz frekansında ve 8 mm amplitüdünde TBV antrenmanı yapmışlardır. Katılımcılardan vibrasyon öncesi, sırası ve sonrasında, diz ekstansör kaslarından EMG aktivasyonu kayıt edilmiştir. Sonuç olarak sağlıklı genç katılımcılarda yapılan 11 haftalık TBV antrenmanı sonucunda EMG %MVC değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olmadığı saptanmıştır. Antrenman yoğunluğunu belirleyen

parametrelerin yetersiz olmasından dolayı antrenman etkisinin eksik görülebileceği düşünülmüştür (83).

Roelant ve ark.'larının 2006 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $21.8 \pm 0.8$  yıl olan 15 birey katılmıştır. Katılımcılardan, 3 farklı hareketi ( high squat, low squat ve tek bacak squat) uygularken vastus lateralis, vastus medialis ve rectus femoris kaslarından EMG aktivitesi kayıt edilmiştir. Deney grubu 35 Hz ve 2.5 mm genlikle düzenlenen TBV antrenmanını 20 sn. süresince uygulamıştır. Kontrol grubu ise titreşimsiz olarak TBV platformun üzerinde 3 farklı hareketi gerçekleştirirken kayıt alınmıştır. Sonuç olarak, TBV'nin etkisiyle ortaya çıkan tek bacak squat hareketindeki kas aktivitesi diğer hareketlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde fazladır. Vastus lateralis kasının aktivasyonunda ortalama  $92.5 \pm 14.8$  % mV'luk değişim saptanmıştır. TBV sırasında kaydedilen kas aktivitesinin anlamlı bir şekilde değiştiği belirtilmiştir. Kas aktivitesinde ortaya çıkan artışların daha önceden aktif olmayan motor üniteleri senkronize ederek refleksif olarak aktiveştirmesinden kaynaklanmış olabileceğini belirtmiştir (35).

Abercromby ve ark.'larının 2007 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $32.7 \pm 7.0$  yıl olan 16 katılımcı dahil edilmiştir. 30 Hz frekansında, 4 mm genişliğinde rotasyonel platform ve vertikal platformda uygulanan TBV antrenmanı sırasında EMG aktivitesi kaydedilmiştir. Kassal aktivasyon Tibialis anterior, vastus lateralis, biceps femoris ve gastrokinemius kaslarından elde edilmiştir. TBV sırasında kaydedilen EMG aktivasyonunda kaydedilen bütün kas gruplarında artış olduğu belirtilmiştir. Ayrıca statik squat egzersizinde, dinamik squat egzersizine kıyasla daha fazla EMGrms değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir (36).

Pollock ve ark.'larının 2010 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $31.3 \pm 12.4$  yıl olan 12 sağlıklı birey katılmıştır. Çalışmada farklı frekanslarda ve genliklerde uygulanan TBV'nun kassal aktivite üzerine etkileri incelenmiştir. Yüksek (5.5 mm) ve düşük (2.5mm) genlikte; 5,10,15,20,25,30 Hz frekanslarında uygulanan TBV uygulaması sırasında kassal aktivasyon kayıt edilmiştir. Sonuç olarak; Soleus, tibialis anterior ve gastrokinemius kaslarında ortaya çıkan kas aktivitesi, biceps femoris, gluteus maksimus ve rectus femoris kaslarından daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksek genlik ve frekanslarda yapılan TBV antrenmanı kas aktivitesinde artış meydana getirdiği sonucuna varmışlardır (96).

Krol ve ark.'larının 2011 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $21.8 \pm 12$  yıl olan 29 sağlıklı bayan katılmıştır. Araştırmada farklı frekans ve genlik ile uyguladıkları TBV'nun kas aktivitesini nasıl değiştirdiğini incelenmişlerdir. 2mm-4mm genlik ve 20, 40, 60 Hz frekanslarına sahip farklı kombinasyonlar ile uygulanan TBV sırasında EMG cihazı ile kassal aktivasyon kayıt etmişlerdir. Sonuç

olarak vastus lateralis ve vastus medialis kaslarında en yüksek kassal aktivasyonu 60 Hz ve 4mm genlik ile kombine ettikleri TBV uygulamasında saptamışlardır (84).

Hazell ve ark.'larının 2010 yılında yaptığı araştırmaya 30 genç erkek katılmıştır. Araştırmada ağırlıkla birlikte ve ağırlıksız uygulanan TBV antrenmanının 4 dinamik squat hareketi sırasında bacak kas aktivitelerinde meydana gelen kassal aktivasyon değişikliğini incelenmişlerdir. Sonuç olarak ağırlıkla birlikte uygulanan TBV antrenmanında, ağırlıksız olarak yapılan TBV antrenmanına kıyasla, vastus lateralis, biceps femoris ve gastrokinemius kaslarında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha fazla kassal aktivasyon değerine sahip olduğunu saptamışlardır (85).

### **5.3. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının İzokinetik Kuvvet Üzerine Etkileri**

#### **5.3.1. Diz Ekstansiyon Kuvveti**

Grup içi test sonuçlarına göre izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinin 3 ölçüm sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değiştiği belirlenmiştir. Bu değişim yapısında grup x zaman etkileşiminin olduğu, diğer bir deyişle grupların farklı değişim yapılarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Zaman içerisinde gerçekleşen değişim farkına bakıldığında gerçekleştirilen 3 ölçüm sürecinde deney grubunun izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinde anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Bu anlamlı değişimin 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinde artış, 15 haftalık detraining süreci sonrasında ise azalma eğiliminden kaynaklandığı görülmektedir. Kontrol grubunun istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise son test ile detraining test ve detraining test ile ön test karşılaştırmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlenmiştir. Ancak bu fark kontrol grubunda azalma eğilimi göstermesinden dolayı ortaya çıkmıştır.

Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise izokinetik diz ekstansiyon kuvveti açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, ön test değerlerinde anlamlı fark olmadığı, son test ve detraining testlerde farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, deney grubunun izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinde 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında anlamlı olarak artış olduğu, detraining süreci sonrasında ise anlamlı olarak azalma olduğu, yapılan 12 haftalık TBV antrenmanının sonucunda kazanılan izokinetik kuvvet değerlerini 15 haftalık süreç sonunda koruduğu görülmüştür.

Çalışmamız sonuçlarına benzer olarak, Siu ve ark.'larının 2010 yılında yapmış olduğu araştırmaya yaşları ortalama  $21.9 \pm 2.5$  yıl olan 10 erkek katılımcı dahil edilmiştir. 26 Hz ve 40Hz olarak iki farklı protokolde uygulanan kısa süreli TBV antrenmanının diz ekstansiyon ve fleksiyon zirve torku üzerine etkisi incelenmiştir. Katılımcılar 10 defa 60 saniye boyunca statik yarım squat pozisyonunda TBV platformu üzerinde durmuşlardır.  $60^\circ/\text{sn}$ 'de 5 tekrar olarak uygulanan izokinetik kuvvet ölçümü TBV antrenmanından hemen sonra yapılmıştır. Her iki TBV protokolünde diz ekstansiyon zirve tork değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu saptamışlardır ( $p < 0.05$ ). Diz fleksiyon zirve tork değişkeninde ise anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir. ( $p > 0.05$ ). (89).

Roelant ve ark.'larının 2004 yılında yapmış olduğu araştırmaya sporcu olmayan, yaş ortalamaları  $21.3 \pm 2.0$  yıl olan 48 bayan katılmıştır. Katılımcılar TBV grup ( $n=18$ ), Fitness grup ( $n=18$ ), kontrol grup ( $n=12$ ) olarak gruplara ayrılmıştır. TBV grubu 24 hafta boyunca haftada 3 defa 35-40 Hz, 2.5-5.0 mm. genlik ile düzenlenen TBV antrenmanına katılmıştır.  $50^\circ/\text{sn}$ ,  $100^\circ/\text{sn}$ ,  $150^\circ/\text{sn}$  ile ölçülen diz ekstansiyon kuvvetinde 24 haftalık TBV antrenmanından sonra sırasıyla  $\%5.9 \pm 2.1$ ,  $\%8.3 \pm 4.4$ ,  $\%7.6 \pm 1.5$  Nm'lik artış olduğu ve görülen bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. (40).

Petit ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $21.0 \pm 1.6$  yıl olan 32 birey katılmıştır. Katılımcılar randomize bir şekilde yüksek frekans ve genlik grubu ( $n=12$ ), düşük frekans ve genlik grubu ( $n=10$ ), kontrol grubu ( $n=10$ ) olarak ayrılmıştır. Katılımcılar 6 hafta boyunca haftada 3 defa birim antrenman süresi 20 dakika olan TBV antrenmanını tamamlamıştır. Yüksek frekans ve genlik grubu 50 Hz frekans ve 4 mm genlik ile düzenlenen antrenmanı uygularken, düşük frekans ve genlik grubu 30 Hz frekans ve 2 mm genlik ile düzenlenen antrenmana katılmıştır. İzokinetik diz ekstansiyon kuvveti  $60^\circ/\text{sn}$  ve  $180^\circ/\text{sn}$ 'lik açısal hızlarla izokinetik dinamometrede uygulanmıştır. 6 haftalık TBV antrenmanından sonra yüksek frekans ve genlik ile antrenman yapan grubun diz ekstansiyon kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı artış belirlenmiştir. Düşük frekans ve genlik grubu ile kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir (97).

Fagnani ve ark.'larının 2006 yılında yapmış olduğu araştırmaya 21-27 yaş arası 26 bayan sporcu katılmıştır. Katılımcılar randomize bir şekilde kontrol ( $n=11$ ) ve vibrasyon ( $n=13$ ) grup olarak ayrılmış ve vibrasyon grubu 8 hafta boyunca haftada 3 defa TBV antrenmanı yapmıştır.  $40^\circ/\text{sn}$  'de 3 tekrar olarak uyguladıkları izokinetik diz ekstansiyon kuvvet testinde maksimal peak torque değerleri kaydedilmiştir. 8 haftalık TBV antrenmanından önce ve sonra uygulanan izokinetik diz ekstansiyon kuvvet testi sonuçlarına göre; vibrasyon grubunda istatistiksel olarak

anlamli artiş gözlenirken ( $p<0.05$ ), kontrol grubunda anlamli bir değişim gözlenmediği belirtilmiştir (98).

Bir başka araştırmada ise yaş ortalamaları  $28.6\pm9.73$  yıl olan 20 katılımcıya 6 dakikalık bisiklet ergometresinden sonra 6 dakikalık TBV antrenmanı yaptırılmıştır.  $120^\circ/\text{sn}$  'de uygulanan izokinetik diz ekstansiyon testi sonuçlarına göre; izokinetik diz ekstansiyon peak torque değerinde istatistiksel olarak anlamli artiş olduğunu saptamışlardır (99).

Diğer bir araştırmada ise tüm beden vibrasyonu ve bisiklet ergometresinin izokinetik diz ekstansiyon kuvveti üzerinde ısınma protokolü açısından fark olup olmadığını araştırdıkları çalışmaya yaş ortalamaları  $23.59\pm3.87$  yıl olan 27 denek katılmıştır. Katılımcılar 25 Hz frekans ve 13 mm genliğine sahip 30 saniyelik 10 tekrardan oluşan TBV protokolünden sonra 3 farklı izokinetik hıza sahip ( $60, 180, 300^\circ.\text{s}^{-1}$ ) diz ekstansiyon ve fleksiyonu uygulamışlardır. Bisiklet ergometresi protokolü ise; maksimal kalp atım hızı %65-85 olacak şekilde 5 dakika boyunca pedal çevirdikten sonra 3 farklı izokinetik hıza sahip kuvvet testini tamamlanmışlardır. Sonuç olarak bisiklet ergometresinden sonra yapılan izokinetik kuvvet testi ile TBV'den sonra yapılan izokinetik kuvvet testi arasında anlamli fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ) (100).

TBV antrenmanının izokinetik kuvvet üzerine yapılmış detraining etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma olmasından dolayı çalışmamızın sonuçlarını kısmen desteklediği düşünölen çalışmaların sonuçları da tartışmaya dahil edilmiştir.

Yaşları 22-49 yıl arasında değişen 32 katılımcının dahil edildiği araştırmada egzersizle uygulanan 13 haftalık TBV antrenmanının izometrik diz ekstansiyon kuvveti ve detraining etkisi incelenmiştir. 32 katılımcı randomize bir şekilde sadece egzersiz yapan grup ( $n=16$ ) ve tüm beden vibrasyonu ile birlikte egzersiz yapan grup olarak ayrılmıştır. Birim TBV antrenmanı 60 dakika, 35 Hz frekansında 2 mm genliğe sahip olacak şekilde düzenlenmiştir. 13 haftalık süreç sonunda egzersiz-TBV grubunda izometrik diz ekstansiyon kuvvetini sadece egzersiz yapan gruptan anlamli olarak daha fazla olduğunu saptamışlardır. 5 haftalık detraining süreci sonunda yapılan test ile son test karşılaştırıldığında egzersiz-TBV grubunda istatistiksel olarak anlamli düşüş (%4.8) olduğunu belirlemişlerdir ( $p<0.05$ ). (101).

Marin ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptığı araştırmaya yaş ortalamaları  $84.3\pm7.4$  yıl olan 34 sedanter katılımcı dâhil edilmiştir. Araştırmada, haftada 2 gün TBV antrenmanı yapma ile 4 gün TBV antrenmanı yapmanın kuvvet üzerine etkisi ve kısa süreli (3 hafta) detraining etkisi araştırılmıştır. Her iki grupta da 8 haftalık TBV antrenmanı sonrasında alt ekstremite kuvvetinde anlamli artiş ( $p<0.05$ ), 3

haftalık detraining süreci sonunda ise anlamlı bir şekilde azalma saptanmıştır (102).Araştırmamızın bulguları literatür bilgisi ile uyumludur.

### **5.3.2. Diz Fleksiyon Kuvveti**

Grup içi test sonuçlarına göre izokinetik diz fleksiyon kuvvetinin 3 ölçüm sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değiştiği belirlenmiştir. Bu değişim yapısında grup x zaman etkileşiminin olduğu, diğer bir deyişle grupların farklı değişim yapılarına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Zaman içerisinde gerçekleşen değişim farkına bakıldığında gerçekleştirilen 3 ölçüm sürecinde deney grubunun izokinetik diz fleksiyon kuvvetinde anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Bu anlamlı değişimin 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında izokinetik diz fleksiyon kuvvetinde artış, 15 haftalık detraining süreci sonrasında ise azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Kontrol grubunun istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise ön test-son test- detraining test karşılaştırmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı gözlenmiştir.

Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise izokinetik diz fleksiyon kuvveti açısından istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, ön test değerlerinde anlamlı fark olmadığı, son test ve detraining testlerde farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, deney grubunun izokinetik diz fleksiyon kuvvetinde 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında anlamlı artış olduğu, detraining süreci sonrasında ise anlamlı azalma olduğu, yapılan 12 haftalık TBV antrenmanının sonucunda kazanılan izokinetik kuvvet değerlerini 15 haftalık süreç sonunda koruduğu görülmüştür.

Osawa ve ark.'larının 2011 yılında yaptığı araştırmaya 21-39 yaş arası antrenmansız 19 sağlıklı birey katılmıştır. Katılımcılar randomize bir şekilde vücut geliştirme egzersizi ile birlikte TBV antrenmanı yapan grup ve sadece vücut geliştirme egzersizi yapan grup olarak ikiye ayrılmıştır. TBV antrenmanı ile birlikte vücut geliştirme egzersizi yapan grup 12 hafta boyunca bir antrenman süresi 40 dakikadan oluşan haftada 2 defa 30-40 Hz frekansında 2 mm genliğe sahip TBV antrenman protokolünü gerçekleştirmiştir. Diğer grup ise sadece vücut geliştirme egzersizi yapmıştır. Katılımcılar 60°/sn'de 8-10 tekrardan oluşan izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetini izokinetik dinamometre ile gerçekleştirmiştir. 12 haftalık antrenman sonucunda gruplarda zamana bağlı değişim istatistiksel olarak anlamlı ( $p=0.001$ ) olmasına rağmen gruplar arası maksimal izokinetik diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvveti karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ( 103).

#### **5.4. Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Statik ve Dinamik Denge Üzerine Etkileri**

Grup içi test sonuçlarına göre statik denge parametresinin 3 ölçüm sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değiştiği belirlenmiştir.

Zaman içerisinde gerçekleşen değişim farkına bakıldığında gerçekleştirilen ön test ile son test, son test ile detraining test karşılaştırmasında deney grubunun statik denge değerlerinde anlamlı bir değişim olduğu, detraining test ile ön test karşılaştırmasında ise anlamlı bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Bu anlamlı değişimin 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında denge hata skoru değerlerinde azalmadan kaynaklandığı, 15 haftalık detraining süreci sonrasında ise hata skorunun artma eğiliminin neden olduğu görülmektedir. Kontrol grubunun istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise ön test ile son test, son test ile detraining test karşılaştırmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı gözlenmiştir.

Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise statik dengede son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, ön test ve detraining test değerlerinde anlamlı fark olmadığı, son test değerlerindeki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak yapılan 12 haftalık TBV antrenmanının deney grubunda statik dengeyi geliştirdiği ancak detraining süreci sonrasında beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

Farklı gruplar üzerinde gerçekleştirilen ve çalışmamızın sonuçlarını kısmen ya da bütünüyle desteklediği düşünülen sonuçları içeren çalışmalar aşağıda sunulmuştur. TBV antrenmanının detraining adaptasyon sürecini inceleyen çalışmaların sınırlı olmasından dolayı farklı gruplar üzerinde yapılmış olan araştırmaların sonuçları da tartışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmamıza benzer olarak yapılan bir araştırmada 14-18 yaş arası elit bayan basketbol oyuncusu basketbol antrenmanlarına devam ederken aynı zamanda 15 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanına katılmışlardır. 15 haftalık TBV antrenmanından sonra statik ve dinamik denge parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişim olduğunu kaydetmişlerdir ( $p<0.05$ ) (81). Bu araştırma çalışmamızın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Torvinen ve ark.'larının 2002 yılında yapmış olduğu çalışmada 24-33 yaş arası sağlıklı, aktif olarak spor yapmayan 14 katılımcı 4 dakikalık kısa süreli TBV antrenmanına katılmıştır. 4 dakikalık TBV antrenmanından 2 dakika sonra yapılan

denge testinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu artışın 1 saat sonra ortadan kalktığını, değerlerin başlangıç seviyesine döndüğünü ifade etmişlerdir (44).

Grup içi test sonuçlarına göre dinamik denge parametresinin 3 ölçüm sürecinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değişmediği belirlenmiştir. Ancak deney grubunun gözle görülebilir değişikliğini belirlemek için gruplar kendi içerisinde değerlendirmeye alınmıştır.

Gruplar kendi içerisinde değerlendirildiği zaman deney grubunun ön test ile son test karşılaştırmasında dinamik denge hata skorlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğu, son test ile detraining test karşılaştırmasında anlamlı bir artış olduğu ve detraining test ile ön test karşılaştırmasında anlamlı bir değişim olmadığı saptanmıştır. Kontrol grubunun istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde ise dinamik denge değerlerinde ön test-son test- detraining test karşılaştırmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır.

Gruplar arası farklılığın karşılaştırılmasında ise dinamik dengede son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, ön test ve detraining test değerlerinde anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak; yapılan 12 haftalık TBV antrenmanının deney grubunda dinamik denge hata skorlarını anlamlı bir şekilde geliştirdiği ancak detraining süreci sonrasında beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

Literatürde TBV antrenmanının denge üzerine olan detraining adaptasyonu ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlamıştır. Marin ve arkadaşlarının 2011 yılında yapmış olduğu çalışmaya yaşları ortalama  $84.3 \pm 7.4$  yıl olan 34 sağlıklı katılımcı araştırmaya dahil edilmiştir. 23 denek 8 haftalık TBV antrenmanına katılmıştır. Uzun süreli TBV antrenmanından önce-sonra ve kısa süreli (3 hafta) detraining süreci sonrasında yapılan denge değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı kaydedilmiştir.

Torvinen ve arkadaşlarının 2002 yılında yapmış olduğu araştırmaya 19-38 yaş arası sağlıklı, sporcu olmayan 54 (kontrol grup n= 26, deney grup n= 28) katılımcı dahil edilmiştir. Denekler 4 ay boyunca haftada 3 gün TBV antrenmanına katılmışlardır. 4 ay sonunda deney grubu ile kontrol grubu karşılaştırıldığında TBV antrenmanının statik ve dinamik denge üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. (42).

Mahieu ve arkadaşlarının 2006 yılında yapmış olduğu araştırmada 9-15 yaş arası sağlıklı 33 kayak sporcusu çalışmaya dahil edilmiştir. 17 denekten oluşan TBV grubu 6 hafta boyunca haftada 3 defa TBV antrenmanı yapmıştır. TBV antrenmanından önce ve sonra kaydedilen denge değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir.

#### **5.5. Tüm beden Vibrasyon Antrenmanının Reaksiyon Zamanı Üzerine Etkileri**

Yapılan literatür taraması sonucunda TBV antrenmanının reaksiyon zamanı üzerine etkileri ile ilgili yapılan bir çalışmaya rastlanmadığından elde edilen değerlerin karşılaştırılması yapılamamıştır.

Grup içi test sonuçlarına göre deney ve kontrol grubunun reaksiyon zamanı değerleri 3 ölçüm süresinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değiştiği belirlenmiştir. Zaman içerisinde gerçekleşen değişim farkına bakıldığında, deney grubunda gerçekleşen ön test ile son test ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalmanın olduğu tespit edilmiş ( $p<0.05$ ), detraining süreci sonrasında ise detraining test ile ön test değerlerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı ( $p>0.05$ ), değerlerin başlangıç seviyesine döndüğü belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Kontrol grubunda ön test ile son test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı, ön test ile detraining test karşılaştırmasında anlamlı artışın olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

Gruplar arası farklılığın karşılaştırmasında, reaksiyon zamanı değerleri açısından, ön testte anlamlı fark gözlenmezken, son test ve detraining testte deney grubunun reaksiyon zamanı değerlerinin kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak uzun süreli TBV antrenmanının reaksiyon zamanı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir değişim ortaya çıkardığı tespit edilmiştir.

## SONUÇLAR

12 haftalık Tüm Beden Vibrasyon antrenmanının nöromuskuler performans üzerine kısa süreli, uzun süreli ve detraining etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan, 48 sağlıklı, fiziksel olarak aktif olan erkek katılımcının dâhil edildiği bu çalışmada;

Hoffmann Refleks ölçümlerinde, kısa süreli ve uzun süreli uygulanan TBV antrenmanının  $H_{\max}$ ,  $H/M_{\max}$  ve  $H_{\text{eşik}}$  değerlerini, kontrol grubuna kıyasla, artırdığı,  $H_{\text{latans}}$  ve  $M_{\max}$  değerlerinde ise anlamlı bir değişim meydana getirmediği belirlenmiştir. Detraining sürecinin etkisi incelendiğinde ise kısa süreli ve uzun süreli uygulanan TBV antrenmanının  $H_{\max}$ ,  $H/M_{\max}$  ve  $H_{\text{eşik}}$  değerlerini, kontrol grubuna kıyasla, azalttığı,  $H_{\text{latans}}$  ve  $M_{\max}$  değişkenlerinde ise herhangi bir değişime neden olmadığı saptanmıştır.

İzokinetik kuvvet ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanının izokinetik diz ekstansiyon kuvvetini artırdığı, 15 haftalık detraining süreci sonunda ise azalma eğilimi olduğu ancak uzun süreli antrenmanın sonucunda kazanılan izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinin bir kısmını koruduğu belirlenmiştir. İzokinetik diz fleksiyon kuvvetinde ise, 12 haftalık TBV antrenmanı sonunda arttığı, detraining süreci sonunda ise azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak 12 haftalık TBV antrenmanı sonucunda kazanılan izokinetik diz fleksiyon kuvvetinin 15 haftalık detraining süreci sonucunda koruduğu belirlenmiştir.

Kassal aktivasyon ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanının m. vastus medialis İEMG değerlerini artırdığı, 15 haftalık detraining süreci sonunda ise anlamlı bir değişiklik meydana getirmediği saptanmıştır.

Statik ve dinamik denge ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanının statik ve dinamik dengeyi geliştirdiği, dinamik dengede detraining süreci sonrasında uzun süreli TBV antrenmanın etkisiyle kazanımın gerçekleştiği, statik dengede ise beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

Görsel ayak reaksiyon zamanı ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında azalma olduğu, 15 haftalık detraining süreci sonrasında ise görsel ayak reaksiyon zamanında beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı saptanmıştır.

Sonuç olarak uzun süreli yapılan TBV antrenmanının nöromuskuler performansı geliştirdiği söylenebilir.

## ÖNERİLER

Tüm Beden Vibrasyon antrenmanının nöromuskuler etkisine yönelik yapılan çalışmaların, daha net anlaşılabilmesi için, değişik örneklem gruplarıyla ve farklı sürelerde uygulanarak incelenmesi,

Literatürde yapılan araştırmalar göz önüne alındığında çalışmaların genellikle kısa süreli etkileri üzerinde yoğunlaştığı bu nedenle TBV antrenmanının uzun süreli etkileri ile ilgili çalışmaların sayısının artırılması,

Cinsiyet faktörüne göre ele alınarak incelenmesi,

TBV antrenmanının yoğunluğunu belirleyen parametrelerin farklı kombinasyonlarla uygulanarak incelenmesi,

TBV antrenmanlarının detraining etkilerinin izlenmesi,

TBV antrenmanın reaksiyon zamanı üzerine etkileri ile ilgili olan çalışmaların sayısının artırılması,

Hoffmann Refleks ölçümlerinde sınırlılıkların, standardizasyonun ve protokolün dikkatle belirlenmesi,

Antrenman protokollerinin ve sınırlılıklarının özenle belirlenmesi önerilmektedir.

## SONUÇLAR

12 haftalık Tüm Beden Vibrasyon antrenmanının nöromuskuler performans üzerine kısa süreli, uzun süreli ve detraining etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan, 48 sağlıklı, fiziksel olarak aktif olan erkek katılımcının dâhil edildiği bu çalışmada;

Hoffmann Refleks ölçümlerinde, kısa süreli ve uzun süreli uygulanan TBV antrenmanının  $H_{\max}$ ,  $H/M_{\max}$  ve  $H_{\text{eşik}}$  değerlerini, kontrol grubuna kıyasla, artırdığı,  $H_{\text{latans}}$  ve  $M_{\max}$  değerlerinde ise anlamlı bir değişim meydana getirmediği belirlenmiştir. Detraining sürecinin etkisi incelendiğinde ise kısa süreli ve uzun süreli uygulanan TBV antrenmanının  $H_{\max}$ ,  $H/M_{\max}$  ve  $H_{\text{eşik}}$  değerlerini, kontrol grubuna kıyasla, azalttığı,  $H_{\text{latans}}$  ve  $M_{\max}$  değişkenlerinde ise herhangi bir değişime neden olmadığı saptanmıştır.

İzokinetik kuvvet ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanının izokinetik diz ekstansiyon kuvvetini artırdığı, 15 haftalık detraining süreci sonunda ise azalma eğilimi olduğu ancak uzun süreli antrenmanın sonucunda kazanılan izokinetik diz ekstansiyon kuvvetinin bir kısmını koruduğu belirlenmiştir. İzokinetik diz fleksiyon kuvvetinde ise, 12 haftalık TBV antrenmanı sonunda arttığı, detraining süreci sonunda ise azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak 12 haftalık TBV antrenmanı sonucunda kazanılan izokinetik diz fleksiyon kuvvetinin 15 haftalık detraining süreci sonucunda koruduğu belirlenmiştir.

Kassal aktivasyon ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanının m. vastus medialis İEMG değerlerini artırdığı, 15 haftalık detraining süreci sonunda ise anlamlı bir değişiklik meydana getirmediği saptanmıştır.

Statik ve dinamik denge ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanının statik ve dinamik dengeyi geliştirdiği, dinamik dengede detraining süreci sonrasında uzun süreli TBV antrenmanın etkisiyle kazanımın gerçekleştiği, statik dengede ise beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

Görsel ayak reaksiyon zamanı ölçümlerinde, 12 haftalık TBV antrenmanı sonrasında azalma olduğu, 15 haftalık detraining süreci sonrasında ise görsel ayak reaksiyon zamanında beklenen kazanımın ortaya çıkmadığı saptanmıştır.

Sonuç olarak uzun süreli yapılan TBV antrenmanının nöromuskuler performansı geliştirdiği söylenebilir.

## ÖNERİLER

Tüm Beden Vibrasyon antrenmanının nöromuskuler etkisine yönelik yapılan çalışmaların, daha net anlaşılabilmesi için, değişik örneklem gruplarıyla ve farklı sürelerde uygulanarak incelenmesi,

Literatürde yapılan araştırmalar göz önüne alındığında çalışmaların genellikle kısa süreli etkileri üzerinde yoğunlaştığı bu nedenle TBV antrenmanının uzun süreli etkileri ile ilgili çalışmaların sayısının artırılması,

Cinsiyet faktörüne göre ele alınarak incelenmesi,

TBV antrenmanının yoğunluğunu belirleyen parametrelerin farklı kombinasyonlarla uygulanarak incelenmesi,

TBV antrenmanlarının detraining etkilerinin izlenmesi,

TBV antrenmanın reaksiyon zamanı üzerine etkileri ile ilgili olan çalışmaların sayısının artırılması,

Hoffmann Refleks ölçümlerinde sınırlılıkların, standardizasyonun ve protokolün dikkatle belirlenmesi,

Antrenman protokollerinin ve sınırlılıklarının özenle belirlenmesi önerilmektedir.

## ÖZGEÇMİŞ

Gözde KOÇ, 25.11.1987’de Antalya’da doğdu. İlköğretimini Antalya Barbaros ilköğretim okulunda Ortaöğretimini ise Eskişehir Çağ Fen Lisesi’nde tamamladı.

2005 yılında Anadolu Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünde lisans eğitimine başladı ve 2009 yılında mezun oldu.

2010 yılında Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü’ ne bağlı olarak Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri yüksek lisans programında öğrenimine başladı.

Gözde KOÇ, Eylül 2011 tarihinden itibaren Taşlıca Ahmet Hamdi Akseki Ortaokulu’nda Beden Eğitimi Öğretmeni olarak görevini sürdürmektedir.

# **EKLER**

**DEMOGRAFİK BİLGİLER ANKETİ**

Araştırmada, 12 haftalık Tüm beden vibrasyon antrenmanının ve 15 haftalık detraining sürecinin nöromuskuler performans üzerine etkileri incelenecektir.

- 1. Adınız Soyadınız:**
- 2. Doğum Tarihiniz:**
- 3. Düzenli Spor Yapıyor musunuz?**
- 4. Cevabınız evet ise hangi spor ile türü ile uğraştığınızı ve haftada kaç gün antrenman yaptığınızı belirtiniz.**
- 5. Herhangi bir hastalığınız var mı?**
- 6. Migren, eklem ve kalp damar hastalığınız var mı?**
- 7. Önceden cerrahi bir operasyon geçirdiniz mi?**

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ ETİK KURULU**

**AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU**

Katılımcı / Gönüllünün Protokol Numarası:

**1. Araştırmayla İlgili Bilgiler:**

- a. Araştırmanın Adı: Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanının Nöromuskuler Performans Üzerine Etkisi
- b. Araştırmanın İçeriği: 12 hafta boyunca haftada 3 gün tüm beden vibrasyon antrenmanı yaptırılacaktır. Yapılan antrenmanın izokinetik kuvveti, H refleksi, reaksiyon zamanını ve dengeyi geliştireceği düşünülmektedir.

Araştırmanın Amacı:

1. Amacı: 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının H refleks üzerine olan akut ve kronik etkilerini incelemektir.
  2. Amacı: 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının detraining adaptasyonunu incelemektir.
- Çalışmanın alt amaçları ise; 12 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının;
1. Denge ve propriosepsiyon üzerine olan etkisini belirlemek.
  2. İzokinetik kuvvet üzerine olan etkisini belirlemek.
  3. Ayak reaksiyon zamanı üzerine olan etkisini belirlemektir.

- c. Araştırmanın Nedeni:

( X ) Tez çalışması

- d. Araştırmanın Öngörülen Süresi: 12 ay
- e. Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı: 60
- f. Araştırmada İzlenecek Deneysel İşlemler:

Katılımcılar antrenmana başlamadan önce, 12 haftalık antrenman periyodu sonunda ve 3 aylık detraining dönemi sonunda ölçümlere alınacaktır. Yapılacak olan ölçümler; izokinetik kuvvet ölçümü, H Refleks ölçümü, ayak reaksiyon sürati ölçümü, kassal aktivasyon ölçümü ve denge ölçümü.

**2. Gönüllüler/Katılımcılar İçin Araştırmadan Beklenen Yarar:**

Yapılacak olan antrenmanlarla birlikte katılımcıların kuvvet gelişimleri, denge gelişimleri, reaksiyon zamanı gelişimleri, H refleks gelişimleri ve denge gelişimleri sağlanacaktır.

**3.Araştırma Konusundaki Soruların Cevaplandırılması:** Araştırmanın yürütülmesi sırasında olası yan etkiler, riskler ve zararlar ile hakların konusunda bilgi almak için aşağıda belirtilen kişiyle bağlantı kurmam yeterli olacaktır.

Adı- Soyadı: GÖZDE KOÇ      Telefon: 0505 554 82 53

**4. Zararların Karşlanması:**

Bu çalışmaya katıldığım için zarar göreceğim olursam, gerekli olan tıbbi bakımın sorumlu araştırmacı tarafından yerine getirileceği, uygulanan işleme bağlı olarak gelişebilecek her tür hasara (sakatlanma ve ölüm dahil) karşı güvencede olduğum, masraflarımın Gözde KOÇ tarafından karşılanacağı bana bildirildi.

**5. Araştırma Giderleri:**

Araştırma kapsamındaki bütün işlemler için benden ya da bağlı bulunduğum sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

**6. Gönüllülük, Çalışmayı Reddetme ve Çalışmadan Çekilme Hakkı, Çalışmadan Çıkarılma:**

- a. Araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama altında olmaksızın gönüllü olarak katılıyorum.
- b. Araştırmaya katılmayı reddetme hakkına sahip olduğum bana bildirildi.
- c. Sorumlu araştırmacıya haber vermek kaydıyla, hiçbir gerekçe göstermeksizin istediğim anda bu çalışmadan çekilebileceğimin bilincindeyim.
- d. Çalışmanın yürütücüsü olan araştırmacı ya da destekleyen kuruluş, çalışma programının gereklerini yerine getirmedeki ihmali nedeniyle ya da araştırma prosedürüne bağlı olarak onayımı almadan beni çalışma kapsamından çıkarabilir.

#### 7. Gizlilik:

Çalışma süresince tutulan bütün kayıtlar ve dosya bilgileri gerektiğinde, Akdeniz Üniversitesi yöneticilerine ulaştırılacaktır. Bu çalışmadan elde edilen bilgiler, verilere gereksinimi olan öteki ülkelerin hükümetlerine ve ilgili birimlerine iletilebilir. Çalışmanın sonuçları bilimsel toplantılar ya da yayınlarda sunulabilir. Ancak, bu tür durumlarda kimliğim kesin olarak gizli tutulacaktır.

#### 8. Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce gönüllüye / katılımcıya verilmesi gereken bilgileri gösteren Aydınlatılmış Onam Formu adlı metni kendi anadilimde okudum ya da bana okunmasını sağladım. Bu bilgilerin içeriği ve anlamı, yazılı ve sözlü olarak açıklandı. Aklıma gelen bütün soruları sorma olanağı tanındı ve sorularıma doyurucu cevaplar aldım. Çalışmaya katılmadığım ya da katıldıktan sonra çekildiğim durumda, hiçbir yasal hakkımdan vazgeçmiş olmayacağım. Bu koşullarla, söz konusu araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum.

Bu metnin imzalı bir kopyasını aldım.

Gönüllünün / katılımcının Adı- Soyadı:

Yaş ve Cinsiyeti:

İmzası:

Adresi (varsa telefon ve/veya fax numarası):

.....

.....

Tarih:

Velayet ya da vesayet altında bulunanlar için;

Veli ya da Vasinin Adı- Soyadı:

İmzası:

Adresi (varsa telefon ve/veya fax numarası):

.....

.....

Tarih:

Açıklamaları Yapan Araştırmacının Adı- Soyadı:

İmzası:

Tarih:

Onam alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin

Adı- Soyadı:

İmzası:

Görevi:

Tarih:

### EK 3

## 12 Haftalık Tüm Beden Vibrasyonu Antrenman Programı

| Hafta | Yüklenme | Dinlenme | Hertz | Amplitude | Squat | Dinamik Squat | Calves | Deep Calves | Deep Squat | Wide Stance Squat | Dinamik Wss | Lunge | Toplam Süre |
|-------|----------|----------|-------|-----------|-------|---------------|--------|-------------|------------|-------------------|-------------|-------|-------------|
| 1     | 90       | 60       | 30    | Low       | 2     |               | 2      | 2           | 2          | 1                 |             | 1     | 25dk        |
| 2     | 90       | 60       | 40    | Low       | 2     | 1             | 2      | 2           | 2          | 1                 | 1           | 1     | 30dk        |
| 3     | 90       | 60       | 40    | Low       | 2     | 1             | 2      | 2           | 2          | 1                 | 1           | 1     | 30dk        |
| 4     | 90       | 60       | 40    | Low       | 2     | 1             | 2      | 2           | 2          | 1                 | 1           | 1     | 30dk        |
| 5     | 60       | 60       | 45    | High      | 2     | 1             | 2      | 2           | 2          | 2                 | 2           | 2     | 30dk        |
| 6     | 60       | 60       | 45    | High      | 2     | 1             | 2      | 2           | 2          | 2                 | 2           | 2     | 30dk        |
| 7     | 60       | 60       | 45    | High      | 3     | 2             | 3      | 3           | 3          | 2                 | 2           | 2     | 40dk        |
| 8     | 60       | 60       | 45    | High      | 3     | 2             | 3      | 3           | 3          | 2                 | 2           | 2     | 40dk        |
| 9     | 60       | 90       | 50    | High      | 3     | 2             | 3      | 3           | 3          | 3                 | 2           | 3     | 55dk        |
| 10    | 60       | 90       | 50    | High      | 3     | 2             | 3      | 3           | 3          | 3                 | 2           | 3     | 55dk        |
| 11    | 60       | 90       | 50    | High      | 3     | 2             | 3      | 3           | 3          | 3                 | 2           | 3     | 55dk        |
| 12    | 60       | 90       | 50    | High      | 3     | 2             | 3      | 3           | 3          | 3                 | 2           | 3     | 55dk        |