

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

**TÜM BEDEN VİBRASYON ANTRENMANININ  
KUVVET PERFORMANSINA ETKİSİ VE KOMBİNE  
ANTRENMANLARDAKİ YERİ**

**Özgür NALBANT**

**Doktora Tezi**

**Antalya, 2011**

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

**TÜM BEDEN VİBRASYON ANTRENMANININ  
KUVVET PERFORMANSINA ETKİSİ VE KOMBİNE  
ANTRENMANLARDAKİ YERİ**

**Özgür NALBANT**

**Doktora Tezi**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. N. Füsün TORAMAN**

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi  
Tarafından Desteklenmiştir (Proje No: 2009.03.0122.008).

“Kaynakça Gösterilerek Tezimden Yararlanılabilir”

**Antalya, 2011**

## **Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kurulu ve Akdeniz Üniversitesi Senato Kararı**

Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 22/06/2000 tarih ve 02/09 sayılı Enstitü Kurul kararı ve 23/05/2003 tarih ve 04/44 sayılı senato kararı gereğince "Sağlık Bilimleri Enstitülerinde lisansüstü eğitim gören doktora öğrencilerinin tez savunma sınavına girebilmeleri için, doktora bilim alanında SCI tarafından taranan dergilerde en az bir yurtdışı yayın yapması gerektiği" ilkesi gereğince yapılan yayınların listesi aşağıdadır (orjinalleri ekte sunulmuştur).

1.**Nalbant Ö.**, Toktaş N., Toraman NF., Ögüş C., Aydın H., Kaçar C., Özkaya YG. Vitamin E and aerobic exercise: the effects on physical performance in older adults. Aging Clinical and Experimental Research 2009;21:111-121.

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼ę¼ne;**

Bu alışma j¼rimiz tarafından Spor Bilimleri Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir. .... /..... / .....

Tez Danışmanı :

¼ye :

¼ye :

¼ye :

¼ye :

**ONAY :**

Bu tez, Enstit¼ Y¼netim Kurulunca belirlenen yukarıdaki j¼ri ¼yeleri tarafından uygun g¼r¼lm¼ř ve Enstit¼ Y¼netim Kurulu'nun...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

Enstit¼ M¼d¼r¼  
Prof. Dr. İsmail ÜST¼NEL

## ÖZET

Araştırmanın amacı, tüm beden vibrasyon antrenmanı ile kombine edilen farklı kuvvet antrenmanlarının kuvvet performansına etkisinin değerlendirilmesi ve kazanılan performansın sürdürülme sürecinin belirlenmesidir.

Çalışmada, katılımcılar üniversite öğrencilerinden seçilerek rastgele beş gruba ayrıldı: vibrasyon ve statik kuvvet (VS), vibrasyon ve dinamik kuvvet (VD), dinamik kuvvet (D), statik kuvvet (S) ve kontrol (K). İki ay süren antrenman programında dinamik ve statik kuvvet antrenman protokolü (Skuat), 3 gün/hafta sıklıkta yapıldı. Antrenman yoğunluğu, bir maksimum tekrarın %80'i idi. VS ve VD gruplarının vibrasyon frekansı 50 Hz ve amplitüdü 4 mm olarak uygulandı. Son durum ölçütü olarak izokinetik kuvvet ölçümü (bacak kuvveti) çalışmanın başında, antrenman süresince her ay ve antrenman bitiminden sonraki 4. ayda yapıldı.

Grupların yaş, boy, ağırlık, beden kitle indeksi (BKİ), vücut yağ oranı (%Yağ), yağsız beden kütlesi (FFM), toplam beden suyu (TBW), uyluk uzunluğu ve baldır uzunluğu değerleri ile izokinetik kuvvet değerlerinin, çalışmanın başlangıcında benzer değerlere sahip olduğu tespit edildi ( $p>.05$ ). 8 haftalık süreç sonucunda kuvvet performansının özellikle VS ve VD gruplarında anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi.

Sonuç olarak, 8 hafta uygulanan kuvvet antrenman protokollerinin kuvvet artışında etkili olduğu, bu artışın gruplar arasında farklılık gösterdiği ve kuvvetin en çok VS ve VD gruplarında değişim ve gelişim gösterdiği ancak detraining dönemde kaybedildiği belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Tüm beden vibrasyonu, statik kuvvet, dinamik kuvvet, vibrasyon antrenmanı.

## ABSTRACT

The aim of present study was to evaluate the effect on the muscle strength of the whole body vibration training combined different strength training methods, and to determine the loss of the strength gained after training period.

In the study, participants were divided into five groups randomly selected university students: vibration and static strength (VS), vibration and dynamic force (VD), the dynamic force (D), static force (S) and control (C). Two-month-long training program, the dynamic and static strength training protocol (Squat), 3 days / week was as often. Training intensity, a maximum repetition 80%. VS and VD groups were given vibration frequency is 50 Hz and amplitude of 4 mm. Outcome measures of isokinetic strength measurement (leg strength) at the beginning of the study, and training after the end of each month during the training was done to 4 month.

Groups were age, height, weight, body mass index (BMI), body fat (% fat), fat free mass (FFM), total body water (TBW), thigh length and calf length of the field with the values and isokinetic muscle strength values were found to have similar values at the beginning of the study ( $p > .05$ ). 8-week process, particularly as a result of the performance of the force were increased significantly as the VS and VD groups.

In conclusion, 8 weeks of strength training protocols applied to increase the force to be effective, this increase in force between the two groups differ, and showed the most change and development in VS and VD groups, but were lost during detraining.

**Key Words :** Whole body vibration, static strength, dynamic strength, vibration training.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesine katkılarından dolayı aşağıda adı geçen kişilere içtenlikle teşekkür ederim.

Sayın Prof.Dr.N.Fusun Toraman, tez danışmanın olarak çalışmanın oluşturulması, yönlendirilmesi ve gerçekleşmesi açısından bana her konuda destek olmuş, değerli zamanını ayırmış ve katkılarda bulunmuştur.

Sayın Doç.Dr.Y.Gül Özkaya, proje danışmanım olarak çalışmanın işleyişi konusunda destek olmuş ve katkıda bulunmuştur.

Sayın Prof.Dr.Ümit Kemal Şentürk, tez izleme komitesinde görev alarak verdiği pozitif geri bildirimlerle çalışmama yön vermiştir.

Sayın Yrd.Doç.Dr.Alpaslan Erman tez izleme komitesinde görev alarak çalışmaya katkı sağlamıştır.

Sayın Prof.Dr.Sedat Muratlı, çalışmaya antrenman planlamaları ve organizasyonu ile ilgili katkı sağlayarak yön vermiştir.

Sayın Öğr.Gör.Dr.Abdurrahman Aktop, verilerin değerlendirilmesi konusundaki yardımları ve yönlendirmeleri ile çalışmaya katkı sağlamıştır.

Sayın Araş.Gör.Sibel Nalbant, Sayın Araş.Gör.Ceylan Ece Ağlamış, Sayın Araş.Gör.Funda Baran, tez ölçümleri ve tez dönemindeki yardım ve destekleriyle çalışmaya katkı sağlamışlardır.

Sayın Araş.Gör.Duygu Mete, ilk ölçümlerdeki yardımlarıyla çalışmaya katkı sağlamıştır.

Sağlık Teknikeri Sayın Ahsen Mercan izokinetik test değerlendirme ölçümlerini yaparak çalışmaya katkı sağlamıştır.

Çalışmaya gönüllü olarak katılan Akdeniz Üniversitesi öğrencileri, gösterdikleri ilgi ve devamlılıkla araştırmanın sağlıklı bir şekilde yürütülmesini sağlamışlardır.

Ayrıca, çalışmalarım için her zaman bir cesaret kaynağı olan sevgili babama ve anneme, aynı yolda birlikte yürüdüğüm sevgili eşim Sibel' e, uyumu ve desteği için canım oğlum Eşref Erim' e teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

|                                       | Sayfa                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ÖZET</b>                           | <b>v</b>                                                                                                                                  |
| <b>ABSTRACT</b>                       | <b>vi</b>                                                                                                                                 |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                       | <b>vii</b>                                                                                                                                |
| <b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b>             | <b>viii</b>                                                                                                                               |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> | <b>ix</b>                                                                                                                                 |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>                | <b>x</b>                                                                                                                                  |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>              | <b>xi</b>                                                                                                                                 |
| <b>GİRİŞ VE AMAÇ</b>                  | <b>1</b>                                                                                                                                  |
| <b>GENEL BİLGİLER</b>                 | <b>3</b>                                                                                                                                  |
| 2.1.                                  | Kuvvetin Geliştirilmesi <b>3</b>                                                                                                          |
| 2.2.                                  | Kuvvet Antrenmanlarının Etkileri <b>4</b>                                                                                                 |
| 2.3.                                  | Vibrasyon <b>4</b>                                                                                                                        |
| 2.3.1.                                | Vibrasyonun Etkileri <b>6</b>                                                                                                             |
| 2.4.                                  | İnsan Vücudunun Vibrasyona Verdiği Yanıtlar <b>6</b>                                                                                      |
| 2.5.                                  | Vibrasyon-Kas İğciği İlişkisi <b>7</b>                                                                                                    |
| 2.6.                                  | Vibrasyon-Motor Ünite İlişkisi <b>7</b>                                                                                                   |
| 2.7.                                  | Vibrasyon Egzersizi/Antrenmanı <b>7</b>                                                                                                   |
| 2.8.                                  | Vibrasyon Antrenmanının Nöromüsküler Performansa Etkisi <b>8</b>                                                                          |
| 2.9.                                  | Tüm beden vibrasyon uygulamaları için tavsiyeler <b>9</b>                                                                                 |
| <b>MATERYAL VE METOT</b>              | <b>11</b>                                                                                                                                 |
| 3.1.                                  | Çalışma Grubu <b>11</b>                                                                                                                   |
| 3.1.1.                                | Proje Programı <b>14</b>                                                                                                                  |
| 3.1.2.                                | Antrenman yoğunluğunun belirlenmesi <b>14</b>                                                                                             |
| 3.1.3.                                | Isınma, soğuma ve uyum <b>15</b>                                                                                                          |
| 3.1.4.                                | Antrenman Programları <b>16</b>                                                                                                           |
| 3.2.                                  | Ölçümler <b>18</b>                                                                                                                        |
| 3.2.1.                                | Antropometrik Ölçümler <b>18</b>                                                                                                          |
| 3.2.1.1.                              | Boy ölçümü <b>18</b>                                                                                                                      |
| 3.2.1.2.                              | Ağırlık, Beden Kütle İndeksi(BKI), Vücut Yağ<br>Yüzdesi(%Yağ), Yağsız Beden Kütlesi(FFM)<br>ve Toplam Beden Suyu(TBW) Ölçümleri <b>18</b> |
| 3.2.1.3.                              | Uzunluk ölçümleri <b>19</b>                                                                                                               |
| 3.2.2.                                | Laboratuvar Testleri <b>19</b>                                                                                                            |



|                  |                                                                                                                                                                                                                              |           |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.2.1.         | İzokinetik Kuvvet Testi                                                                                                                                                                                                      | 19        |
| 3.3.             | İstatistiksel Çözümleme                                                                                                                                                                                                      | 20        |
| <b>BULGULAR</b>  |                                                                                                                                                                                                                              | <b>22</b> |
| 4.1.             | Antrenman Öncesi Son Durum Ölçüt Bulguları                                                                                                                                                                                   | 23        |
| 4.1.2.           | İzokinetik Test Değerleri                                                                                                                                                                                                    | 23        |
| 4.2.             | Antrenmana Bağlı Değişim Sonuçları                                                                                                                                                                                           | 25        |
| 4.2.2.           | Katılımcıların İzokinetik Test Değerleri                                                                                                                                                                                     | 25        |
| <b>TARTIŞMA</b>  |                                                                                                                                                                                                                              | <b>49</b> |
| 5.1.             | Başlangıç Değerleri                                                                                                                                                                                                          | 49        |
| 5.1.1.           | Antropometrik Değerlendirme                                                                                                                                                                                                  | 49        |
| 5.1.2.           | İzokinetik Zirve Kuvvet Değerleri                                                                                                                                                                                            | 50        |
| 5.2.             | İzokinetik Zirve Kuvvet Değişimleri                                                                                                                                                                                          | 50        |
| <b>SONUÇLAR</b>  |                                                                                                                                                                                                                              | <b>58</b> |
| <b>ÖNERİLER</b>  |                                                                                                                                                                                                                              | <b>60</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b> |                                                                                                                                                                                                                              | <b>62</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>  |                                                                                                                                                                                                                              | <b>71</b> |
| <b>EKLER</b>     |                                                                                                                                                                                                                              | <b>72</b> |
| Ek 1             | Test Ölçüm Formu                                                                                                                                                                                                             |           |
| Ek 2             | Nalbant Ö., Toktaş N., Toraman NF., Ögüş C., Aydın H., Kaçar C., Özkaya YG.(2009). Vitamin E and aerobic exercise: the effects on physical performance in older adults. Aging Clinical and Experimental Research;21:111-121. |           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                  |   |                                                                        |
|------------------|---|------------------------------------------------------------------------|
| <b>TBVA</b>      | : | Tüm Beden Vibrasyon Antrenmanı                                         |
| <b>TVR</b>       | : | Tonik Vibrasyon Refleksi                                               |
| <b>EMG</b>       | : | Elektro Manyetik Görüntüleme                                           |
| <b>TBV</b>       | : | Tüm Beden Vibrasyon                                                    |
| <b>VA</b>        | : | Vibrasyon Antrenmanı                                                   |
| <b>VS</b>        | : | Vibrasyon + Statik Antrenman Grubu                                     |
| <b>VD</b>        | : | Vibrasyon + Dinamik Antrenman Grubu                                    |
| <b>D</b>         | : | Dinamik Antrenman Grubu                                                |
| <b>S</b>         | : | Statik Antrenman Grubu                                                 |
| <b>K</b>         | : | Kontrol Grubu                                                          |
| <b>1TM</b>       | : | 1 Defada Kaldırılabilen Tahmini Maksimum Ağırlık Miktarı               |
| <b>TMA</b>       | : | Tahmini Maksimal Ağırlık                                               |
| <b>KA</b>        | : | Kaldırılan Ağırlık                                                     |
| <b>TSF</b>       | : | Tekrar Sayısı Faktörü                                                  |
| <b>%Yağ</b>      | : | Vücut Yağ Oranı(%)                                                     |
| <b>FFM</b>       | : | Yağsız Beden Kütlesi                                                   |
| <b>TBW</b>       | : | Toplam Beden Suyu                                                      |
| <b>BKİ</b>       | : | Beden Kütle İndeksi                                                    |
| <b>SPSS</b>      | : | Statistical Package of Social Science                                  |
| <b>A.O±SS</b>    | : | Aritmetik ortalama ±Standart Sapma                                     |
| <b>n</b>         | : | Denek sayısı                                                           |
| <b>60SADE</b>    | : | 60°/sn Hızda Sağ Diz Ekstansiyon Konsantrik Zirve Kuvveti              |
| <b>60SODE</b>    | : | 60°/sn Hızda Sol Diz Ekstansiyon Konsantrik Zirve Kuvveti              |
| <b>60SASODEF</b> | : | 60°/sn Hızda Sağ ve Sol Diz Ekstansiyon Konsantrik Zirve Kuvveti Farkı |
| <b>60SADF</b>    | : | 60°/sn Hızda Sağ Diz Fleksiyon Konsantrik Zirve Kuvveti                |
| <b>60SODF</b>    | : | 60°/sn Hızda Sol Diz Fleksiyon Konsantrik Zirve Kuvveti                |
| <b>60SASODFF</b> | : | 60°/sn Hızda Sağ ve Sol Diz Fleksiyon Konsantrik Zirve Kuvveti Farkı   |

|                  |   |                                                                        |
|------------------|---|------------------------------------------------------------------------|
| <b>90SADE</b>    | : | 90°/sn Hızda Sağ Diz Ekstansiyon Konsantrik Zirve Kuvveti              |
| <b>90SODE</b>    | : | 90°/sn Hızda Sol Diz Ekstansiyon Konsantrik Zirve Kuvveti              |
| <b>90SASODEF</b> | : | 90°/sn Hızda Sağ ve Sol Diz Ekstansiyon Konsantrik Zirve Kuvveti Farkı |
| <b>90SADF</b>    | : | 90°/sn Hızda Sağ Diz Fleksiyon Konsantrik Zirve Kuvveti                |
| <b>90SODF</b>    | : | 90°/sn Hızda Sol Diz Fleksiyon Konsantrik Zirve Kuvveti                |
| <b>90SASODFF</b> | : | 90°/sn Hızda Sağ ve Sol Diz Fleksiyon Konsantrik Zirve Kuvveti Farkı   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil                                                             | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.1. Tüm beden vibrasyon çalışmaları için farklı cihaz tipleri    | 10    |
| 3.1. Çalışma Grubu, Grupların Seçim Aşamaları ve Proje Uygulaması | 13    |
| 3.2. Boy ölçümü                                                   | 18    |
| 3.3. Tanita TBF 300                                               | 19    |
| 3.4. Cybex Cihazı                                                 | 20    |
| 4.1. Gruplara göre 60SADE değişimleri                             | 26    |
| 4.2. Gruplara göre 60SODE değişimleri                             | 29    |
| 4.3. Gruplara göre 60SASODEF değişimleri                          | 31    |
| 4.4. Gruplara göre 60SADF değişimleri                             | 33    |
| 4.5. Gruplara göre 60SODF değişimleri                             | 35    |
| 4.6. Gruplara göre 60SASODFF değişimleri                          | 37    |
| 4.7. Gruplara göre 90SADE değişimleri                             | 39    |
| 4.8. Gruplara göre 90SODE değişimleri                             | 41    |
| 4.9. Gruplara göre 90SASODEF değişimleri                          | 43    |
| 4.10. Gruplara göre 90SADF değişimleri                            | 45    |
| 4.11. Gruplara göre 90SODF değişimleri                            | 46    |
| 4.12. Gruplara göre 90SASODFF değişimleri                         | 48    |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| Çizelge                                                                     | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 3.1. Proje programı                                                         | 14    |
| 3.2. VS grubu çalışma programı                                              | 16    |
| 3.3. VD grubu çalışma programı                                              | 16    |
| 3.4. D grubu çalışma programı                                               | 16    |
| 3.5. S grubu çalışma programı                                               | 16    |
| 4.1. Katılımcıların gruplara göre antropometrik ölçümleri                   | 22    |
| 4.2. Katılımcıların 60°/sn sağ ve sol diz ekstansiyon ölçümleri ve farkları | 23    |
| 4.3. Katılımcıların 60°/sn sağ ve sol diz fleksiyon ölçümleri ve farkları   | 23    |
| 4.4. Katılımcıların 90°/sn sağ ve sol diz ekstansiyon ölçümleri ve farkları | 24    |
| 4.5. Katılımcıların 90°/sn sağ ve sol diz fleksiyon ölçümleri ve farkları   | 24    |
| 4.6. Katılımcıların 60SADE ölçümleri                                        | 25    |
| 4.7. Katılımcıların 60SODE ölçümleri                                        | 28    |
| 4.8. Katılımcıların 60SASODEF ölçümleri                                     | 29    |
| 4.9. Katılımcıların 60SADF ölçümleri                                        | 31    |
| 4.10. Katılımcıların 60SODF ölçümleri                                       | 34    |
| 4.11. Katılımcıların 60SASODFF ölçümleri                                    | 36    |
| 4.12. Katılımcıların 90SADE ölçümleri                                       | 38    |
| 4.13. Katılımcıların 90SODE ölçümleri                                       | 40    |
| 4.14. Katılımcıların 90SASODEF ölçümleri                                    | 42    |
| 4.15. Katılımcıların 90SADF ölçümleri                                       | 44    |
| 4.16. Katılımcıların 90SODF ölçümleri                                       | 46    |
| 4.17. Katılımcıların 90SASODFF ölçümleri                                    | 47    |

## GİRİŞ VE AMAÇ

Güç ve kuvvet ölçütleriyle tanımlanan nöromuskuler performans, hem sportif etkinliklerin başarısında, hem de günlük yaşamdaki işlevsel etkinliklerin yapılması ve geliştirilmesi açısından önemlidir. Literatürde, direnç/ağırlık çalışmaları olarak adlandırılan kuvvet antrenmanları rekreasyonel alan ve klinik alanların üzerine odaklandığı bir konu haline gelmiştir (1,2,3).

Son 20 yıldır yaygın olarak kullanılan Tüm Beden Vibrasyonu Antrenmanı (TBVA), tek başına ya da klasik kuvvet antrenmanı ile birlikte kullanılan nöromuskuler antrenman yöntemi olarak bilinmektedir. TBVA’da 2-10 mm amplitüdde ve 20-50 Hz veya daha fazla frekansta dikey sinüsoidal dalga biçiminde vibrasyon açığa çıkaran bir platform üzerindeki birey, statik veya dinamik alıştırmalarla ya da alıştırmayı yapmadan ayakta durarak ya da değişik pozisyonlarda hareketi yapabilir. Araştırmalar tüm vücudun düşük amplitüdlü yüksek frekanslı uyarımıyla kas kuvveti, kas gücü ve dengenin geliştirilebildiğini ve kemiklerin mekanik yeterliliğinin arttığını göstermektedir (4,5,6,7,8,9,10).

Vibrasyon antrenmanlarının performans, rehabilitasyon ve sağlık olmak üzere üç temel alanda uygulandığı görülmektedir (4,10). Vücudun vibrasyona reaksiyonu sadece biyomekanik değil, aynı zamanda fizyolojiktir. Vibrasyonun performans artışında kas içi koordinasyonu ile ilişkili birçok faktör yoluyla kas kuvvetini etkilediği varsayılır (4,5,10,11). Vibrasyona bağlı mekanik uyarım tüm bedene yayılarak duyu reseptörleri ve özellikle kas içi uyarımları uyarır. Uyarılan kas içi primer sonlanmaları  $\alpha$ -motor nöronu aktive eder.  $\alpha$ -motor nöron aktivasyonu, homonim motor ünitelerin kasılmasına neden olur ve sonuçta kasta tonik kasılma, “tonik vibrasyon refleksi (TVR)” gelişir (9,10,12). Vibrasyon yapılan kaslardaki elektro manyetik görüntüleme (EMG) kayıtları, TVR aktivasyonunu doğrular niteliktedir (4,9,10,13,14,15). Vibrasyona bağlı kas kuvveti artış nedenlerinden biri de motor ünite senkronizasyonundaki ve sinerjist kasların ko-kontraksiyonundaki artıştır (10). TBVA’nın nöral dürtüyü arttırdığı ve aktif olmayan motor ünitelerde rekrutmana neden olduğu düşünülmektedir (5,10,16). Vibrasyon sırasında motor ünitelerin rekrutman eşiği istemli kasılmalarla göre daha düşük olduğu için yüksek eşikli hızlı zincir motor ünitelerin daha hızlı aktive olması ve sonuçta daha büyük antrenman uyarısı ortaya çıkması olasıdır (5,14,17,18). Nöromuskuler sistemdeki bu etkiler, klasik kuvvet antrenmanına kıyasla daha büyük yüklenmelere neden olacaktır (4). Vibrasyon uygulamaları ile ilgili ilginç bir bulgu da maksimum yüklenme sırasında harcanan efor algılamasının daha az olmasıdır (10,11).

TBVA uygulamasıyla ilgili akut ve kronik performans artışına ilişkin bilimsel kanıtların yetersiz olduğu bildirilmektedir (10). TBVA’nın kuvvette, hızda ve güçte

artış olduğunu bildiren araştırmaların yanı sıra (7,9,15,19,20,21,22,23), performansta azalma olduğu ya da değişiklik olmadığı şeklinde sonuç veren bilimsel yayınlar da vardır (14,24,25,26). Bilimsel literatürde TBVA etkinliğine ilişkin araştırma sonuçlarındaki tutarsızlığının en önemli nedeni, farklı vibrasyon antrenman protokollerinin kullanılması (vibrasyon özellikleri -frekans ve amplitüd-, vibrasyon uygulanan süre, vibrasyon uygulaması bitimi ve uygulama sonu ölçümlerin yapılması arasındaki süre) ve antrenman özelliklerinin (şiddet, kapsam, alıştırma tipleri,v.b.) net açıklanmamasıdır.

Araştırmalarda TBVA'nın performansa etkisini belirlemek üzere kas izometrik ve dinamik kuvveti (7,11,13,14,15,16,19,20,21,27,28,29,30,31,32,33), tekrarlı sıçrama yüksekliği ve süresi (5,7,9,13,19,20,28,34,35), kuvvette dayanıklılık ve farklı mesafelerde sprint koşu süresi (9,36), patlayıcı güç (9,19,31,36), esneklik (37), adım uzunluğu ve adım oranı (9) ve hormonlar (22) gibi son durum ölçütlerinin seçildiği ve çalışmaların daha çok amatör (16,30,33,36) ve elit (9,15,16,19,22,31,35,37) sporcular ile hastalar üzerinde (7,32,38) yapıldığı görülmektedir. İyi antrene elit sporcularda yapılan şiddetli yüksek direnç antrenmanı, pliometrik alıştırma ve koşu çalışmalarının hızlı zincir FT kas fibrillerinin özgün olarak antrene edilebilmesine olanak sağladığı bilinmektedir (16). Ayrıca bu sporcularda kas kuvveti, motor nöron eksitabilitesi, hızlı zincir fibril rekrutmanı ve refleks duyarlılığı iyi gelişmiştir (39). Bu nedenle iyi antrene elit sporcularda TBVA'nın akut olumlu etkileri bildirilmesine karşın (11,16), kronik etkisiyle performansı etkilememesi olasıdır. Deneyimli olmayan sporcuların ya da sedanterlerin TBVA yoluyla kasa nöral dürtüyü arttırmakta daha avantajlı oldukları savunulmaktadır (27). Literatür taramasında, aktif sporcu olmayan sağlıklı gençlerde TBVA'nın performansa etkisi ile ilgili az sayıda araştırma yapılmış olduğu belirlenmiştir (28).

TBVA'nın performansa etkileri ile ilgili hiçbir araştırma, seçtiği protokolün diğerine üstünlüğü konusunda net bir açıklama getirememektedir. TVR kasın kasılma öncesi düzeyi, vücudun pozisyonu ve vibrasyon özellikleri (vibrasyon dalga formu, amplitüd ve frekans) gibi birçok faktörden etkilenebildiği için, TBVA araştırmalarında etkilediği varsayılan tüm değişkenlerin dikkate alınması zorunludur. Vibrasyona verilen yanıt aynı zamanda bireyin kendindeki, yani “vibrasyon sırasındaki oryantasyonu (baş pozisyonu), vücut pozisyonu (oturma ya da ayakta durma), postür (gergin ya da gevşek)” gibi ve bireyler arasındaki değişikliklerden, yani “yaş (çocuk ya da erişkin), beden dinamiği (beden tarafından absorbe edilen güç miktarı), cinsiyet ve bireyin psikolojik hazırlığı” gibi etkilenebilir(10). TBVA'nın performansa etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda bireylerin fiziksel uygunluk parametrelerine bakılmıştır. Bu nedenle yaptığımız çalışmada TBVA programını etkileyecek değişkenler dikkate alınmıştır.

Bu çalışmanın asıl amacı, vibrasyon antrenmanının kuvvet gelişimine etkisini belirlemektir. Ayrıca; a) Vibrasyon antrenmanı sırasında yapılacak statik ya da dinamik alıştırma kuvvete etkisini karşılaştırmak ve b) Vibrasyon antrenmanı ile sağlanan kuvvet gelişiminin ne kadar sürdürüldüğünü saptamak amaçlanmıştır.

## GENEL BİLGİLER

İnsan hareketleri; yerçekimi kuvveti, sürtünme kuvvetleri, eylemsizlik kuvveti, rakibin kuvveti gibi dış kuvvetlerle, hareketi meydana getiren kasların ürettiği gerim ile üretilen iç kuvvetlerin karşılıklı etkileşimiyle gerçekleşir. Sporda kuvvet ve güç ise, bütün kasların yarattığı, bir direnci karşılamaya ya da yenmeye yönelik etkidir. Çoğu kez kas sisteminin temel özelliklerinden biri sayılır ve buna göre de, bir dirençle karşı karşıya kalan kasların kasılabilme yeteneği ya da bu direnç karşısında belirli bir ölçüde dayanabilme yeteneği olarak yorumlanır. Antrenman biliminde ise bu kavram insana özgü motorik bir temel özellik olarak tanımlanır. Bu özellik spor başarısında dış etkiler ile (antrenman uyarmalarıyla) değişebilir ve başarının niteliği açısından da önemlidir (40).

Yapılan araştırmalara göre; kuvveti etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar, kuvvet gelişimi, kasların kasılabilme büyüklüğü, kasılma süresi, antrenman kalitesi, antrenman sayısı, uygulanan metot, çalışma düzeni, eklemlerin çalışma açısı, beslenme ve mevsim şartları gibi dış etkenlerdir (41).

### 2.1. Kuvvetin Geliştirilmesi

Kuvvet yaşla birlikte; boy, kilo, iskelet sistemindeki kaldıraçlar oranında ve bütün vücudun kas kitlesindeki artışına bağlı olarak artar (42).

Kuvvet antrenmanları, kişinin özellikleriyle bütünleştirilmelidir. Antrenmanlarda dikkat edilecek nokta; sporcuya uygun şiddette yüklenilmesi ve uygun dinlenme ilkesi uygulanmasıdır (43).

Kuvvetin büyüklüğü genelde beş faktöre bağlıdır:

- Kasın fizyolojik kesitinin büyüklüğü,
- Yapılan hareketlere katılan kaslar arasındaki koordinasyon,
- Kas içi koordinasyon,
- Kas fibril türü,
- Motivasyon (44).

Ayrıca ağırlık kaldırma metotları da kuvvetin gelişimi; ağırlığın miktarı, kaldırma ritmi, tekrar ve set sayısı gibi değişkenlerce yönlendirilir. Bu şekilde değişik amaçlarla çok çeşitli ağırlık kaldırma çalışmaları düzenlenebilir (45).



Kuramcılara göre, kuvvet gelişimi için direncin, kişinin maksimal kuvvetinin en az %30'una eşit olması gerekir. Kaldırılan ağırlıkların maksimal kuvvet değerlerinin % 40–60 arası olması kuvvette devamlılık, % 60–80 arası olması çabuk kuvvet ve % 80–100 arası olması da maksimal kuvvet kazanımı sağlar. Ancak bu konuda tam bir fikir birliği yoktur. Değişik araştırmacılar değişik değerler verir. Antrenmanlarda dikkat edilecek nokta, sporcunun uygun dozda yüklenmesi yanında dinlenmesi için de yeterli zaman tanınmasıdır (46).

## **2.2. Kuvvet Antrenmanlarının Etkileri**

Kuvvet antrenmanlarında, kısa bir sürede kasların gelişmeleri sağlanırsa da antrenmana ara verildiğinde veya antrenmanlar bırakıldığı zaman elde edilen gelişme kısa sürede kaybolur. Bu nedenle kuvvet gelişimine yönelik antrenman ne kadar uzun süreli olursa, o ölçüde de korunabilir. Kas kuvvetinin devamlılığının sağlanması, organizma içindeki bazı fizyolojik ve biyokimyasal uyum süreçlerinin gelişmesi ile oluşur. Antrenman içerisinde yüklenme uyarılarının optimal düzeye ulaşması durumunda, kan dolaşımının hızlanması ve kaslara daha fazla kan ve oksijen gitmesi sonucu antrenman etkinliğine bağlı olarak uyum süreci başlar ve bu da kılcal damarların çoğalmasına yol açarak sistemi büyütür. Bu sistemin büyümesi durumunda kan dolaşım sistemi de büyür. Bunun sonucu olarak kan akımı, kan ve hücre arasındaki temas süresi arttığından hücre, kandaki oksijeni daha iyi değerlendirir. Bilindiği gibi dayanıklılığın gelişmesi oksidasyon enerji kaynaklarına bağlıdır. Kuvvette dayanıklılığın gelişmesi için yapılan antrenman sonucunda karaciğer ve kas hücrelerinde görülen glikojen birikimleri kasın enerji ihtiyaçlarını karşılayarak faaliyete devam etmesine izin verir. Antrenman süreci içinde kasın çabukluk özelliğinin gelişmesi, kuvvet antrenman yöntemlerine uygun seçilmiş yüklenmelerle yapılan uyarılarla olur. Yapılan uyarılar sonucu kası oluşturan motor ünitelerin zaman içerisinde hızlı kasılanları devreye sokarak yavaş olanları devre dışı bırakmasıyla kas kendini zorlar ve daha hızlı kasılma özelliğini geliştirir (47). İnsanda yaş ile birlikte kas kitlesi arttıkça kuvvette artar. En yüksek değerlere bayanlarda 20 erkeklerde ise 20–30 yaşlarında ulaşılır (48).

Kuvvet antrenmanları ile kas lif sayıları artmamakta fakat lif içerisindeki myofibril ve diğer hücre elemanlarında meydana gelen artışlarla kas lifleri büyümektedir. Antrenmanlarda kas gelişimi ve kuvvetin artışı kasa uygulanan yüke bağlıdır. Yapılan çeşitli araştırmalarla maksimal yüklenme şiddetine yakın (%80 ve üzeri) antrenmanların haftada 3 gün ve 6–8 hafta süre ile uygulanması ile kas kuvvetinde % 25–30 arasında bir artış meydana geldiği bildirilmektedir (48).

## **2.3. Vibrasyon**

Vibrasyon, bir cismin dinlenik konumuna göre düzenli veya düzensiz olarak oluşturduğu periyodik hareketlerle meydana gelen mekanik salınımlar olarak tanımlanmaktadır. Bir cismin pozitif ve negatif yöndeki en büyük yer değiştirmesi olarak tanımlanan vibrasyonun genliği yani salınının büyüklüğünü milimetre (mm) cinsinden belirlerken, birim zamanda tamamlanan vibrasyon sayısı olarak tanımlanan vibrasyon frekansı da salınının tekrarlama hızını Hertz (Hz) cinsinden belirlemektedir (49).

Doğada bulunan her madde rezonans olarak adlandırılan kendi doğal frekansında titretilmektedir. Biyolojik dokular da doğadaki diğer maddelerden farklı değildir. Örneğin, iç organların ve omurganın 8 Hz, gözlerin 20 Hz ve kasların 7-15 Hz arasında bir rezonansa sahip oldukları belirtilmektedir. Rezonans frekansı vücut ağırlığı, kas sertliği ve vücut pozisyonu gibi faktörlerden etkilenmektedir ve vibrasyon çalışmalarında rezonansın dikkate alınması ve engellenmesi gerekmektedir (50). Vibrasyonun neden olduğu zararlı etkiler ve sorunlar, bu etkileri engellemeye veya azaltmaya yönelik çalışmaların işyeri sağlığı ve güvenliği ile ergonomi gibi alanlarda çalışılmasına ve aynı zamanda güvenlik standartlarının oluşturulmasına neden olmuştur (51,52).

Bu yaklaşımın yanında literatüre bakıldığında vibrasyonun bir tedavi ve rehabilitasyon yöntemi olarak tıp ve fizik tedavi alanlarında da kullanıldığı görülmektedir. Çalışmalar vibrasyonun kas ve kemik ağrısını azaltmada (53,54,55), kuvvet hissini arttırmada (56,57) ve kemik mineral kaybını azaltmada (58) da etkili olduğunu göstermiştir.

Düşük amplitüdlü, düşük frekanslı vibrasyonun insan vücuduna zarar vermediği ve kas gücünü arttırmak için etkin bir yol olduğu uzun yıllardır savunulmaktadır (49). Ancak kas gücünü ve kuvvetini arttırmak için en çok tercih edilen yol direnç antrenmanları, serbest ağırlıklar ve ağırlık makineleri ile yapılanlardır (59). Kuvvet ve güç gelişimini klasik direnç antrenmanlarından daha etkili bir şekilde arttırmak için direnç antrenmanlarını vibrasyon uygulamalarıyla birleştiren yöntemlere vibrasyon antrenmanları (VA) denmiştir (60).

Vibrasyon uygulamalarının kas boyunda minör değişikliklere neden olduğu ve vibrasyon antrenmanlarının kas performansına ağırlık antrenmanları ile aynı etkileri yaptığı öne sürülmüştür (61). Vibrasyon uyarılarının, normalde kullanılmayan motor ünitelerin kullanılmasını sağladığı, bu etkinin yanı sıra mekano sensörler (kas fibrilindeki primer afferentler) yolu ile nörotransmitter salınımını artırıp nöromusküler iletiyi kolaylaştırdığı da savunulmuştur (62).

Vibrasyon osilatuar hareketlerle karakterize bir mekanik uyarıdır. Vibrasyonun yoğunluğunu belirleyen biyomekanik parametreler, onun amplitüdü, frekansı ve gücüdür. Osilatuar hareketin uzunluğu onun amplitüdünü (bir hareketten diğerine kadar olan ve milimetre cinsinden ifade edilen mesafe), hareketin belli zaman dilimi içinde tekrarlanma sayısı frekansını (Hz) ve ivmelenmesi de gücünü verir. Son yıllarda kuvvet antrenmanlarında bu yöntemin kullanımı çok yaygınlaşmış ve bu amaçla geliştirilen cihazların sayısı artmıştır (örneğin; Nemes, Galileo vb. marka vibrasyon antrenmanı cihazları) (63).

Bu tekniğin sporda kullanılmaya başlaması kas uyarımını arttıran cihaz ve yöntemlerin daha kolay kullanılabilir hale gelmesi ile mümkün olabilmiştir. Bu yöntemi sporcularda performans artımı amacıyla ilk kullanan kişi Rus cimnastik antrenörü Nasarov'dur. Nasarov, vibrasyonun eklem hareket genişliğinde hızlı bir artış

oluşturduğunu saptamış ve ağrı eşiğini değiştirmiş olabileceğini öne sürmüştür. Nasarov vibrasyonun kan dolaşımını arttırabileceğini de öne sürmüştür (5).

### **2.3.1.Vibrasyonun Etkileri**

Vibrasyon antrenmanları tendon vibrasyonu ile oluşan TVR' nin modifiye edilmesi sonucu geliştirilmiştir. TVR, tendon ya da kasların lokal stimülasyonu ile oluşan refleksif bir kontraksiyondur (64). Kas uzunluğundaki değişimler (kısılma), kas içcikleri tarafından algılanır ve medulla spinalisi uyarır ve kasa dönen  $\alpha$ -motor nöron uyarısı artar. Bu durum kasta EMG aktivitesinde bir artış olarak gösterilebilir. Kas bu yolla üst merkezlerden kontrol edilmeksizin bir miktar kuvvet üretebilir (65). Vibrasyon uygulamalarında gözlenen EMG aktivitesindeki artış istemli kas aktivasyonunda elde edilen artıştan daha fazladır (49). Bu artışlar, bu refleks mekanizma ile daha fazla sayıda motor ünitenin senkronik olarak işe katılması ve bunların uyarı frekanslarının artmasından kaynaklanabilir. Hemen hemen çalışmaların çoğunda vibrasyon antrenmanları ile beraber submaksimal ya da maksimal kontraksiyonlar uygulanmıştır. Böyle yapılarak normal ağırlık antrenmanlarına oranla uyarı akışının çok daha fazla olabildiği öne sürülmüştür. Maksimal kasılmalar sırasında, vibrasyon uyarıları normalde kullanılmayan motor ünitelerin kullanılmasını sağlar (66). Bunun da iletiyi kolaylaştırdığı öne sürülmüştür (61,62).

### **2.4. İnsan Vücudunun Vibrasyona Verdiği Yanıtlar**

Vibrasyon, kasa veya tendona uygulandığı zaman TVR kademeli olarak artan istemsiz kasılmalar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Vibrasyon uygulandıktan birkaç saniye sonra istemsiz kasılmalar başlamakta, kademeli olarak artmakta ve vibrasyon uygulaması sonlanana kadar kasılmalar hemen hemen sabit bir düzeyde devam etmektedir (50). Vibrasyon uygulaması sırasında oluşan bu motor tepki, kas içciklerindeki primer sonlanmaların (Ia uçları) vibrasyonla birlikte aktivasyonlarının artmasından kaynaklanmaktadır (67,68,69). Bilindiği gibi kas içcikleri merkezi sinir sistemine kasın boyuyla ilgili bilgi vermektedir. İskelet kasında normal kas fibrillerine ya da ekstrasfüzal fibrillere paralel bir şekilde uzanan kas içcikleri, intrafüzal fibriller olarak adlandırılan birkaç ince kas hücresinden oluşmaktadır. Kas içcikleri primer ve sekonder olmak üzere iki tür sinir sonlanmasına sahiptir. Kas uzunluğundaki dinamik değişimlere primer sonlanmalar yanıt verirken, sekonder sonlanmalar statik kas uzunluğuyla ilgili bilgiyi sürekli bir şekilde merkezi sinir sistemine iletmektedir. Ayrıca, kas içcikleri gama motor sinirler tarafından innerve edilmektedir ve sinirler uyarıldığında kas içciklerindeki intrafüzal fibrillerinin kasılmasını sağlamaktadır. Kas içcikleri gerildiği zaman, duyuşsal bilgi omuriliğe ulaşarak kası uyaran alfa-motor sinirlerin aktivasyonunun artmasına neden olmakta ve kasta gerim refleksi olarak adlandırılan refleks bir kasılma oluşmaktadır (70). Vibrasyon uygulamasıyla birlikte kas içciklerindeki primer sonlanmaların aktivasyonu artmaktadır. Artan primer sonlanma aktivasyonunun kasta TVR'yi (71) ya da tekrarlı gerim refleksini oluşturduğu ve bunların sonucunda kastaki kasılmaların arttığı belirtilmiştir (49).

## **2.5.Vibrasyon-Kas İğciği İlişkisi**

Kasa veya tendona uygulanan vibrasyonun kas iğciklerinin aktivasyonuna olan etkisi uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmiştir ve çalışmalar kas iğciği aktivitesinin vibrasyon uygulamasıyla birlikte arttığını göstermiştir. Yapılan çalışmalarda hem kasılmayan hem de izometrik olarak kasılan tibialis anterior, peroneus longus ve brevis, ekstansör digitorum longus ve gastroknemius kaslarına 20-220 Hz frekans aralığında ve 1,5 mm genlikte uygulanan lokal vibrasyonun kas iğciği aktivitesini artırdığı belirlenmiş ve artan vibrasyon frekansı ile birlikte kas iğciği sonlanmalarının tepkisinin ve boşalım hızlarının da arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, primer sonlanmaların sekonder sonlanmalara göre daha yüksek boşalım hızına sahip oldukları da belirlenmiştir (67,68). Benzer bir çalışmada da ekstansör digitorum longus ve lateral peroneal kaslarının distal tendonlarına 30 saniye süreyle uygulanan vibrasyonun (80 Hz, 0,5 mm) tüm kas iğciği primer sonlanmalarının boşalım hızlarında bir artışa neden olduğunu tespit edilmiştir (69).

## **2.6.Vibrasyon-Motor Ünite İlişkisi:**

Vibrasyon uygulamasıyla birlikte oluşan TVR ve artan kas iğciği aktivasyonunun, motor ünitelerin ateşleme ve boşalım hızlarında da bir artışa neden olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (72,73). Sabit frekans (150 Hz) ve genlikte (1,5 mm) triseps kasına uygulanan lokal tendon vibrasyonunun yorgunluğa ulaşmış kaslarda TVR ile birlikte, EMG aktivitesinde ve motor ünite ateşleme hızında bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (72). Benzer bir çalışmada maksimal istemli kasılmanın %20'sinde yapılan kasılmalar sonucu ortaya çıkan kas yorgunluğu sırasında periyodik olarak uygulanan (2 sn vibrasyon 10 sn ara) vibrasyonun motor ünite boşalım hızını artırdığı tespit edilmiştir (73).

## **2.7. Vibrasyon Egzersizi/Antrenmanı**

Son yıllarda vibrasyon spor ve egzersiz bilimleri alanında özel bir egzersiz ve antrenman yöntemi olarak da kullanılmaya başlanmış ve araştırmacıların oldukça ilgisini çekmiştir. Vibrasyonun bir egzersiz ve antrenman yöntemi olarak kullanıldığı ilk çalışmada kuvvet antrenmanı ile birleşmiş vibrasyon uygulaması sonrası kuvvette anlamlı artışlar elde edilmiştir (50). Bu çalışmadan yola çıkılarak, vibrasyonun bir performans geliştirme yöntemi olarak kullanılması vibrasyon stimülasyonu (74), vibrasyon egzersizi veya vibrasyon antrenmanı (75,76,77) olarak adlandırılmıştır. Özellikle 2000'li yıllarla birlikte vibrasyonun bir egzersiz/antrenman yöntemi olarak kullanıldığı çalışmaların popülerlik kazanmasıyla birlikte, herkesin ulaşabileceği vibrasyon uygulayabilen ticari sistemler de ortaya çıkmıştır. Vibrasyon bir egzersiz ve antrenman yöntemi olarak iki farklı yöntemle uygulanmaktadır. Bunlardan ilk olarak ortaya çıkan ve lokal vibrasyon uygulaması olarak adlandırılan birinci yöntemde vibrasyon doğrudan çalışacak olan kasın en geniş kısmına (78,79,80) veya tendona (81,82) uygulanabildiği gibi aynı zamanda elde tutulan bir vibrasyon kaynağıyla da (65,74,83) uygulanabilmektedir. Tüm beden vibrasyonu (TBV) olarak adlandırılan ikinci yöntemde ise, vibrasyon hedef kastan uzakta olan bir vibrasyon kaynağı tarafından (84,85,86) uygulanmaktadır.

Uygulanan vibrasyon egzersizi veya antrenmanının etkisi vibrasyonun özelliklerine bağlıdır (87). Vibrasyonun şiddetini belirleyen en önemli iki etken frekans ve genliktir (88). Bilindiği üzere insan vücudunda yumuşak dokular, kaslar, kemikler ve eklemler bir noktaya kadar vibrasyon sonucu oluşan mekanik enerjiye dayanma ve oluşan bu enerjiyi söndürme ve absorbe etme özelliğine sahiptir. Bu yüzden yapılacak çalışma amacına uygun olarak planlanmalıdır (50,88,89).

## **2.8. Vibrasyon Antrenmanının Nöromusküler Performansa Etkisi**

Lokal vibrasyon uygulamasının nöromusküler performansa etkisini inceleyen bir çalışmada on saniye süresince 6, 12 ve 24 Hz ve 4 mm genlikte uygulanan vibrasyonun, maksimal istemli izometrik kol kuvvetinde artışa, 48 Hz ve 4 mm genlikte uygulanan vibrasyonun ise azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (90). Benzer bir çalışmada aralıklı olarak toplam 60 saniye süren lokal vibrasyon uygulamasının (1 mm, 60 Hz) dirsek ekstansiyon kuvvetinde %10'luk bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (91). Başka bir çalışmada 30 saniye süreyle uygulanan lokal vibrasyonun (5 mm, 50 Hz) konsantrik izotonik kuvveti artırdığını, izometrik ve izokinetik kuvvetlerde ise bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir (80).

Akut vibrasyon uygulamasının yorgunluk koşulunda incelendiği bir çalışmada tükenene kadar yapılan maksimal izometrik diz ekstansiyonu sırasında uygulanan vibrasyonun (1,8 mm; 20 Hz) izometrik diz ekstansiyonu dayanıklılığında %30'luk bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (92). Benzer şekilde 30 dakikalık lokal vibrasyon uygulaması (2-3 mm; 30 Hz) sonrasında maksimal izometrik diz kuvveti, kuvvet oluşturma hızında ve EMG aktivitesinde düşüş olduğu belirlenmiştir (79).

Yapılan başka bir çalışmada 3 haftalık lokal vibrasyon antrenmanının (3mm, 44 Hz) maksimal kuvvete etkisi incelenmiş, ayrılan gruplar: birinci grup haftada 3 kez vibrasyon uygulamasıyla birlikte 3 tekrarlı 3 set beş pull antrenmanına katılmış, ikinci grup aynı antrenmana vibrasyon uygulaması olmadan katılmış, kontrol grubu ise hiçbir aktiviteye katılmamıştır. Üç haftalık antrenman sonrasında vibrasyonsuz kuvvet antrenmanına katılan deneklerin maksimal izotonik kuvvetinde %16'lık bir artış belirlenirken, vibrasyonlu antrenman grubunda bu artış %49,8 olarak belirlenmiştir (74). Bu doğrultuda, vibrasyon antrenmanının izotonik kuvvetin geliştirilmesinde normal kuvvet antrenmanına göre daha etkili olduğu görülmektedir.

Vibrasyonun nöromusküler performansa akut etkisini inceleyen çalışmalar incelendiğinde farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Yapılan bir çalışmada 4 dakikalık vibrasyon (4mm, 15-30Hz) uygulamasının sıçrama yüksekliği ve izometrik ekstansiyon kuvvetinde artışa neden olduğu belirlenirken farklı bir çalışmada tükenene kadar yapılan yarım skuat hareketi sırasında uygulanan vibrasyonun (6mm, 26Hz) sıçrama yüksekliği ve izometrik diz kuvvetinde bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir (93). Bu çalışmaların aksine, yarım skuat egzersizi sırasında bir dakikalık on tekrarlı vibrasyon uygulanmasının (4mm, 30Hz) maksimal izometrik kuvvette azalmaya neden olduğu belirlenmiştir(94).

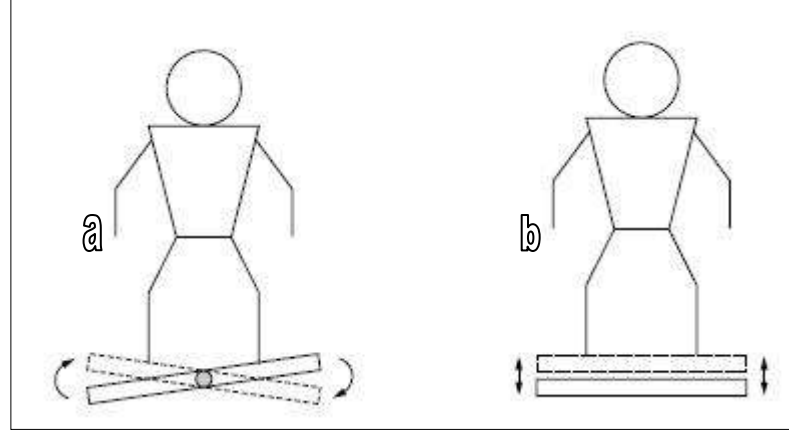
Vibrasyonun kronik etkilerini inceleyen çalışmalar incelendiğinde bir antrenman yöntemi olarak vibrasyonun en az 10 gün (83,84), en fazla ise 6 ay süresince (86,95) uygulandığı görülmektedir. Vibrasyonun 10 gün gibi kısa bir sürede uygulanmasının ortalama güç, güç çıkışı ve sıçrama yüksekliğini artırdığı belirlenirken (83,84), 6 ay süresince haftada 3-5 gün uygulanmasının patlayıcı güç (95), izometrik ve izokinetik kuvvet ile sıçrama yüksekliğinde (86) anlamlı artışlara neden olduğu tespit edilmiştir.

## **2.9.Tüm Beden Vibrasyon Uygulamaları İçin Tavsiyeler**

Vibrasyon çalışmaları öncesinde yapılması gereken ilk iş yapılacak çalışmanın niteliğini belirlemektir. Bu nitelik çalışmanın kalitesini belirleyecektir. Sporcu-sedanter, genç-orta yaşlı-yaşlı, kadın-erkek ve sağlıklı-hasta bilgisi bize yapacağımız çalışmanın ilk ipuçlarını verir. Yapılacak uygulamalarda yüklenme bölgesi, yüklenmeler, dinlenmeler, çalışma açıları ve çalışma şekilleri iyi bir şekilde planlanmalıdır (96).

Tüm beden vibrasyon antrenman programları dizayn edilirken dikkat edilmesi gereken birkaç faktör vardır. Bunlar :

1. Vibrasyon platformunun tipi (vertikal- sinusoidal)
2. Vibrasyon sıklığı (Hz)
3. Amplitüd (mm)
4. Beden kompozisyonu (vücut pozisyonu ve eklem açıları)
5. Egzersiz tipi (statik- dinamik)
6. Her bir egzersiz için set sayısı
7. Haftalık egzersiz sayısı
8. Her bir egzersiz sonrasındaki dinlenme süresi
9. Egzersizler arası dinlenme periyodu
10. Ayakkabı seçimi



**Şekil 2.1.** Tüm beden vibrasyon çalışmaları için farklı cihaz tipi; a) vertikal, b) sinusoidal

Birçok çalışmada giyilen cimnastik patiklerinin çeşitli ayak zedelenmelerine sebep olduğu ve spor ayakkabılarının verdiği rahatlığı vermeyerek etkiyi azalttığı görülmüştür. Bunun yanında postmenapozal bayanlardaki çalışma yüklenmelerine dikkat edilmelidir. Gençlerde ise tek başına vibrasyon uygulamaları etkili olmayabilir. Bunun yanında ek ağırlıklar da kullanılabilir. Sağlıklı bireylerde yapılan uygulamalarda statik ya da dinamik tek ya da çift bacak skuat çalışmaları kuvvet kazanımı için oldukça uygun çalışmalardır (96).

## MATERYAL VE METOT

### 3.1.Çalışma Grubu

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Daimi Etik Kurul onayı [Etik Kurul Tarih; 12/11/2008, Sayı; B.30.2.AKD.0.01.00.00/Etik-494] ile çalışmaya katılacak olan gönüllüler; Akdeniz üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu spor yöneticiliği, rekreasyon, beden eğitimi ve spor öğretmenliği, antrenörlük eğitimi bölümlerinden ve üniversitede seçmeli ders olarak beden eğitimi dersi alan, son altı ay içerisinde bir spor kulübüne bağlı ya da kendi başına düzenli olarak antrenman yapmayan öğrenciler arasından seçildi.

Araştırmaya; 17-21 yaş arasında ve erkek olan, fiziksel aktivite programına katılmasında sakınca olmadığı hekim tarafından belirlenen, başka herhangi bir spor aktivitesine katılmayan, kalça ve diz normal eklem hareket açıklığına sahip olan, beden kütle indeksi (BKİ) normal sınırlar içinde olan ve gönüllü olan katılımcılar alındı.

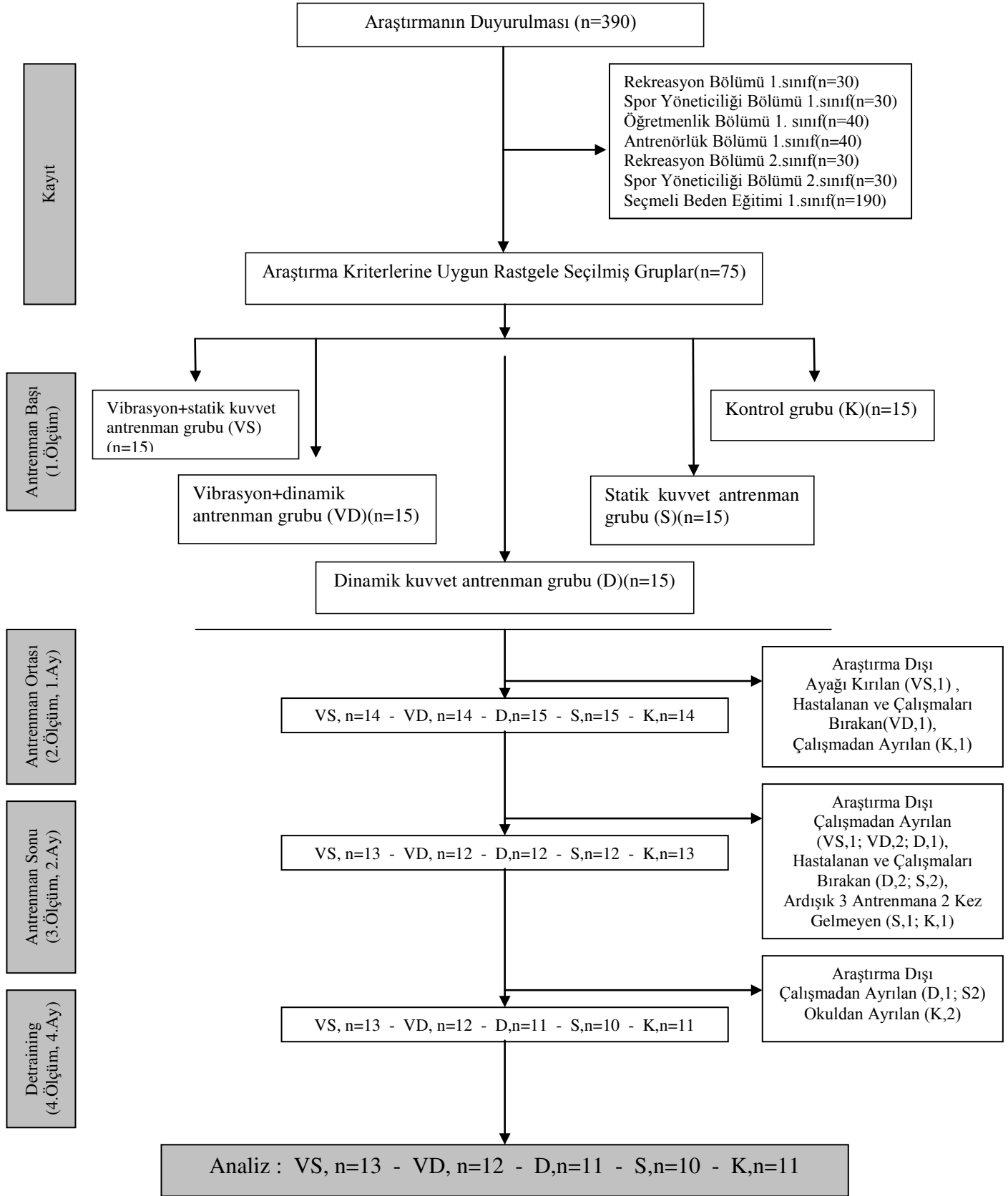
Araştırmadan; fiziksel aktivite programına devam etmek istemeyen, testlere veya fiziksel aktivite programına katılmasını engelleyecek yeni bir sağlık sorunu ortaya çıkan, ardışık 3 antrenmana 2 kez gelmeyen, il değiştiren ve çalışmadan ayrılmak isteyen katılımcılar çıkarıldı.

Örneklem büyüklüğü araştırmanın başlayacağı eğitim öğretim dönemindeki, Rekreasyon Bölümü (30 öğrenci), Spor Yöneticiliği Bölümü (30 öğrenci), Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü (40 öğrenci), Antrenörlük Eğitimi Bölümü (40 öğrenci), Rekreasyon Bölümü (30 öğrenci), Spor Yöneticiliği Bölümü (30 öğrenci) ve Seçmeli Beden Eğitimi Dersi alanlar (190 öğrenci) olmak üzere toplam 390 öğrenci evren büyüklüğünden, Holmes ve arkadaşlarının çalışmalarından elde ettikleri 60°/s hızda izokinetik kuadriceps femoris kas kuvveti ilk ölçümü dikkate alınarak (97); alfa 0.05 , beta 0.05 ve örneklem hatası(d) 0,10 ile çalışma % 95 güç öngörülerek örneklem büyüklüğü 61 olarak hesaplandı. [PASS (NCSS 2004 and PASS 2002 Citation Hirtze, J. (2001), NCSS and PASS. Number Cruncher Statistical Systems, Kaysville, Utah, www.NCSS.com)]. Araştırmada denek kaybı olacağı da düşünülerek örneklem büyüklüğü 75 birey olacak şekilde artırıldı.

Çalışma için bilgilendirilen 390 üniversite öğrencisinden 98' i çalışmaya katılmak için gönüllü oldu. 98 öğrenciden 85' i yapılan ölçümler ve testler sonucunda çalışmaya alınmak için kriterleri sağladı. Ancak çalışma öncesi 7 tane katılımcı, gönüllü katılım belgesini imzalamadığı ve 3 katılımcı da derslerinin yoğunluğundan dolayı katılamayacaklarını belirttiklerinden, araştırma dışı bırakıldı. Denekler excel programında rasgele numara verilerek, kura yöntemi ile ve eşit sayıda



gruplara ayrıldı. Gruplar; Grup 1, vibrasyon + statik kuvvet antrenman grubu (VS); Grup 2, vibrasyon + dinamik antrenman grubu (VD); Grup 3, dinamik kuvvet antrenman grubu (D); Grup 4, statik kuvvet antrenman grubu (S) ve Grup 5, kontrol grubu (K) şeklinde oluşturuldu. Grupların ölçümleri antrenman başında, antrenman ortası dönemde (1.ay sonunda), antrenman sonunda (2.ay sonunda) ve detraining dönemde (4.ayda) yapıldı.



**Şekil 3.1.** Çalışma Grubu, Grupların Seçim Aşamaları ve Proje Uygulaması.

### 3.1.1.Proje Programı

Proje, aşağıda belirtilen program doğrultusunda yürütüldü.

**Çizelge 3.1.** Proje programı.

| Tarih                   | Program Detay                                                                                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Şubat–20 Şubat 2010   | Duyurular yapıldı                                                                                                              |
| 22 Şubat–19 Mart 2010   | Başvurular alındı ve katılımcılar belirlendi                                                                                   |
| 22–26 Mart 2010         | İlk ölçümler yapıldı                                                                                                           |
| 29 Mart–2 Nisan 2010    | Antrenman programları anlatıldı ve ilk tanıtım uygulamaları yapıldı                                                            |
| 5–30 Nisan 2010         | Antrenman başı, ilk ay çalışması yapıldı                                                                                       |
| 3–7 Mayıs 2010          | Antrenman ortası, ikinci ölçümler yapıldı                                                                                      |
| 3–28 Mayıs 2010         | İkinci ay çalışması yapıldı                                                                                                    |
| 31 Mayıs–4 Haziran 2010 | Antrenman sonu, üçüncü ölçümler yapıldı                                                                                        |
| 2–6 Ağustos 2010        | Planlanan antrenman sonrası 2. ay detraining ölçümleri yaz tatiline rastladığından ve katılımcılara ulaşamadığından yapılamadı |
| 4–15 Ekim 2010          | Antrenman sonrası 4. ay detraining ölçümleri yapıldı                                                                           |

### 3.1.2.Antrenman Yoğunluğunun Belirlenmesi

Antrenman gruplarına haftada 3 gün, toplam 2 ay süre ile çalışma yaptırıldı. Antrenmanların yoğunluğunun belirlenmesinde bir defada kaldırılabilen tahmini maksimum ağırlık testi (1TM) kullanıldı.

Maksimal ağırlığın hesaplanması için tekrar sayısı ile tekrar faktörünü ilişkilendiren bir formül kullanıldı. Tahmini maksimal ağırlık(TMA), kaldırılan ağırlık(KA) ile tekrar sayısı faktörü(TSF) çarpımına eşittir (98). Tahmini ağırlık bulunurken kullanılan formül ve TSF tablosu aşağıda gösterilmiştir.

$$TMA = KA / TSF$$

| Maksimal Tekrar Sayısı | Standart Sayı Faktörü |
|------------------------|-----------------------|
| 2 MT                   | 0,955                 |
| 3 MT                   | 0,917                 |
| 4 MT                   | 0,885                 |
| 5 MT                   | 0,857                 |
| 6 MT                   | 0,832                 |

Tahmini maksimal ağırlık hesaplamasına bir örnek:

40 kg ağırlığı en çok 6 kez kaldırıp 7 kez kaldıramayan bir sporcunun bir defada kaldırabileceği makimal ağırlık:

$$TMA = KA * TSF$$

$$TMA = 40 \text{ kg} / 0,832 = 48.07 \text{ kg}$$

Antrenmanlar öncesinde skuat çalışması için bireylerin kuadriiceps femoris kas kuvvetinin 1TM' leri hesaplandı. Maksimaller göz önünde bulundurularak çalışmaya katılan bireylerin yoğunluk yüzdeleri antrenman programı doğrultusunda belirlendi. Birinci ayın sonunda çalışılan yükün %10'u kadar ilave bir ağırlık eklenerek çalışmalara devam edildi. Başlangıçta tüm grupların çalıştıkları ağırlık, ortalama 40–55 kg arasındaydı. Birinci ayın sonunda ise 45–60 kg ağırlık ortalamasıyla çalışmaya devam edildi.

### **3.1.3. Isınma, Soğuma ve Uyum**

Antrenman için ısınma ve soğuma süresi 20 dakika olarak uygulandı. Isınmadaki alıştırılmalarda, uygulamadaki hareketler, ağırlık olmadan yapıldı. Çalışmalara başlamadan önce ilk bir hafta, ardışık olmayan üç gün boyunca antrenmanlarda uygulanacak hareketler hafif ağırlıklarla ve düşük amplitüdde(2 mm) yapılarak katılımcıların çalışmaya uyumu sağlandı.

### 3.1.4. Antrenman Programları

**Çizelge 3.2.** VS grubu çalışma programı.

|               |                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| Çalışma       | Skuat (90°, 135°)                                           |
| Yoğunluk      | 1 TM' nin % 80'i                                            |
| Frekans       | 50 Hz                                                       |
| Amplitüd      | 4 mm                                                        |
| Set sayısı    | 5 Set                                                       |
| Tekrar sayısı | 6 Tekrar (6 – 8 saniye bekle ve ikinci açı pozisyonuna geç) |
| Dinlenme      | Setler arası 2 dakika                                       |

**Çizelge 3.3.** VD grubu çalışma programı.

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| Çalışma       | Skuat (90°'ye kadar otur-kalk) |
| Yoğunluk      | 1 TM' nin % 80'i               |
| Frekans       | 50 Hz                          |
| Amplitüd      | 4 mm                           |
| Set sayısı    | 5 Set                          |
| Tekrar sayısı | 6 Tekrar                       |
| Dinlenme      | Setler arası 2 dakika          |

**Çizelge 3.4.** D grubu çalışma programı.

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| Çalışma       | Skuat (90°'ye kadar otur-kalk) |
| Yoğunluk      | 1 TM' nin % 80'i               |
| Set sayısı    | 5 set                          |
| Tekrar sayısı | 6 tekrar                       |
| Dinlenme      | Setler arası 2 dakika          |

**Çizelge 3.5.** S grubu çalışma programı.

|               |                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| Çalışma       | Skuat(90°, 135°)                                            |
| Yoğunluk      | 1 TM' nin % 80'i                                            |
| Set sayısı    | 5 set                                                       |
| Tekrar sayısı | 6 tekrar (6 – 8 saniye bekle ve ikinci açı pozisyonuna geç) |
| Dinlenme      | Setler arası 2 dakika                                       |

VS ve S gruplarının 90 ve 135 derecelik açılardaki çalışmalarında doğru pozisyon açısının sağlanabilmesi için 1 haftalık uyum çalışmasında denemeler yapıldı. Denemeler sırasında uyluğa ve zemine, zeminle dik bir açı yapacak şekilde lastik bantlandı. Doğru açı pozisyonlarında lastiğin gergin olması sağlandı. Antrenmanlar sırasında doğru açı pozisyonunu bulmaları konusunda katılımcılarla birebir çalışıldı ve doğru hareket açısını bulmaları konusunda gözlemsel telkinler de verildi. Çalışmaların devamında katılımcılar doğru açıyı artık kendisi bulabilir hale geldi.

## Skuat Pozisyonları



90° Skuat Pozisyonu



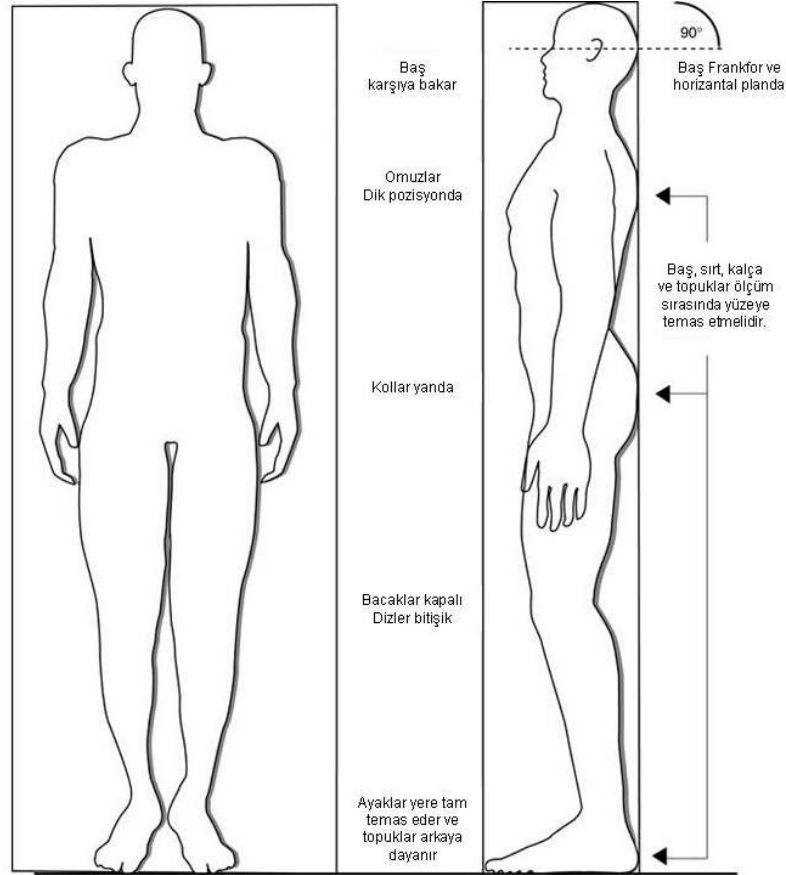
135° Skuat Pozisyonu

### 3.2.Ölçümler

#### 3.2.1.Antropometrik Ölçümler

##### 3.2.1.1. Boy ölçümü

Boy ölçümü, duvar skalasında verteks noktasından 0,1 hassasiyetle, deneğin ayakları çıplak, topuklar birleşik pozisyonda, beden dik ve baş frankfort düzleminde tutularak, başın verteks noktası ile yer arasındaki mesafe ölçülerek kaydedildi (99).



Şekil 3.2. Boy ölçümü.

##### 3.2.1.2.Ağırlık, Beden Kütle İndeksi(BKI), Vücut Yağ Yüzdesi(%Yağ), Yağsız Beden Kütlesi(FFM) ve Toplam Beden Suyu(TBW) Ölçümleri

Ağırlık, BKI, %Yağ, FFM ve TBW ölçümlerinde Tanita (Model TBF-300) beden kompozisyon analizörü kullanıldı. Bu yöntemle vücuda düşük düzeyde elektrik akımı (Sabit frekansla 50-KHz) verilerek impedans ölçüldü. Analiz için cihazın istediği kişiye özel bilgiler (yaş, cinsiyet, boy, antrenman düzeyi, giysi ağırlığı) girildi ve cihazın üzerine çıkmaları istendi. Ölçümler deneğin üzerinde hafif

bir giysi varken ve çıplak ayakla yapıldı. Cihazın ölçümü tamamlamasıyla denek indirildi ve ölçümle ilgili test çıktısı cihazdan alındı (100).



**Şekil 3.3.** Tanita TBF 300.

### **3.2.1.3. Uzunluk ölçümleri**

Ekstremité boyu ve kas fibril uzunluğu arasındaki ilişkinin kas kuvvetine etkisi nedeniyle (101), örneklemdaki homogenliği sağlamak amacıyla yapıldı.

Uyluk uzunluğu; anatomik olarak kalça-diz uzunluğunu tanımlar. Patellanın proksimal ucu ile inguinal (kasık) ligamentin orta noktası arasındaki uzaklık esnek olmayan mezura ile ölçölerek kayıt edildi (102).

Baldır uzunluğu; tibial medial condyle noktası ile medial malleus noktası arasındaki uzaklık denek bacak bacak üstüne atmış durumda otururken ölçölüdü. Ölçüm noktaları belirlendikten sonra antropometrenin kolları bu noktalara yerleştirildi ve ölçüm yapılarak kayıt edildi (102).

### **3.2.2. Laboratuar Testleri**

#### **3.2.2.1. İzokinetik Kuvvet Testi**

Kas kuvvetinin, dayanıklılığını ve gücünü belirlemek için yapıldı (99). Bunu belirleyebilmek için izokinetik dinamometre (1995-1996 Cybex International, Inc. Ronkonkoma, New York) kullanıldı. Kuadriceps ve hamstring kaslarının konsantrik kasılma ile ortaya çıkardığı kuvvet, 60°/s ve 90°/s hızlarda, zirve kuvvet (peak tork) kullanılarak değerlendirildi (103). Ölçümler, çalışmanın başında antrenmanlara başlamadan önce, antrenmanların ortasında (1.ayın sonunda), antrenmanların sonunda (2.ayın sonunda) ve antrenmanların bitiminden sonraki detraining döneminde (4.ayda) yapıldı. İzokinetik test ölçümünden önce 5 dakika süreyle bisiklet ergometresi ile ısınma ve ardından ilgili kas gruplarına 5 dakika da germe uygulandı. Daha sonra ölçüme alınan denek, pelvis ve kalçası ile dizleri 90° ve tilt açısı 0° olacak şekilde izokinetik cihazın koltuğuna oturdu ve bacak aparatı(ped) diz ekleminin lateral kısmının rotasyon merkezi ile medial malleusun iki parmak üstü



arasına yerleştirildi. Ölçüm öncesi, ölçüm yapılacak açıda 5 tekrarlı 3 deneme uygulandı. Önce kuadriseps kasına, sonra hamstring kasına olmak üzere 60°/s ve 90°/s hızda, her bir hız için 5 tekrarlı konsantrik kasılma yaptırıldı ve tekrarlar arasında 1 dakika dinlenme verildi.



Şekil 3.4. Cybex Cihazı.

### 3.3.İstatistiksel Çözümleme

Verilerin istatistiksel analizi için SPSS 10.0 (Statistical Package Program for Social Science) paket programı kullanıldı. İlk olarak verilerin tanımlayıcı istatistikleri yapıldı. Verilerin dağılım özelliği gözlem sayısı 50'nin üzerinde olması nedeniyle Kolmogorov Smirnov testi, varyans homojenliği ise Levene testi kullanılarak belirlendi(104). Kolmogorov Smirnov testi sonucunda değişkenlerin normal dağılım gösterdiği belirlendi. Katılımcıların başlangıç değerleri (yaş, boy, ağırlık, beden kütle indeksi(BKİ), vücut yağ oranı(%yağ), yağsız beden kütlesi(FFM), toplam beden suyu(TBW), uyluk uzunluğu, baldır uzunluğu, 60°/sn ve 90°/sn hızlarda, kuadriseps ve hamstring konsantrik zirve kuvveti değerleri ile sağ-sol ekstremita farkları, ANOVA testi kullanılarak karşılaştırıldı(105). Çalışmada VS, VD, D, S ve K gruplarında yaş, boy, ağırlık, BKİ, %Yağ, FFM, TBW, 60°/sn ve 90°/sn hızlarda, kuadriseps ve hamstring konsantrik zirve kuvveti değerleri ile sağ-sol farkları bağımlı değişken, kuvvet antrenman programları da bağımsız değişken olarak ele alındı. 8 haftalık tüm beden vibrasyon antrenmanının kuvvet performansına etkisini belirlemek için tekrarlı ölçümlerde ANOVA kullanıldı(104). Katılımcılar 8 haftalık fiziksel aktivite programının başlangıcında, 4. hafta sonunda, 8. haftanın sonunda ve antrenmanların bitimini takip eden dördüncü ayda olmak üzere 4 kez yapılan ölçümler için 5 x 4 (Grup x Ölçüm) tasarımı kullanılarak değerlendirme yapıldı.

Tekrarlı ölçümlerle varyans analizinde, univariate (klasik varyans analizi-düzeltilme yapılmamış sonuçlar) ya da multivariate yaklaşım (çok değişkenli

yaklaşım-düzeltilme yapılmış sonuçlar) seçiminde, verilerin dağılım özellikleri, küresellik test (Mauchly's Test of Sphericity) sonucu ve epsilon değeri dikkate alındı. Normal dağılım varsayımını yerine getiren değişkenlerde küresellik testine bakıldı, bu testte anlamlı fark çıkmaması durumunda ( $p > .05$ ) küresellik varsayımı kabul edilerek univariate (klasik varyans analizi-düzeltilme yapılmamış sonuçlar), sonuçlar değerlendirme için kullanıldı. Küresellik testi sonucunda anlamlı fark olması ( $p < .05$ ) durumunda, epsilon değerlerine ( $\epsilon$ ) bakıldı,  $\epsilon > .750$  olduğu durumlarda en yüksek epsilon değerine sahip klasik varyans analizi düzeltilmesi kullanıldı. Epsilon değerinin  $\epsilon < .750$  olduğu durumlarda ise, çok değişkenli yaklaşımda düzeltilmiş sonuçlar kullanılarak değerlendirme gerçekleştirildi. İstatistiksel sonuçta zaman-grup etkileşimi olduğunda, farkın her bir grupta, hangi zaman periyodundan kaynaklandığını saptamak için, post hoc Bonferroni testi yapıldı. Grup farkı belirlendiğinde, her bir zaman periyodu dikkate alınarak, gruplar arasındaki farkı karşılaştırmak amacıyla Post Hoc Tukey's kullanıldı(104).

## BULGULAR

Araştırma, Akdeniz Üniversitesinde eğitim alan 57 öğrenci ile tamamlanmıştır. Çalışma sırasında hastalanan ve çalışmadan ayrılan 5 kişi, kendi isteğiyle çalışmadan ayrılan 8 kişi, ardışık 3 antrenmana 2 kez gelmeyen 2 kişi, ayağı kırılan 1 kişi ve okuldan ayrılan 2 kişi araştırma dışı bırakılmıştır. Buna göre çalışma; VS’de 13, VD’de 12, D’de 11, S’de 10 ve K’da da 11 katılımcı ile tamamlanmıştır.

Katılımcıların yaş, boy, ağırlık, BKİ, %Yağ, FFM, TBW, uyluk uzunluğu ve baldır uzunluğu ölçümlerinin aritmetik ortalama(A.O.) ve standart sapma(S.S.) değerleri Çizelge 4.1.’te verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Katılımcıların gruplara göre antropometrik ölçümlerinin A.O. ve S.S. değerleri .

| DEĞİŞKEN                | VS (n=13)<br>A.O.±S.S | VD (n=12)<br>A.O.±S.S | D (n=11)<br>A.O.±S.S | S (n=10)<br>A.O.±S.S | K (n=11)<br>A.O.±S.S | Total (n=57)<br>A.O.±S.S | F&P                            |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| YAŞ(yıl)                | 21.07±1.75            | 20.83±1.27            | 21.36±1.96           | 19.8±1.69            | 20.63±1.36           | 20.17±1.79               | $F_{(4,56)} = .69$<br>$p=.06$  |
| BOY(m)                  | 1.75± 0.06            | 1.76±0.07             | 1.76±0.08            | 1.75±0.04            | 1.74±0.06            | 1.75±0.06                | $F_{(4,56)} = .22$<br>$p=.93$  |
| AĞIRLIK(kg)             | 69.63±6.88            | 72.25±8.84            | 71.71±13.15          | 70.93±8.27           | 68.54±8.67           | 70.60±9.09               | $F_{(4,56)} = .31$<br>$p=.87$  |
| BKİ(kg/m <sup>2</sup> ) | 23.86±1.70            | 24.96±0.78            | 24.97±1.20           | 24.81±0.64           | 24.68±0.92           | 24.63±1.18               | $F_{(4,56)} = 2.01$<br>$p=.11$ |
| YAĞ(%)                  | 12.24±3.61            | 13.98±4.05            | 13.61±4.45           | 14.2±4.47            | 13.48±3.64           | 13.45±3.96               | $F_{(4,56)} = .43$<br>$p=.79$  |
| FFM                     | 60.63±4.35            | 61.90±5.48            | 61.46±7.99           | 60.54±4.66           | 59.09±5.88           | 60.74±5.65               | $F_{(4,56)} = .39$<br>$p=.81$  |
| TBW                     | 44.36±3.19            | 45.31±4.02            | 44.98±5.84           | 44.33±3.43           | 43.25±4.31           | 44.46±4.14               | $F_{(4,56)} = .39$<br>$p=.81$  |
| UYLUK<br>UZUNLUĞU(cm)   | 50.23±2.89            | 50.08±1.88            | 50.63±4.1            | 51.40±2.79           | 49.81±2.82           | 50.40±2.90               | $F_{(4,56)} = .45$<br>$p=.77$  |
| BALDIR<br>UZUNLUĞU(cm)  | 43.00±2.38            | 43.08±2.15            | 43.72±3.84           | 43.00±1.82           | 42.54±2.25           | 43.07±2.52               | $F_{(4,56)} = .29$<br>$p=.88$  |

ANOVA;  $p> .05$

Çizelge 4.1.’ de de görüldüğü gibi çalışmaya katılan öğrencilerin yaş ortalaması 20.17±1.79 yıldır. Tüm grupların yaş, boy, ağırlık, BKİ, %Yağ, FFM,

TBW, uyluk uzunluğu ve baldır uzunluğu değerleri incelendiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir( $p>.05$ ).

#### 4.1. Antrenman Öncesi Son Durum Ölçüt Bulguları

##### 4.1.2. İzokinetik Test Değerleri

###### A. 60°/sn Hızda Kuadriseps Kas Konsantrik Zirve Kuvveti

Çizelge 4.1.2.1.' de görüldüğu gibi gruplar arasında 60°/sn hızda sağ (60SADE) ve sol (60SODE) diz ekstansor kaslarının konsantrik zirve kuvveti ile iki ekstremite arasındaki zirve kuvveti farkı (60SASODEF) yönünden anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir( $p>.05$ ).

Çizelge 4.2. Katılımcıların 60°/sn sağ ve sol diz ekstansiyon ölçümleri ve farkları.

| Değişken      | VS<br>AO±SS  | VD<br>AO±SS  | D<br>AO±SS   | S<br>AO±SS | K<br>AO±SS   | Total<br>AO±SS | F&P                                  |
|---------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|----------------|--------------------------------------|
| 60SADE(Nm)    | 224.92±67.17 | 226.5±64.22  | 226.72±62.73 | 229±49.4   | 225.18±52.54 | 226.36±58.02   | $F_{(4.56)} = .008$<br><b>p=1.00</b> |
| 60SODE(Nm)    | 210.23±68.52 | 203.16±78.57 | 204.27±31.20 | 209±44.43  | 206.9±42.14  | 206.73±55.08   | $F_{(4.56)} = .033$<br><b>p=.998</b> |
| 60SASODEF(Nm) | -33.53±5.45  | -34.58±7.99  | -34.27±7.32  | -34.2±7.51 | -34.36±6.12  | -34.17±6.66    | $F_{(4.56)} = .041$<br><b>p=.997</b> |

###### B. 60°/sn Hızda Hamstring Kas Konsantrik Zirve Kuvveti

Çizelge 4.1.2.2.' de görüldüğu gibi gruplar arasında 60°/sn hızda sağ (60SADF) ve sol (60SODF) diz fleksor kaslarının konsantrik zirve kuvveti ile iki ekstremite arasındaki zirve kuvvet farkı (60SASODFF) yönünden anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir( $p>.05$ ).

Çizelge 4.3. Katılımcıların 60°/sn sağ ve sol diz fleksiyon ölçümleri ve farkları.

| Değişken      | VS<br>AO±SS  | VD<br>AO±SS  | D<br>AO±SS   | S<br>AO±SS  | K<br>AO±SS   | Total<br>AO±SS | F&P                                 |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-------------------------------------|
| 60SADF(Nm)    | 162.76±30.71 | 159.25±25.62 | 162.81±23.34 | 165.2±16.29 | 163.09±24.56 | 162.52±24.13   | $F_{(4.56)} = .08$<br><b>p=.987</b> |
| 60SODF(Nm)    | 101.3±39.61  | 97.83±36.66  | 91.45±46.23  | 93.7±34.26  | 94.9±35.80   | 96.1±37.57     | $F_{(4.56)} = .12$<br><b>p=.976</b> |
| 60SASODFF(Nm) | -29.61±9.15  | -28.83±10.68 | -29.54±6.36  | -29.8±6.99  | -30.27±11.77 | -29.59±8.97    | $F_{(4.56)} = .36$<br><b>p=.997</b> |

### C. 90°/sn Hızda Kuadriseps Kas Konsantrik Zirve Kuvveti

Çizelge 4.1.2.3.' de görüldüğü gibi gruplar arasında 90°/sn hızda sağ (90SADE) ve sol (90SODE) diz ekstansor kaslarının konsantrik zirve kuvveti ile iki ekstremité arasındaki zirve kuvvet farkı (90SASODEF) yönünden anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir( $p>.05$ ).

**Çizelge 4.4.** Katılımcıların 90°/sn sağ ve sol diz ekstansiyon ölçümleri ve farkları.

| Değişken      | VS<br>AO±SS  | VD<br>AO±SS  | D<br>AO±SS   | S<br>AO±SS  | K<br>AO±SS   | Total<br>AO±SS | F&P                               |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-----------------------------------|
| 90SADE(Nm)    | 181.92±48.33 | 178.91±42.56 | 179.9±29.66  | 177±31.01   | 172.27±54.95 | 178.17±41.45   | $F_{(4,56)}=.84$<br><b>p=.987</b> |
| 90SODE(Nm)    | 179±60.36    | 175.58±83.64 | 176.63±22.29 | 178.8±42.87 | 177.27±39.51 | 177.45±53.10   | $F_{(4,56)}=.08$<br><b>p=1.00</b> |
| 90SASODEF(Nm) | -25.3±10.51  | -25.08±11.81 | -25.63±7.95  | -26.3±8.53  | -27.36±7.97  | -25.89±9.28    | $F_{(4,56)}=.10$<br><b>p=.980</b> |

### D. 90°/sn Hızda Hamstring Kas Konsantrik Zirve Kuvveti

Çizelge 4.1.2.4.' de görüldüğü gibi gruplar arasında 90°/sn hızda sağ (90SADF) ve sol (90SODF) diz fleksor kaslarının konsantrik zirve kuvveti ile iki ekstremité arasındaki zirve kuvvet farkı (90SASODFF) yönünden anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir( $p>.05$ ).

**Çizelge 4.5.** Katılımcıların 90°/sn sağ ve sol diz fleksiyon ölçümleri ve farkları.

| Değişken      | VS<br>AO±SS  | VD<br>AO±SS  | D<br>AO±SS   | S<br>AO±SS  | K<br>AO±SS   | Total<br>AO±SS | F&P                                |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------|------------------------------------|
| 90SADF(Nm)    | 135.31±25.21 | 130.75±40.44 | 135.18±37.21 | 136.0±24.59 | 137.82±20.48 | 134.93±29.70   | $F_{(4,56)}=.084$<br><b>P=.987</b> |
| 90SODF(Nm)    | 90.62±41.08  | 91.00±31.33  | 92.45±20.71  | 90.90±22.26 | 90.09±19.95  | 91.00±27.97    | $F_{(4,56)}=.010$<br><b>P=1.00</b> |
| 90SASODFF(Nm) | -17.69±6.58  | -18.42±5.07  | -19.36±4.37  | -18.20±7.39 | -19.19±7.44  | -18.54±6.07    | $F_{(4,56)}=.145$<br><b>p=.965</b> |

## 4.2. Antrenmana Bağlı Değişim Sonuçları

### 4.2.2. Katılımcıların İzokinetik Test Değerleri

Çizelge 4.6. Katılımcıların 60SADE ölçümleri.

| Grup | 60SADE1<br>A.O.± S.S | 60SADE2<br>A.O.± S.S | 60SADE3<br>A.O.± S.S | 60SADE4<br>A.O.± S.S | Zaman                               | Grup*Zaman                           | Grup                               |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| VS   | 224.92±67.17         | 276.69±63.26         | 321.92±61.54         | 236.30±31.96         | $F_{(3,50)} = 10.103$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 5.086$<br>$p < .001$ | $F_{(1,52)} = 6.606$<br>$p < .001$ |
| VD   | 226.50±64.22         | 252.75±66.36         | 281.08±64.78         | 215.16±54.57         |                                     |                                      |                                    |
| D    | 226.72±62.73         | 186.09±53.71         | 209.09±35.02         | 177.81±41.34         |                                     |                                      |                                    |
| S    | 229.00±49.40         | 167.30±33.29         | 180.00±34.99         | 212.40±53.63         |                                     |                                      |                                    |
| K    | 225.18±52.54         | 179.36±25.28         | 175.63±26.61         | 194.63±83.36         |                                     |                                      |                                    |

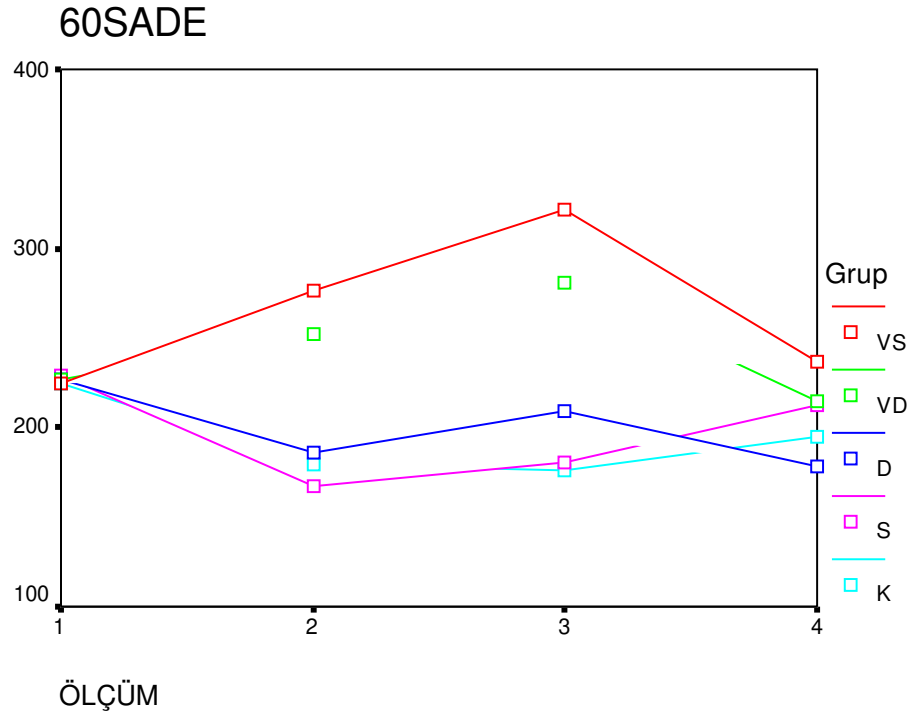
60SADE değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 60SADE değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 60SADE 2. ölçüm değeri 1. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden yüksek, 3. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden yüksek, 3. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden yüksek ve 3. ölçüm değeri de 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden daha yüksektir. 60SADE VS grubunda antrenman ortası dönemde artış % 23.02 , antrenman sonunda % 43.13' tür. Antrenman bittikten sonra 4. ayda ise % 26.60 azalmıştır. 1. ve 4. ölçüm ile 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- VD grubunun 60SADE 3. ölçüm değeri 1. ölçüm ( $p < .01$ ), 2. ölçüm ( $p < .01$ ) ve 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 60SADE, antrenman ortası dönemde VD grubunda % 11.59 ve antrenman sonunda ise % 24.10 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4. ayda antrenman sonu ölçümlerine göre % 23.45 oranında azalmıştır. 1. ve 4. ölçüm ile 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- S Grubunun 60SADE 1. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden daha yüksektir. 60SADE, antrenman ortası dönemde S grubunda % 26.94 ve

antrenman sonunda ise % 21.40 oranında azalmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 18 oranında artmıştır. 1. ve 3.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm, 3. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).

- K Grubun ise 60SADE 1. ölçüm değeri 2. ölçüm( $p<.01$ ) ve 3.ölçüm ( $p<.01$ ) değerinden daha yüksektir. 60SADE, antrenman ortası döneminde K grubunda % 20.35 ve antrenman sonunda ise % 22 oranında azalmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 10.82 oranında artmıştır. 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm, 3. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).
- D grubunun 60SADE testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p>.05$ ).



**Şekil 4.1.** Gruplara göre 60SADE değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 60SADE zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p<.001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p>.05$ ), 2. ve 3. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır( $p<.001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ diz ekstansor zirve kuvveti 2.ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu ( $p=.001$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla); yine VD grubunun 2. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir( $p=.028$ ,  $p=.003$  ve  $p=.012$ , sırasıyla). VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ diz ekstansor zirve kuvveti 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu( $p<.001$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla) ve VD grubunun 3.ölçüm sonuçları yine D, S ve K gruplarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.( $p=.007$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla). VS-VD, D-S, D-K ve S-K gruplarının 60°/sn hızda konsantrik sağ diz ekstansor zirve kuvvet 2. ve 3.ölçüm sonuçları arasında fark görülmemiştir( $p>.05$ ).



**Çizelge 4.7.** Katılımcıların 60SODE ölçümleri.

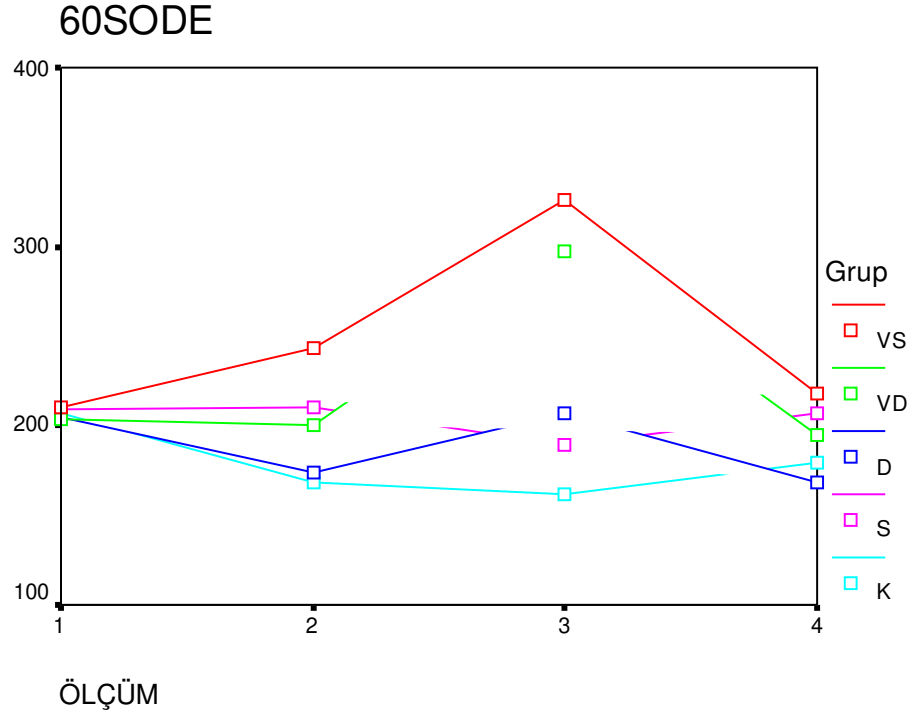
| Grup | 60SODE1<br>A.O.± S.S | 60SODE2<br>A.O.± S.S | 60SODE3<br>A.O.± S.S | 60SODE4<br>A.O.± S.S | Zaman                              | Grup*Zaman                         | Grup                             |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| VS   | 210.23±68.52         | 243.76±52.44         | 325.84±48.43         | 217.69±65.70         | $F_{(3,156)} = 13.436$<br>$p<.001$ | $F_{(12,156)} = 8.157$<br>$p<.001$ | $F_{(1,52)} = 4.918$<br>$p<.001$ |
| VD   | 203.16±78.57         | 200.41±51.68         | 297.50±58.97         | 195.00±66.52         |                                    |                                    |                                  |
| D    | 204.27±31.20         | 174.36±36.38         | 207.00±45.45         | 168.63±51.78         |                                    |                                    |                                  |
| S    | 209.00±44.43         | 210.10±53.16         | 189.40±33.97         | 206.70±57.22         |                                    |                                    |                                  |
| K    | 206.90±42.14         | 168.45±61.57         | 161.90±58.63         | 179.09±68.66         |                                    |                                    |                                  |

60SODE değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p<.001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p<.001$ ). 60SODE değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 60SODE 3. ölçüm değeri 1. ölçüm( $p<.01$ ), 2.ölçüm( $p=.01$ ) ve 4. ölçüm( $p=.01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 60SODE, antrenman ortası dönemde VS grubunda % 15.95 ve antrenman sonunda ise % 54.99 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 33.19 oranında azalmıştır. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).
- VD grubunun 60SODE 3. ölçüm değeri 1. ölçüm( $p<.01$ ), 2.ölçüm( $p<.01$ ) ve 4. ölçüm( $p<.01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 60SODE, antrenman ortası dönemde VD grubunda % 1.35 oranında bir azalma varken antrenman sonunda ise % 46.44 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise yine % 34.45 oranında bir azalma görülmüştür. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).
- K grubunun 60SODE 1. ölçüm değeri 3. ölçüm( $p<.01$ ) değerinden daha yüksek bulunmuştur. 60SODE, antrenman ortası dönemde K grubunda % 18.58 ve antrenman sonunda % 21.75 oranında azalmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 10.62 oranında artmıştır. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm, 3. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).

- D ve S gruplarının 60SODE testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir( $p>.05$ ).



Şekil 4.2. Gruplara göre 60SODE değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 60SODE zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p<.001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p>.05$ ), 2. ve 3. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır( $p<.001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sol diz esktansor zirve kuvveti 2. ölçümünün D ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir( $p=.015$  ve  $p<.007$ , sırasıyla). VS ve VD, S; VD ve D, S, K; D ve S, K; S-K grupları arasında fark yoktur( $p>.05$ ). VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sol diz esktansor zirve kuvveti 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir( $p<.001$ ,  $p<.001$ ,  $p<.001$ , sırasıyla). Yine VD grubunun 60°/sn hızda konsantrik sol diz esktansor zirve kuvveti 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir( $p=.001$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla.). VS-VD; D ve S, K; S-K gruplarının 60°/sn hızda konsantrik sol diz esktansor zirve kuvveti 2. ve 3.ölçüm sonuçları arasında fark görülmemiştir( $p>.05$ ).

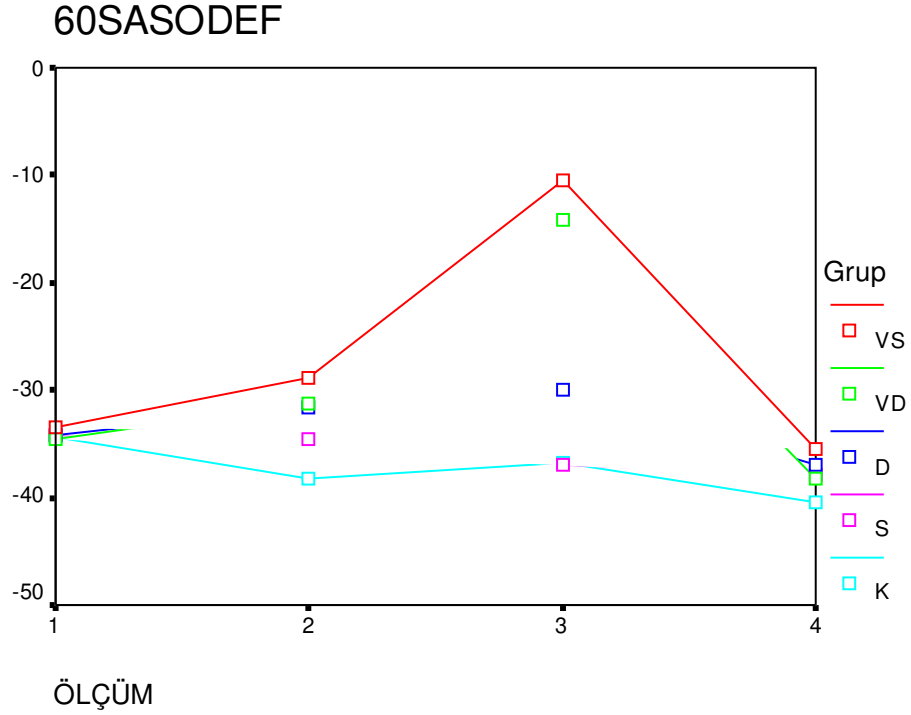
**Çizelge 4.8.** Katılımcıların 60SASODEF ölçümleri.

| Grup | 60SASODEF1<br>A.O.± S.S | 60SASODEF2<br>A.O.± S.S | 60SASODEF3<br>A.O.± S.S | 60SASODEF4<br>A.O.± S.S | Zaman                               | Grup*Zaman                           | Grup                               |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| VS   | -33.53±5.45             | -28.84±5.14             | -10.53±3.95             | -35.46±8.62             | $F_{(3.50)} = 62.015$<br>$p < .001$ | $F_{(12.156)} = 8.875$<br>$p < .001$ | $F_{(1.52)} = 6.094$<br>$p < .001$ |
| VD   | -34.58±7.99             | -31.33±8.00             | -14.08±3.34             | -38.16±10.26            |                                     |                                      |                                    |
| D    | -34.27±7.32             | -31.54±6.81             | -29.90±5.24             | -37.00±6.78             |                                     |                                      |                                    |
| S    | -34.20±7.51             | -34.50±7.02             | -36.90±7.68             | -37.80±7.95             |                                     |                                      |                                    |
| K    | -34.36±6.12             | -38.18±6.09             | -36.81±6.80             | -40.45±6.21             |                                     |                                      |                                    |

60SASODEF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 60SASODEF değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 60SASODEF 1. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ) ve 3. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden düşük; 2. ölçüm değeri 3. ölçümden ( $p < .01$ ) düşük ve 4. ölçümden ( $p = .01$ ) yüksek ve 3. ölçüm değeri de 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden yüksektir. 1. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- VD grubunun 60SASODEF 1. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ) ve 3. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden düşük; 2. ölçüm değeri 3. ölçümden ( $p < .01$ ) düşük ve 3. ölçüm değeri de 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden yüksektir. 1. ve 4. ölçüm, 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- D grubunun 60SASODEF 3. ölçüm değeri 1. ölçüm ( $p = .04$ ) ve 4. ölçüm ( $p = .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 1. ve 2. ölçüm, 1. ve 4. ölçüm, 2. ve 3. ölçüm, 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- K grubunun 60SASODEF 1. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ), 3. ölçüm ( $p = .03$ ) ve 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 2. ve 3. ölçüm, 2. ve 4. ölçüm, 3. ve 4. ölçüm arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- S grubunun 60SASODEF testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p > .05$ ).



Şekil 4.3. Gruplara göre 60SASODEF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 60SASODEF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p > .05$ ), 2. ve 3. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır ( $p < .001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ-sol diz esktansor zirve kuvveti farkı 2. ölçümünün K grubundan yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .010$ ). VS ve VD, D, S; VD ve D, S, K; D ve S, K; S ve K grupları arasında 2. ölçüm sonuçları yönünden fark görülmemiştir ( $p > .05$ ). VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ-sol diz esktansor zirve kuvveti farkı 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ , sırasıyla). Yine VD grubunun D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ,  $p < .001$  ve  $p < .001$ , sırasıyla). Ayrıca D grubunun da S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .041$  ve  $p = .038$ , sırasıyla). VS-VD ve S-K grupları arasında 3. ölçüm sonuçları yönünden fark görülmemiştir ( $p > .05$ ).

**Çizelge 4.9.** Katılımcıların 60SADF ölçümleri.

| Grup | 60SADF1<br>A.O.± S.S | 60SADF2<br>A.O.± S.S | 60SADF3<br>A.O.± S.S | 60SADF4<br>A.O.± S.S | Zaman                                | Grup*Zaman                            | Grup                                |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| VS   | 162.76±30.71         | 232.53±32.24         | 340.07±37.95         | 152.46±36.77         | $F_{(3,156)} = 70.330$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 16.468$<br>$p < .001$ | $F_{(1,52)} = 22.229$<br>$p < .001$ |
| VD   | 159.25±25.61         | 199.66±38.70         | 254.75±58.35         | 147.41±50.59         |                                      |                                       |                                     |
| D    | 162.81±23.34         | 179.00±23.21         | 192.45±23.53         | 146.27±34.76         |                                      |                                       |                                     |
| S    | 165.20±16.29         | 164.20±22.94         | 160.80±24.38         | 128.40±45.27         |                                      |                                       |                                     |
| K    | 163.09±24.55         | 151.09±31.33         | 145.09±26.28         | 119.90±46.40         |                                      |                                       |                                     |

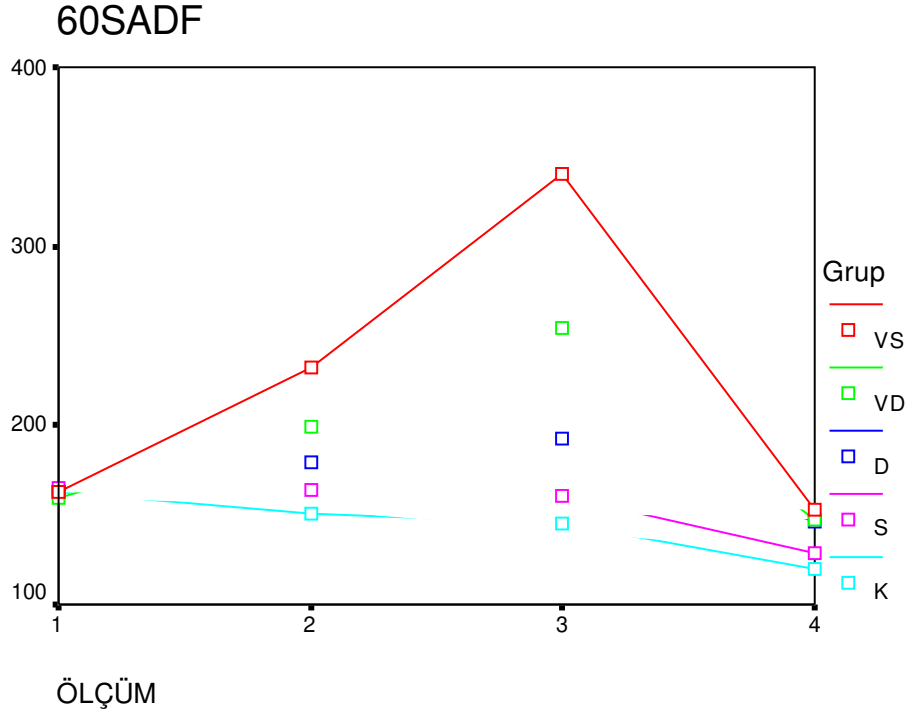
60SADF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 60SADF değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 60SADF 3.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksek, ayrıca 2.ölçüm değeri de 1.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p = .01$ ) değerinden daha yüksektir. 60SADF, antrenman ortası dönemde VS grubunda % 42.87 ve antrenman sonunda ise % 108.94 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 55.17 oranında azalmıştır. 1. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- VD grubunun 60SADF 3.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm ( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksek, ayrıca 2.ölçüm değeri de 1.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden daha yüksektir. 60SADF, antrenman ortası dönemde VD grubunda % 25.38 ve antrenman sonunda ise % 59.97 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 42.14 oranında azalmıştır. 1. ve 4.ölçüm değerleri arasından fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- D grubunun 60SADF 3. ölçüm değeri 1. ölçüm( $p < .01$ ), 2. ölçüm( $p = .02$ ) ve 4. ölçüm( $p = .04$ ) değerlerinden daha yüksektir. 60SADF, antrenman ortası dönemde D grubunda % 9.94 ve antrenman sonunda ise % 18.21 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre

ise % 24 oranında azalmıştır.1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).

- S ve K gruplarının 60SADF testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p>.05$ ).



Şekil 4.4. Gruplara göre 60SADF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 60SADF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p<.001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p>.05$ ), 2. ve 3. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır( $p<.001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ diz fleksör zirve kuvveti 2. ölçümünün D, S ve K gruplarından daha yüksek olduğu ( $p=.001$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla) ve ayrıca VD grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ diz fleksör zirve kuvveti 2. ölçümü K grubundan yüksektir( $p=.003$ ). VS-VD, VD ile D ve S, D ile S ve K, S-K grupları arasında fark yoktur( $p>.05$ ). VS grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ diz fleksör zirve kuvveti 3. ölçümünün VD, D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir( $p<.001$ ,  $p<.001$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla). Ayrıca VD grubunun 60°/sn hızda konsantrik sağ diz fleksör zirve kuvveti 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek( $p=.002$ ,  $p<.001$  ve  $p<.001$ , sırasıyla) ve yine D grubunun K grubundan yüksek olduğu belirlenmiştir( $p=.035$ ). D-S ve S-K grupları arasında fark yoktur( $p>.05$ ).

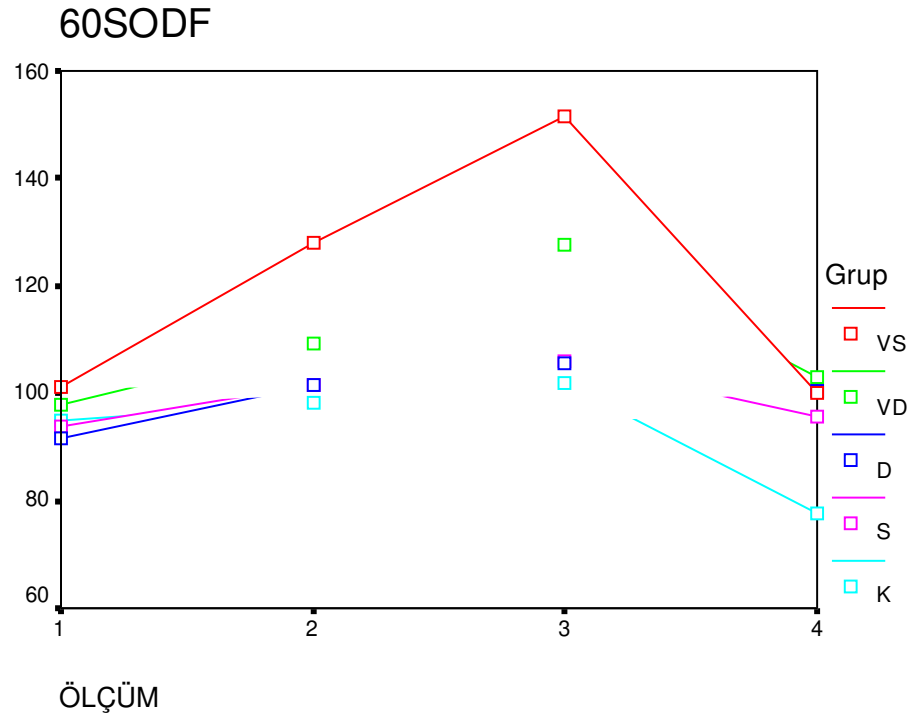
**Çizelge 4.10.** Katılımcıların 60SODF ölçümleri.

| Grup | 60SODF1<br>A.O.± S.S | 60SODF2<br>A.O.± S.S | 60SODF3<br>A.O.± S.S | 60SODF4<br>A.O.± S.S | Zaman                              | Grup*Zaman                           | Grup                              |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| VS   | 101.30±39.60         | 127.84±40.08         | 151.53±31.75         | 99.92±30.63          | $F_{(3.50)} = 8.042$<br>$p < .001$ | $F_{(12.156)} = 2.965$<br>$p < .001$ | $F_{(1.52)} = 1.668$<br>$p = .17$ |
| VD   | 97.83±36.66          | 109.25±36.94         | 127.00 ±35.08        | 103.16±31.86         |                                    |                                      |                                   |
| D    | 91.45±46.22          | 101.36±35.84         | 105.63±18.65         | 100.36±47.38         |                                    |                                      |                                   |
| S    | 93.70±34.25          | 101.40±26.63         | 106.00±15.38         | 95.60±31.74          |                                    |                                      |                                   |
| K    | 94.90±35.80          | 98.27±40.81          | 102.00±33.58         | 77.81±28.01          |                                    |                                      |                                   |

60SODF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 60SODF değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 60SODF 3.ölçüm değeri 1. ölçüm( $p = .02$ ) ve 4. ölçüm( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 60SODF, antrenman ortası dönemde VS grubunda % 26.20 ve antrenman sonunda ise % 49.59 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 34.06 oranında azalmıştır.1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- VD, D, S ve K gruplarının 60SODF testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p > .05$ ).



Şekil 4.5. Gruplara göre 60SODF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 60SODF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir( $p=0.172$ ).



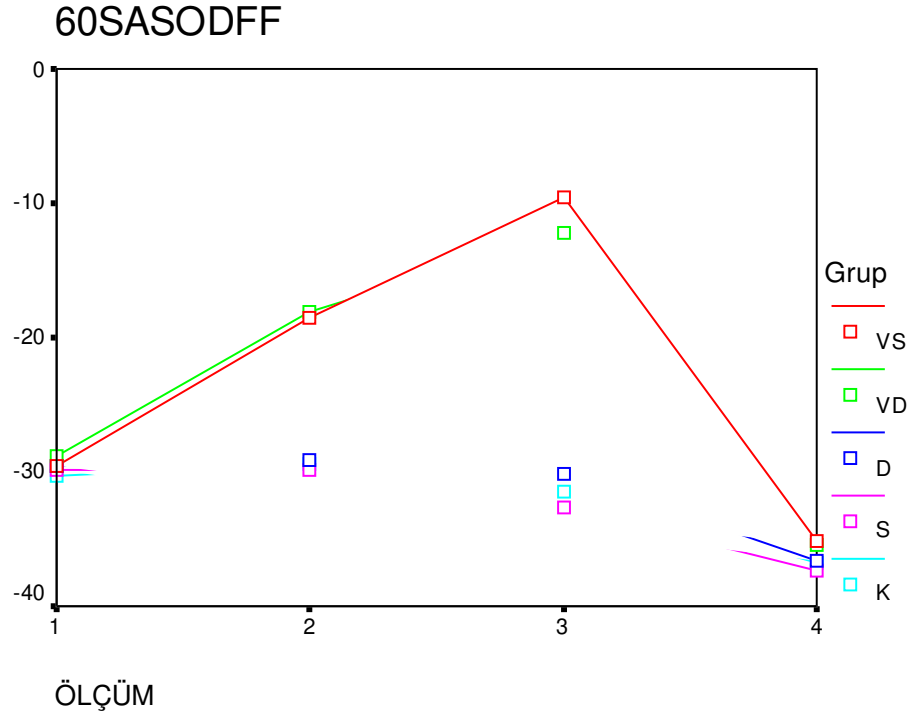
**Çizelge 4.11.** Katılımcıların 60SASODFF ölçümleri.

| Grup | 60SASODFF1<br>A.O.± S.S | 60SASODFF2<br>A.O.± S.S | 60SASODFF3<br>A.O.± S.S | 60SASODFF4<br>A.O.± S.S | Zaman                               | Grup*Zaman                           | Grup                               |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| VS   | -29.61±9.15             | -18.46±8.25             | -9.61±4.27              | -35.07±9.21             | $F_{(3,50)} = 58.725$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 4.163$<br>$p < .001$ | $F_{(1,52)} = 5.549$<br>$p < .001$ |
| VD   | -28.83±10.67            | -18.08±8.14             | -12.16±5.09             | -35.50±9.53             |                                     |                                      |                                    |
| D    | -29.54±6.36             | -29.18±5.77             | -30.09±5.70             | -36.54±8.51             |                                     |                                      |                                    |
| S    | -29.80±6.98             | -29.90±4.38             | -32.70±6.21             | -37.40±7.36             |                                     |                                      |                                    |
| K    | -30.27±11.77            | -29.36±7.65             | -31.45±6.31             | -36.72±11.92            |                                     |                                      |                                    |

60SASODFF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 60SASODFF değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 60SASODFF 3.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksek, 2.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksek ve 1.ölçüm değeri de 4.ölçüm( $p = .01$ ) değerinden yüksektir.
- VD grubunun 60SASODFF 3.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm( $p = .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksek, 2.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksek ve 1.ölçüm değeri de 4.ölçüm( $p = .02$ ) değerinden yüksektir.
- D grubunun 60SASODFF 4.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm( $p = .01$ ) ve 3.ölçüm( $p = .01$ ) değerlerinden daha düşüktür. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 3.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- S ve K gruplarının 60SASODFF 1.ölçüm değeri 4 ölçüm değerinden yüksektir( $p < .01$ ). Grupların 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 3.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm, 3. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).



Şekil 4.6. Gruplara göre 60SASODFF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 60SASODFF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p > .05$ ), 2. ve 3. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır ( $p < .001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun  $60^\circ/\text{sn}$  hızda konsantrik sağ-sol diz fleksör zirve kuvveti farkı 2. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .05$ ,  $p = .03$ ,  $p = .04$ , sırasıyla). Ayrıca VD grubunun  $60^\circ/\text{sn}$  hızda konsantrik sağ-sol diz fleksör zirve kuvveti farkı 2. ölçümünün de D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .04$ ,  $p = .03$  ve  $p = .03$ , sırasıyla). VS-VD, D ve S, K; S-K grupları arasında 2. ölçüm sonuçları yönünden fark yoktur ( $p > .05$ ). VS grubunun  $60^\circ/\text{sn}$  hızda konsantrik sağ-sol diz fleksör zirve kuvveti farkı 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ , sırasıyla). Ayrıca VD grubunun  $60^\circ/\text{sn}$  hızda konsantrik sağ-sol diz fleksör zirve kuvveti farkı 3. ölçümünün yine D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ,  $p < .001$  ve  $p < .001$ , sırasıyla). VS-VD, D ve S, K; S-K grupları arasında 3. ölçüm sonuçları yönünden fark yoktur ( $p > .05$ ).

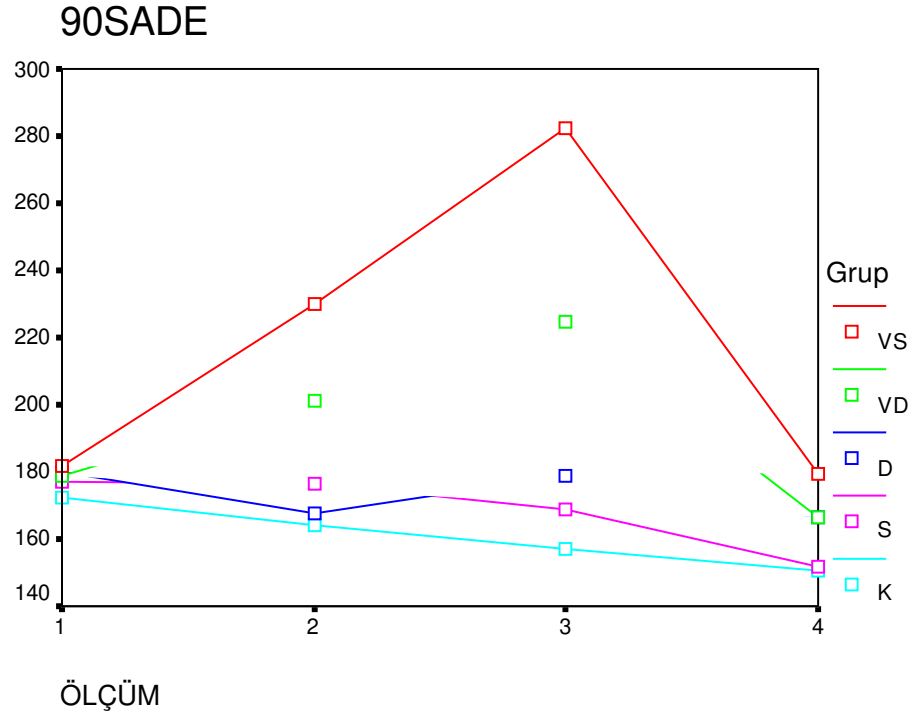
**Çizelge 4.12.** Katılımcıların 90SADE ölçümleri.

| Grup | 90SADE1<br>A.O.± S.S | 90SADE2<br>A.O.± S.S | 90SADE3<br>A.O.± S.S | 90SADE4<br>A.O.± S.S | Zaman                                          | Grup*Zaman                                     | Grup                                         |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| VS   | 181.92±48.33         | 230.23±52.74         | 282.08±48.08         | 179.62±46.61         | $F_{(3,156)} = 13.297$<br><br><b>p&lt;.001</b> | $F_{(12,156)} = 4.984$<br><br><b>p&lt;.001</b> | $F_{(1,52)} = 6.137$<br><br><b>p&lt;.001</b> |
| VD   | 178.91±42.56         | 200.92±37.04         | 224.83±26.41         | 166.33±52.11         |                                                |                                                |                                              |
| D    | 179.91±29.66         | 167.45±44.36         | 178.73±33.17         | 166.45±51.41         |                                                |                                                |                                              |
| S    | 177.00±31.01         | 176.20±32.00         | 168.60±33.72         | 151.70±52.16         |                                                |                                                |                                              |
| K    | 172.27±54.95         | 164.27±38.74         | 156.82±35.41         | 150.82±60.09         |                                                |                                                |                                              |

90SADE değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p<.001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p<.001$ ).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 90SADE 3. ölçüm değeri 1.ölçüm( $p<.01$ ), 2. ölçüm( $p=.01$ ) ve 4. ölçüm( $p<.01$ ) değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca 2.ölçüm de 4. ölçüm( $p=.01$ ) değerinden yüksektir. 90SADE, antrenman ortası dönemde VS grubunda % 26.56 ve antrenman sonunda ise % 55.06 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 36.32 oranında azalmıştır. 1.ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).
- VD grubunun 90SADE 3. ölçüm değeri 1. ölçüm( $p=.04$ ) ve 4. ölçüm( $p=.02$ ) değerlerinden daha yüksektir. 90SADE, antrenman ortası dönemde VD grubunda % 12.30 ve antrenman sonunda ise % 25.67 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 26.02 oranında azalmıştır. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).
- D, S ve K gruplarının 90SADE testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur( $p>.05$ ).



Şekil 4.7. Gruplara göre 90SADE değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 90SADE zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p > .05$ ), 2. ve 3. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır ( $p < .001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 90°/sn hızda konsantrik sağ diz ekstansor zirve kuvveti 2. ölçümünün D, S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .006$ ,  $p = .029$  ve  $p = .003$ , sırasıyla). VS-VD; VD ile D, S, K; D ile S, K; S-K grupları arasında fark yoktur ( $p > .05$ ). 90°/sn hızda konsantrik sağ diz ekstansor zirve kuvveti 3. ölçümünde ise VS grubunun VD, D, S ve K gruplarından yüksek ( $p = .002$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$  ve  $p < .001$ , sırasıyla) ve VD grubunun da D, S ve K gruplarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .030$ ,  $p = .006$  ve  $p < .001$ , sırasıyla). D ile S, K; S-K grupları arasında fark yoktur ( $p > .05$ ).

**Çizelge 4.13.** Katılımcıların 90SODE ölçümleri.

| Grup | 90SODE1<br>A.O.± S.S | 90SODE2<br>A.O.± S.S | 90SODE3<br>A.O.± S.S | 90SODE4<br>A.O.± S.S | Zaman                               | Grup*Zaman                           | Grup                              |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| VS   | 179.00±60.36         | 212.00±71.94         | 267.23±71.79         | 191.77±58.01         | $F_{(3,50)} = 40.324$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 4.117$<br>$p < .001$ | $F_{(1,52)} = 1.428$<br>$p = .23$ |
| VD   | 175.58±83.64         | 210.00±75.00         | 233.92±89.05         | 177.42±68.66         |                                     |                                      |                                   |
| D    | 176.64±22.29         | 194.36±28.09         | 213.27±27.35         | 146.45±46.98         |                                     |                                      |                                   |
| S    | 178.80±42.87         | 178.20±34.96         | 184.20±32.81         | 175.10±56.11         |                                     |                                      |                                   |
| K    | 177.27±39.51         | 173.91±25.98         | 179.00±26.07         | 154.36±68.49         |                                     |                                      |                                   |

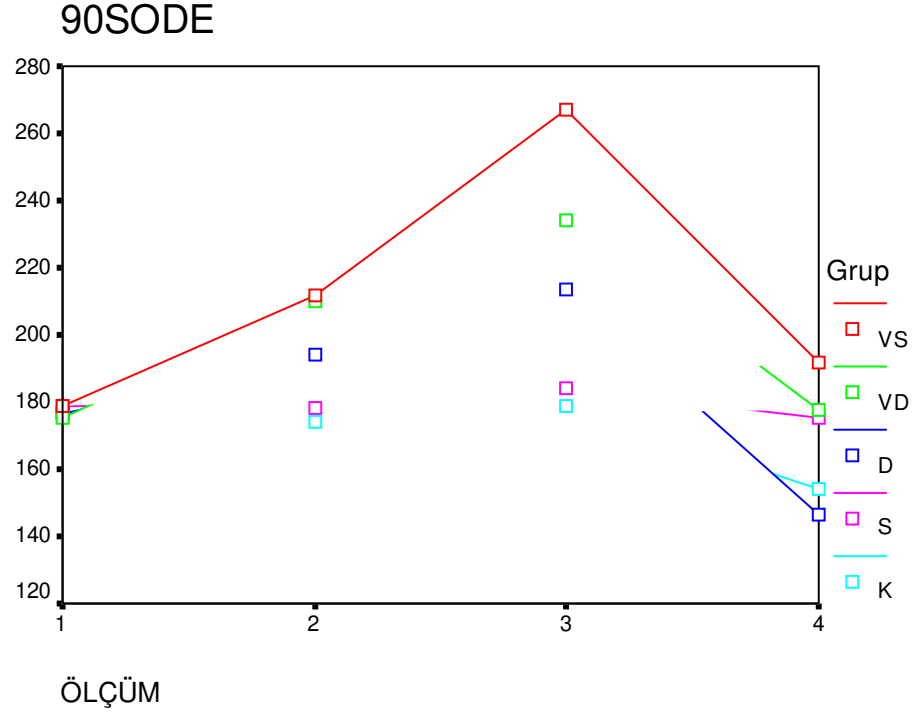
90SODE değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 90SODE değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 90SODE 3.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p = .02$ ) değerlerinden yüksek ve 2.ölçüm değeri de 1.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden daha yüksek bulunmuştur. 90SODE, antrenman ortası dönemde VS grubunda % 18.44 ve antrenman sonunda ise % 49.29 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 28.24 oranında azalmıştır. 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- VD grubunun 90SODE 3. ölçüm değeri 1. ölçüm( $p = .01$ ) ve 4. ölçüm( $p = .03$ ) değerlerinden daha yüksektir. 90SODE, antrenman ortası dönemde VD grubunda % 19.60 ve antrenman sonunda ise % 33.23 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 24.15 oranında azalmıştır. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- D grubunun 90SODE 3.ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2.ölçüm( $p = .01$ ) ve 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerlerinden yüksek ve 2.ölçüm değeri de 1.ölçüm( $p < .01$ ) ve 4.ölçüm( $p = .04$ ) değerinden daha yüksek bulunmuştur. 90SODE, antrenman ortası dönemde D grubunda % 10.03 ve antrenman sonunda ise % 20.74 oranında artmıştır. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu

ölçümlerine göre ise % 31.33 oranında azalmıştır. 1. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p>.05$ ).

- S ve K gruplarının 90SODE testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir ( $p>.05$ ).



**Şekil 4.8.** Gruplara göre 90SODE değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 90SODE zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır( $p=.23$ ).

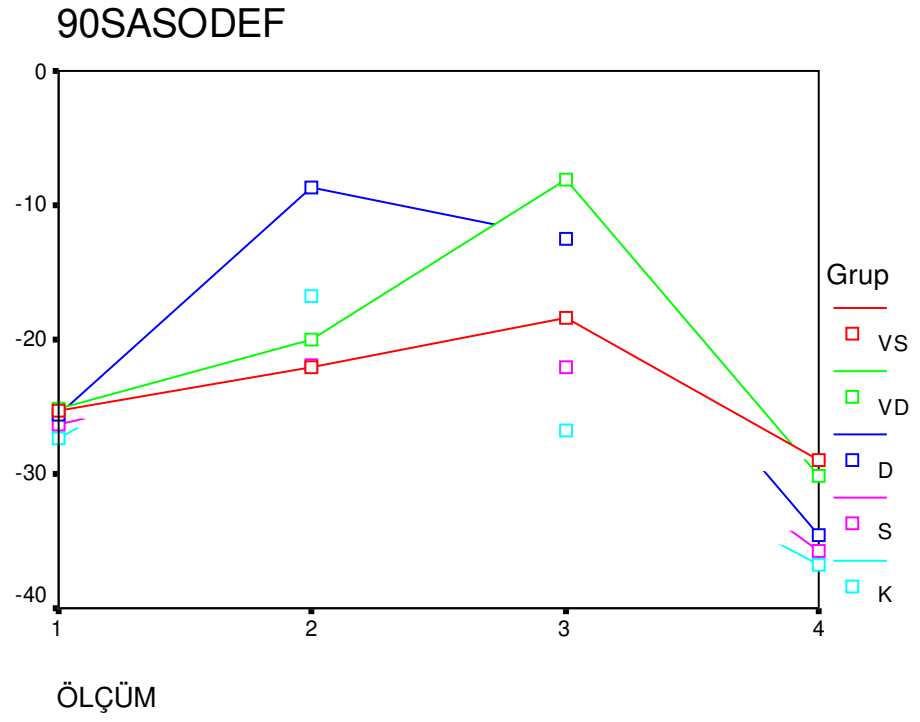
**Çizelge 4.14.** Katılımcıların 90SASODEF ölçümleri.

| Grup | 90SASODEF1<br>A.O.± S.S | 90SASODEF2<br>A.O.± S.S | 90SASODEF3<br>A.O.± S.S | 90SASODEF4<br>A.O.± S.S | Zaman                               | Grup*Zaman                           | Grup                              |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| VS   | -25.31±10.51            | -22.00±17.04            | -18.38±12.02            | -29.00±11.53            | $F_{(3,50)} = 57.497$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 2.694$<br>$p < .001$ | $F_{(1,52)} = 1.285$<br>$p = .28$ |
| VD   | -25.08±11.81            | -20.00±10.16            | -8.08±4.64              | -30.08±14.46            |                                     |                                      |                                   |
| D    | -25.64±7.95             | -8.64±27.31             | -12.45±8.98             | -34.55±6.56             |                                     |                                      |                                   |
| S    | -26.30±8.53             | -21.90±16.19            | -22.00±12.43            | -35.80±12.21            |                                     |                                      |                                   |
| K    | -27.36±7.97             | -16.73±11.66            | -26.82±11.83            | -36.73±6.78             |                                     |                                      |                                   |

90SASODEF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ). 90SASODEF değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 90SASODEF 1. ve 3.ölçüm değerleri 4.ölçüm değerinden daha yüksektir( $p < .01$ ,  $p = .04$ ,sırasıyla). 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 3.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- VD grubunun 90SASODEF 3.ölçüm değeri 1. ölçüm( $p < .01$ ), 2. ölçüm( $p = .01$ ) ve 4. ölçüm( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. Ayrıca 2 ölçüm değeri 4.ölçüm değerinden( $p = .04$ ) yüksektir. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark yoktur( $p > .05$ ).
- D grubunun 90SASODEF 1.ölçüm değeri 3. ölçüm( $p = .04$ ) değerinden düşük 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksektir. Ayrıca 3.ölçüm değeri 4.ölçüm( $p < .01$ ) değerinden yüksektir. 1. ve 2.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark yoktur( $p > .05$ ).
- S ve K gruplarının 90SASODEF 1. ve 2.ölçüm değerleri 4.ölçüm değerinden yüksektir( $p < .01$ ,  $p < .01$ , sırasıyla). Her iki grubun 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 3.ölçüm, 2. ve 3.ölçüm, 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).



Şekil 4.9. Gruplara göre 90SASODEF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 90SASODEF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır( $p=.28$ ).



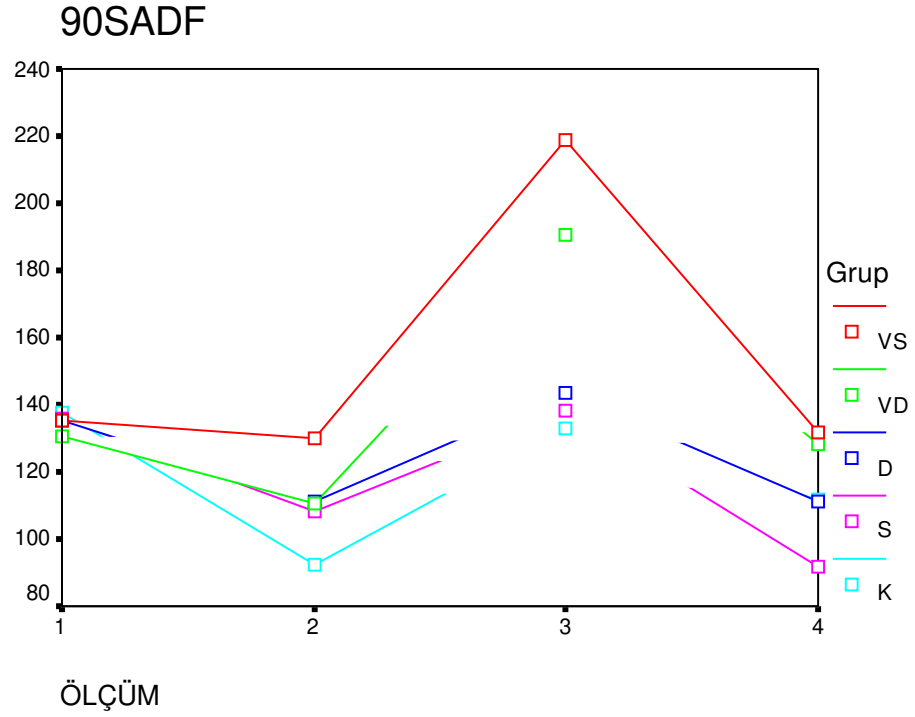
**Çizelge4.15.** Katılımcıların 90SADF ölçümleri.

| Grup | 90SADF1<br>A.O.± S.S | 90SADF2<br>A.O.± S.S | 90SADF3<br>A.O.± S.S | 90SADF4<br>A.O.± S.S | Zaman                                | Grup*Zaman                           | Grup                               |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| VS   | 135.31±25.21         | 129.92±38.08         | 218.77±41.99         | 132.00±22.16         | $F_{(3,156)} = 37.182$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 3.938$<br>$p < .001$ | $F_{(1,52)} = 3.851$<br>$p < .001$ |
| VD   | 130.75±40.44         | 110.75±46.10         | 190.50±49.05         | 128.25±34.58         |                                      |                                      |                                    |
| D    | 135.18±37.21         | 111.18±41.27         | 143.45±36.53         | 111.00±28.20         |                                      |                                      |                                    |
| S    | 136.00±24.59         | 108.40±35.33         | 138.00±22.16         | 91.50±36.75          |                                      |                                      |                                    |
| K    | 137.82±20.48         | 92.55±52.30          | 132.91±41.00         | 111.82±55.45         |                                      |                                      |                                    |

90SADF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda,

- VS grubunun 90SADF 3. ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2. ölçüm( $p < .01$ ) ve 4. ölçüm( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 90SADF, antrenman ortası dönemde VS grubunda % 3.98 oranında azalma olurken antrenman sonunda % 61.68 oranında artış olmuştur. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 39.66 oranında azalmıştır. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- VD grubunun 90SADF 3. ölçüm değeri 1.ölçüm( $p < .01$ ), 2. ölçüm( $p < .01$ ) ve 4. ölçüm( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 90SADF, antrenman ortası dönemde VD grubunda % 15.30 oranında azalma olurken antrenman sonunda % 45.70 oranında artış olmuştur. Antrenman bittikten sonra 4.ayda antrenman sonu ölçümlerine göre ise % 32.68 oranında azalmıştır. 1. ve 2.ölçüm, 1. ve 4.ölçüm, 2. ve 4.ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır( $p > .05$ ).
- D, S ve K gruplarının 90SADF testinde elde etmiş olduğu tüm değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir( $p > .05$ ).



**Şekil 4.10.** Gruplara göre 90SADF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 90SADF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ).

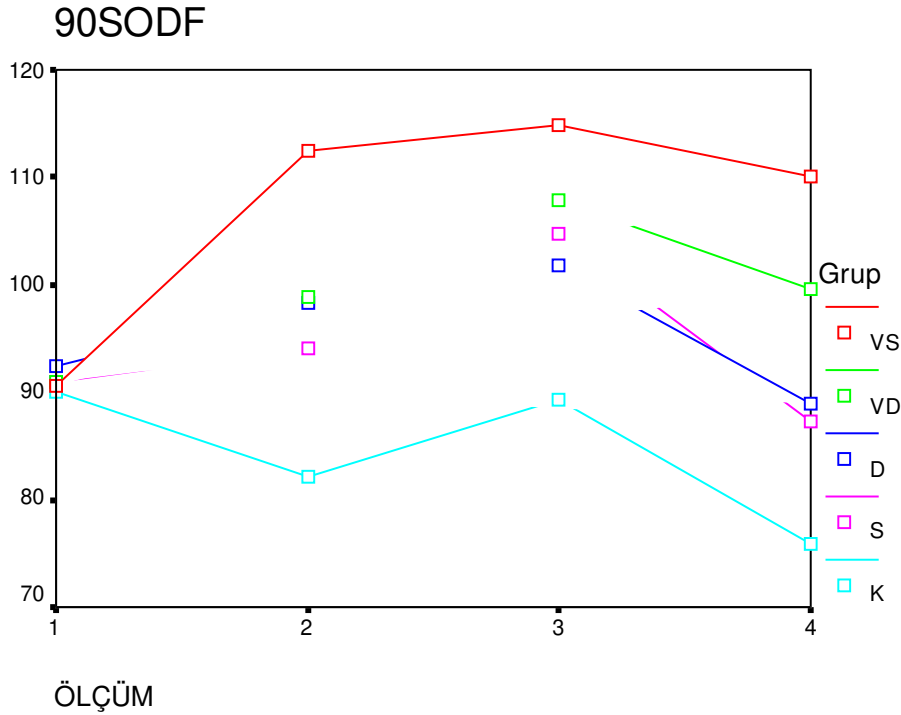
Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1., 2. ve 4. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p > .05$ ), 3. ölçüm değerinde grup farkı olduğu saptanmıştır ( $p < .001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 90°/sn hızda konsantrik sağ diz fleksör zirve kuvveti 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ , sırasıyla). Yine VD grubunun 90°/sn hızda konsantrik sağ diz fleksör zirve kuvveti 3. ölçümünün D, S ve K gruplarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .049$ ,  $p = .026$  ve  $p = .009$ , sırasıyla). VS-VD, D-S, D-K ve S-K grupları arasında fark görülmemiştir ( $p > .05$ ).

**Çizelge 4.16.** Katılımcıların 90SODF ölçümleri.

| Grup | 90SODF1<br>A.O.± S.S | 90SODF2<br>A.O.± S.S | 90SODF3<br>A.O.± S.S | 90SODF4<br>A.O.± S.S | Zaman                            | Grup*Zaman                        | Grup                            |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| VS   | 90.62±41.08          | 112.54±34.92         | 114.77±27.90         | 110.08±28.46         | $F_{(3,156)} = 3.773$<br>$p=.01$ | $F_{(12,156)} = 0.844$<br>$p=.60$ | $F_{(1,52)} = 1.414$<br>$p=.24$ |
| VD   | 91.00±31.33          | 98.92±35.05          | 107.92±26.88         | 99.67±41.94          |                                  |                                   |                                 |
| D    | 92.45±20.71          | 98.36±39.85          | 101.82±36.62         | 89.00±19.12          |                                  |                                   |                                 |
| S    | 90.90±22.26          | 94.10±36.17          | 104.80±18.63         | 87.30±26.05          |                                  |                                   |                                 |
| K    | 90.09±19.95          | 82.18±32.00          | 89.27±31.47          | 75.91±17.14          |                                  |                                   |                                 |

90SODF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p<.05$ ). Ancak tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının benzer olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olmadığı belirlenmiştir( $p>.05$ ).



**Şekil 4.11.** Gruplara göre 90SODF değişimleri.

Ayrıca gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 90SODF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir( $p=.24$ ).

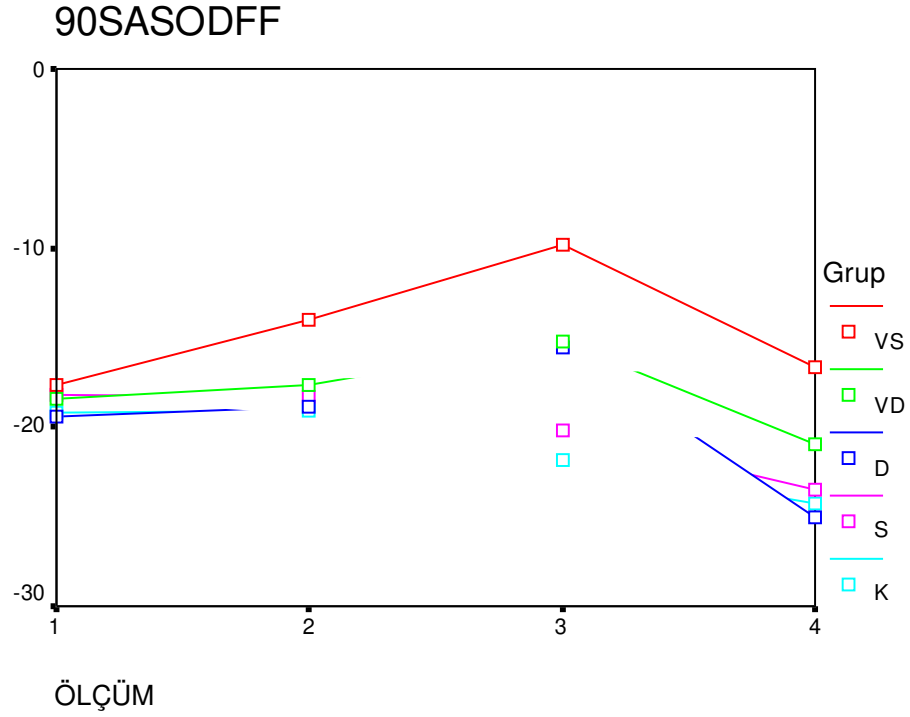
**Çizelge 4.17.** Katılımcıların 90SASODFF ölçümleri.

| Grup | 90SASODFF1<br>A.O.± S.S | 90SASODFF2<br>A.O.± S.S | 90SASODFF3<br>A.O.± S.S | 90SASODFF4<br>A.O.± S.S | Zaman                               | Grup*Zaman                          | Grup                               |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| VS   | -17.69±6.57             | -14.00±3.97             | -9.84±2.23              | -16.69±6.45             | $F_{(3,156)} = 8.750$<br>$p < .001$ | $F_{(12,156)} = 1.268$<br>$p = .02$ | $F_{(1,52)} = 3.825$<br>$p < .001$ |
| VD   | -18.41±5.07             | -17.66±4.59             | -15.25±4.51             | -20.91±5.45             |                                     |                                     |                                    |
| D    | -19.36±4.36             | -18.81±7.79             | -15.54±4.82             | -25.00±5.38             |                                     |                                     |                                    |
| S    | -18.20±7.39             | -18.30±12.40            | -20.20±9.97             | -23.50±7.15             |                                     |                                     |                                    |
| K    | -19.18±7.44             | -19.09±8.51             | -21.81±12.07            | -24.27±7.30             |                                     |                                     |                                    |

90SASODFF değerlerinin grup içi test sonuçlarına göre, 8 haftalık antrenman programı sürecinde istatistiksel olarak anlamlı değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır ( $p < .001$ ). Tüm grupların zaman içindeki değişim yapılarının birbirinden farklı olduğu, yani grup değişkeni x zaman etkileşiminin olduğu belirlenmiştir ( $p > .05$ ). 90SASODFF değerlerinde grup x zaman ve zamanla gerçekleşen değişimin etkileşiminin kaynağını belirlemek için, gruplar kendi içinde incelenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda;

- VS grubunun 90SASODFF 1. ölçüm değeri 2. ölçüm ( $p < .01$ ) ve 3. ölçüm ( $p < .01$ ) değerlerinden düşük; 2. ölçüm değeri 3. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden düşük ve 3. ölçüm değeri 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerinden daha yüksektir. 1. ve 4. ölçüm, 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- VD grubunun 90SASODFF 3. ölçüm değeri 1. ölçüm ( $p = .02$ ), 2. ölçüm ( $p < .01$ ) ve 4. ölçüm ( $p = .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. 1. ve 2. ölçüm, 1. ve 4. ölçüm, 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- D grubunun 90SASODFF 4. ölçüm değeri 1. ölçüm ( $p = .01$ ) ve 3. ölçüm ( $p < .01$ ) değerlerinden daha düşüktür. 1. ve 2. ölçüm, 1. ve 3. ölçüm, 2. ve 3. ölçüm 2. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).
- S ve K gruplarının 90SASODFF 1. ölçüm değerleri 4. ölçüm ( $p < .01$ ) değerlerinden daha yüksektir. Gruplarda 1. ve 2. ölçüm, 1. ve 3. ölçüm, 2. ve 3. ölçüm, 2. ve 4. ölçüm, 3. ve 4. ölçüm değerleri arasında fark saptanmamıştır ( $p > .05$ ).



Şekil 4.12. Gruplara göre 90SASODFF değişimleri.

Gruplar arası inceleme sonucunda, grupların 90SASODFF zirve kuvvet testinin değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ( $p < .001$ ).

Grup farklılıklarının hangi ölçümden kaynaklandığını belirlemek için yapılan analiz sonucuna göre, gruplar arasında 1. ve 2. ölçüm açısından fark olmadığı ( $p > .05$ ), 3. ve 4. ölçüm değerlerinde grup farkı olduğu saptanmıştır ( $p < .001$ ).

Post hoc Tukey testine göre, VS grubunun 90°/sn hızda konsantrik sağ-sol diz fleksör zirve kuvveti farkı 3. ölçümünün S ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .014$ ,  $p = .002$ , sırasıyla). VS-VD, VS-D, VD-D, VD-S, VD-K, D-S, D-K ve S-K grupları arasında fark görülmemiştir ( $p > .05$ ). VS grubunun 90°/sn hızda konsantrik sağ-sol diz fleksör zirve kuvveti farkı 4. ölçümünün D ve K gruplarından yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p = .020$ ,  $p = .041$ , sırasıyla). VS-VD, VS-S, VD-D, VD-S, VD-K, D-S, D-K ve S-K grupları arasında fark görülmemiştir ( $p > .05$ ).

## TARTIŞMA

İnsan vücudunda, periyodik olarak mekanik bir salınım uygulayan vibrasyon, hem bilimsel alanda hem de pratikte ilginç ve özel sonuçlar vermektedir. 19. yüzyılın başından beri artarak devam eden vibrasyon çalışmalarının popülaritesi 2000 yılından itibaren üst seviyelere çıkmıştır (106). Vibrasyon çalışmaları birçok alanda kullanıldığı gibi sportif alanda da, özellikle, alt ekstremitede genel kuvvet kapasitesini arttırdığından dolayı önerilmektedir (75).

Vibrasyona verilen yanıt; vücut pozisyonu, postür, bireyler arası değişkenler, beden dinamiği, cinsiyet ve bireyin psikolojik durumundan etkilenebildiği için (10) vibrasyon çalışmaları öncesi kasın durumu, çalışılan vibrasyonun özellikleri gibi detaylar çalışmalarda göz önünde bulundurulması gereken önemli konulardır. Literatürde, TBV uygulamasıyla ilgili kronik performans artışına ilişkin yapılan çalışmaların yetersiz olduğu (10) ve TBVA' na ilişkin yapılan çalışmaların araştırma sonuçlarında tutarsızlık olduğu, bu tutarsızlığın ise çalışmalarda kullanılan farklı vibrasyon antrenman protokollerinden ve antrenman özelliklerinin net açıklanamamasından kaynaklandığı bildirilmektedir. TBVA'nın performansa etkisi ile ilgili yapılan çalışmaların hiçbirinde, kullanılan bir protokolün diğerine göre üstünlüğü konusunda net bir açıklama getirilmemiş olması, bu yönde çalışmalar yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Yapılan bu çalışmanın asıl amacı, vibrasyon antrenmanının kuvvet gelişimine etkisini belirlemektir. Ayrıca; a) Vibrasyon antrenmanı sırasında yapılacak statik ya da dinamik alıştırmaların kuvvete etkisini karşılaştırmak ve b) Vibrasyon antrenmanı ile sağlanan kuvvet gelişiminin ne kadar sürdürüldüğünü saptamak amaçlanmıştır.

### 5.1. Başlangıç Değerleri

#### 5.1.1. Antropometrik Değerlendirme

Çalışmaya; yaşları 17-21 yıl arasında değişen ( $20.17 \pm 1.79$ ), BKİ normal sınırlar içinde olan 57 erkek üniversite öğrencisi katılmıştır.

Katılımcıların boy ölçümü, tanita ölçümü (ağırlık, beden kütle indeksi, vücut yağ yüzdesi, yağsız beden kütlesi, toplam beden suyu) ve antropometrik ölçümleri (uyluk ve baldır uzunluğu) yapılmıştır. Yapılan literatür incelemesinde, çalışmamızda yer alan katılımcıların, antrenman öncesi, antropometrik özelliklerinin, farklı çalışmalardaki aynı yaş grubu ile benzer olduğu ortaya çıkmıştır (9,107,108).

Çalışmanın başlangıcında gerçekleştirilen ölçümlerde, tüm gruplardaki katılımcıların yaş, boy, ağırlık, BKİ, %Yağ, FFM, TBW, uyluk ve baldır uzunluk değerlerinin benzer olduğu, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir.

### **5.1.2. İzokinetik Zirve Kuvvet Değerleri**

Katılımcıların başlangıçtaki izokinetik zirve kuvvet değerlerini belirlemek için, antrenman öncesinde, izokinetik dinamometre ile 60°/sn ve 90°/sn hızlarda, sağ ve sol diz ekstansor ve fleksor kaslarının konsantrik zirve kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda değerlerin tüm gruplarda benzer olduğu ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir.

### **5.2. İzokinetik Zirve Kuvvet Değişimleri**

TBV çalışmaları oldukça yeni bir metod olarak, sağlıklı bireylerde kas gücü ve kuvvetini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır(9,19, 31, 109, 110).

Yapılan literatür incelemesinde, TBV' nin uzun süreli uygulanmasının, kas kuvvetine olan etkisini belirlemek üzere sıklıkla dikey sıçrama, tekrarlı sıçrama ve dinamometre ile kuvvet ölçümü gibi geleneksel yöntemlerin kullanıldığı, izokinetik kuvvet değerlendirmesine yeterince yer verilmediği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda 6 haftadan az ya da daha fazla sürede uygulanan TBVA programlarının, izometrik (110, 111) ve konsantrik (31) kas kuvvetini geliştirdiğini bildiren çalışmaların yanısıra, kas gücü ve dikey sıçrama performansını geliştirdiğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır (9, 19, 35, 111). Buna karşın benzer süre veya daha uzun sürelerde yapılan bazı çalışmalarda TBVA programının herhangi bir değişime katkı vermediği ve fayda sağlamadığı yönünde de bilgiler bulunmaktadır (27, 33, 112).

TBV' nin alt ekstremitte performansına etkisini belirlemek için 8 haftalık antrenman programının başlangıcında, ortasında ve sonunda 60°/sn ve 90°/sn hızlarda sağ ve sol diz ekstansor ve fleksor kaslarının konsantrik zirve kuvveti ölçümü yapılmıştır. Uygulanan antrenman programının detraining etkisini belirlemek için de çalışmanın bitimini takip eden 4. ayda izokinetik testler tekrar edilmiştir.

Çalışmamızda VS ve VD gruplarında 60°/s hızda ekstansor kas zirve kuvvetinin sağ dizde 1.ayda artmaya başladığı, sol dizde ise antrenman sonunda arttığı saptanmıştır. VS grupta sağ dizde 60°/s hızda ekstansor kas zirve kuvveti artış miktarı %43, sol dizde %55; VD grupta ise sağ dizde %24 ve sol dizde %46'dır. Sol dizdeki artış miktarının daha fazla olması, sol diz başlangıç değerlerinin sağ dize göre daha düşük olmasına bağlanmıştır. Hem VS hem de VD gruplarında detraining döneminde, antrenmanla kazanılan yarar kaybedilmiş ve antrenman öncesi ölçüm sonuçlarıyla detraining dönem ölçüm sonuçları arasında fark saptanmamıştır. Sol diz 60°/s hızda ekstansor kas zirve kuvvetinin D ve S gruplarında antrenmana bağlı anlamlı değişim göstermediği belirlenmiştir. Sağ diz 60°/s hızda ekstansor kas zirve

kuvveti ise D grupta değişmemiş, S grupta antrenman ortasında azalmış (%27), ancak antrenman sonu ile antrenman öncesi arasında anlamlı fark görülmemiştir. K grupta ise hem sağ, hem de sol diz 60<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvveti antrenman öncesi ölçüm sonuçlarına göre, 2.ay sonunda anlamlı düzeyde azalmıştır.

VS ve VD gruplarda 60<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz ekstansör kas zirve kuvvet farkı antrenman öncesi dönemde fazla iken, antrenman ortasından itibaren azalmaya başlamış, antrenman sonunda farkın daha da azaldığı saptanmıştır. Antrenman bittikten sonra ise, detraining döneminde yapılan ölçümde iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki ekstansör zirve kuvvet farkının arttığı ve antrenman öncesine göre anlamlı fark göstermediği belirlenmiştir. D grupta ise, iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki ekstansör zirve kuvvet farkının antrenman ortası dönemde değişmediği, antrenman sonunda azaldığı, detraining döneminde antrenman öncesi ile farklı olmadığı görülmüştür. S grupta, antrenman döneminde ve detraining döneminde iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki ekstansör zirve kuvvet farkı ölçütünde bir değişiklik olmamıştır. K grupta ise ilginç olarak antrenman başında, 1.ay ölçümlere göre iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki ekstansör zirve kuvvet farkı daha az bulunmuş, 2.ayda ve 4.ayda farkın arttığı belirlenmiştir.

Özetle; VS ve VD gruplarında yer alan katılımcıların, diğer gruplara oranla, her iki diz 60<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvvetlerinde anlamlı düzeyde gelişim olduğu, vibrasyon çalışmayan gruplarda ise anlamlı bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. K grupta ise hem sağ hem de sol diz 60<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvveti, antrenman öncesi ölçüm sonuçlarına göre, 2.ay sonunda anlamlı düzeyde azalmıştır.

Literatürde, çalışmamızdaki yaş grubuna benzer olan katılımcılarda, TBV'nin diz ekstansör kas zirve kuvveti gelişimine olan etkisini değerlendiren, çalışmamızda uyguladığımız vibrasyon ve kuvvet antrenman yöntemlerine benzer olan ve antrenmanların etkilerini izokinetik testle değerlendiren sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır (31).

Çalışmamızın sonuçlarına paralel olarak, Mahieu ve arkadaşları(2006), 6 hafta süreyle uyguladıkları TBVA programının, 60°/sn ve 180°/sn hızda ölçülen izokinetik sağ diz ekstansiyon ve fleksiyon, konsantrik zirve kuvvet değerlerinin, ilk ölçümlere göre anlamlı düzeyde yüksek olduğunu bildirmişlerdir (31). Bunun yanı sıra, TBV' nin kas zirve kuvveti gelişimine etkisini, farklı yöntemlerle değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, elde edilen sonuçların, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla da benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (7, 113, 19, 21).

Delecluse ve arkadaşları (2003) da 12 hafta süre ile TBVA ve ağırlık makineleriyle yapılan geleneksel kuvvet antrenmanını karşılaştırdıkları çalışmalarında, dinamometre ile ölçülen diz ekstansör kas kuvvetindeki artışı, geleneksel kuvvet antrenmanı grubunda %14,4 , vibrasyon grubunda ise %16,6 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, vibrasyon grubunun sıçrama yüksekliğinin de anlamlı pozitif bir gelişim gösterdiğini bildirmişlerdir (7).



Torvinen ve arkadaşları(2003) da, 8 ay uyguladıkları TBVA programının kas kuvveti üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, alt ekstremitte kuvvet gelişimi için uyguladıkları vibrasyon antrenmanları sonunda dikey sıçrama ölçütünde % 7,8 oranında bir gelişme olduğunu bildirmişlerdir (113).

Bosco ve arkadaşlarının(1998) TBV antrenmanının sıçrama performansına etkisini inceledikleri çalışmalarında, maksimal sıçrama yüksekliğinin vibrasyon çalışmasından sonra arttığını bildirmişlerdir (19). Yine Bosco ve arkadaşları(1999) vibrasyon çalışmalarının iskelet kas kuvvetine etkisini inceledikleri çalışmalarında vibrasyon çalışmaları sonunda bacak ekstansör kas kuvvetinde artış olduğunu saptamışlardır(21).

Torvinen ve arkadaşları(2002) da 4 ay uygulanan TBVA programının vibrasyon grubunda, sıçrama yüksekliğinin %8,5 ve dinamometre ile ölçülen diz ekstansör kuvvetinin %3,7 oranında arttığını, ancak kazanılan kuvvetin antrenmanlardan sonraki 2. ayda, detraining döneminde kaybedildiğini belirtmişlerdir(28).

Çalışmamızda K grupta, 2. ayda ortaya çıkan her iki diz 60<sup>0</sup>/s hızdaki ekstansör zirve kuvvetindeki azalmanın nedeni tam olarak açıklanamamakla birlikte literatürde bu tür çelişkili sonuçların olduğu görülmüştür (108).

Giminiani ve arkadaşları(2009), 8 hafta boyunca üniversite öğrencileriyle yaptıkları çalışmalarında, farklı frekansta vibrasyon uygulayan grubun, aynı şiddette vibrasyon uygulayan gruba göre skuat jump performansında % 11 oranında artış olduğunu bildirmişlerdir. Kontrol grubunun kuvvet gelişiminde ise % 2 oranında anlamlı değişim olduğunu saptamışlardır (109). Literatürle benzer olarak, çalışmamızın kontrol grubundaki bu çelişkili sonucun nedeni açıklanamamaktadır.

Çalışmamızda tüm grupların, antrenmanlarla kazanılan ekstansör zirve kuvvet gelişimlerinin, detraining döneminde benzer oranda azaldığı belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer olarak, Lemmer ve arkadaşları (2002), 9 hafta süre ile haftada 3 gün uygulanan vibrasyon çalışmasının, genç ve yetişkin erkekler üzerindeki detraining etkilerini inceledikleri çalışmalarında, kuvvetin azalmasında 9 haftalık dönemdeki detraining etkisinin anlamlı olmadığını ancak 31 haftalık dönemdeki detraining etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular, Lemmer ve arkadaşlarının (2002) yaptıkları çalışma ile benzerlik göstermektedir (114).

Çalışmamızda VS grubunda, 60<sup>0</sup>/s hızda fleksör kas zirve kuvvetinin sağ ve sol dizde 1.ayda artmaya başladığı saptanmıştır. VS grupta sağ dizde 60<sup>0</sup>/s hızda fleksör kas zirve kuvveti artış miktarı %108, sol dizde %49' dur. VD grupta 60<sup>0</sup>/s hızda fleksör kas zirve kuvvetinin sağ dizde 1.ayda artmaya başladığı, sol dizde ise anlamlı bir artışın olmadığı saptanmıştır. VD grupta sağ dizde kuvvet artışı %60' tır. D grupta ise 60<sup>0</sup>/s hızda fleksör kas zirve kuvvetinin, sağ dizde 2.ayda arttığı ve

kuvvet artış miktarının %18 olduğu saptanmıştır. VS, VD ve D gruplarında 2. ay sonunda antrenmanla kazanılan bu kuvvet detraining döneminde kaybedilmiş ve antrenman öncesi ölçüm sonuçlarıyla detraining dönem ölçüm sonuçları arasında fark olmadığı belirlenmiştir. Sağ diz S ve K ile sol diz VD, D, S ve K gruplarının 60<sup>0</sup>/s hızda fleksor kas zirve kuvvetlerinin antrenmana bağlı anlamlı değişim göstermediği belirlenmiştir.

VS ve VD gruplarda 60<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz fleksor kas zirve kuvvet farkı antrenman öncesi dönemde fazla iken, antrenman ortasından itibaren azalmaya başlamış ve antrenman sonunda farkın daha da azaldığı saptanmıştır. Antrenman bittikten sonra ise, detrainingte yapılan ölçümde iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki fleksor zirve kuvvet farkının anlamlı bir şekilde arttığı belirlenmiştir. D grupta ise, iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki fleksor zirve kuvvet farkının, antrenman ortası ve sonunda değişmediği, detraining döneminde antrenman öncesi, ortası ve sonu ile farklı olduğu görülmüştür. S ve K gruplarında, antrenman öncesi dönem ile detraining döneminde iki dizin 60<sup>0</sup>/s hızdaki fleksor zirve kuvvet farkı ölçütünde anlamlı bir fark olduğu ve ilginç olarak antrenman öncesi farkın daha az olduğu belirlenmiştir.

Özetle; VS grubunda yer alan katılımcıların, her iki diz 60<sup>0</sup>/s hızdaki fleksör kas zirve kuvvetinde anlamlı düzeyde gelişim olduğu belirlenmiştir. VD ve D gruplarında ise sadece sağ dizde anlamlı gelişim olduğu saptanmıştır. Genel olarak ise sağ dizdeki kuvvet artışının, sol dize göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca S ve K gruplarının 60<sup>0</sup>/s hızdaki fleksor zirve kuvvet farkının, antrenman öncesi dönemde, detraining döneme göre anlamlı düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir.

TBV' nin kas zirve kuvveti gelişimine etkisini farklı yöntemlerle değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, elde edilen sonuçların, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (115, 107).

Çalışmamızdaki VS grubunun kuvvet gelişimine benzer olarak, Carson ve arkadaşları (2010), 4 hafta boyunca geleneksel kuvvet antrenmanları ile birlikte uygulanan statik vibrasyonun etkisini inceledikleri çalışmalarında, vibrasyon çalışan grubun, kaldırılan maksimal ağırlık kuvvetinde %16, sadece geleneksel kuvvet antrenmanına katılan grupta ise % 12,5 oranında bir artış olduğunu saptamışlardır (115).

Buna benzer olarak, Da Silva ve arkadaşları(2009), 4 hafta uyguladıkları vibrasyon çalışmalarında, VS grubunun kontrol grubuna göre; dikey sıçrama, 4RM ve power ölçümlerinde, ilk ölçüme göre anlamlı ve pozitif bir değişim olduğunu belirtmişlerdir(107).

İlginç olarak S ve K gruplarının 60<sup>0</sup>/s hızdaki fleksor zirve kuvvet farkının, antrenman öncesi dönemde, detraining döneme göre anlamlı düzeyde düşük olduğu belirlenmiş ancak elde edilen bu sonucun nedeni açıklanamamıştır.

Çalışmamızda VS grubu başta olmak üzere, tüm grupların, antrenmanlarla kazanılan fleksör zirve kuvveti gelişimlerinin, detraining döneminde azaldığı belirlenmiştir. Philippaerts ve Lenoir(2005) vibrasyon antrenmanlarıyla kuvvet gelişimi ve detraining etkilerini inceledikleri çalışmalarında, maksimal kuvvette % 8 ve patlayıcı kuvvette de %12,5 oranında bir artış olduğunu ancak gelişen bu özelliklerin 1,5 ay sonunda azaldığını ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan düzeyde bir detraining etkisinin ortaya çıktığını belirlemişlerdir (116). Bizim çalışmamızda ise antrenmanlarla kazanılan kuvvetin, detraining döneminde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığı belirlenmiştir.

Çalışmamızda VS ve VD gruplarda 90<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvvetinin sağ ve sol dizde 1.ayda artmaya başladığı saptanmıştır. VS grupta sağ dizde 90<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvveti artış miktarı %55, sol dizde %49; VD grupta ise sağ dizde %26, sol dizde %33'tür. D grubunda 90<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvveti açısından sağ dizde anlamlı bir değişim gözlenmemiş ancak sol dizde 1.aydan itibaren artış olduğu saptanmıştır. D grubunda sol diz 90<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvveti artış miktarı %21'dir. VS, VD ve D gruplarında detraining döneminde, antrenmanla kazanılan yarar kaybedilmiş ve antrenman öncesi ölçüm sonuçlarıyla detraining dönem ölçüm sonuçları arasında fark saptanmamıştır. Sağ diz D, S ve K ile sol diz S ve K gruplarında anlamlı bir değişim görülmemiştir.

VD grubunda 90<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz ekstansör kas zirve kuvvet farkının antrenman sonunda, antrenman ortası döneme göre daha azalmış olduğu saptanmıştır. Tüm gruplarda, 90<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz ekstansör kas zirve kuvvet farkının detraining döneminde, antrenman sonu döneme göre anlamlı olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. 90<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz ekstansör kas zirve kuvvet farkı VS, D, S ve K gruplarında detraining döneminde antrenman öncesine göre anlamlı bir şekilde artmıştır. VD grubunda 90<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz ekstansör kas zirve kuvvet farkı antrenman sonunda, antrenman öncesine ve ortasına göre anlamlı bir şekilde azalmıştır. Benzer şekilde D grubunda, 90<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz ekstansör kas zirve kuvvet farkının antrenman sonunda, antrenman öncesine göre anlamlı düzeyde azaldığı tespit edilmiştir.

Özetle; VS ve VD gruplarında yer alan katılımcıların, diğer gruplara oranla, her iki diz 90<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvvetlerinde anlamlı düzeyde gelişim olduğu belirlenmiştir. D grubunda ise sol diz 90<sup>0</sup>/s hızda ekstansör kas zirve kuvvetlerinde, S ve K gruplarına göre anlamlı düzeyde ekstansör zirve kuvvet gelişimi olduğu saptanmıştır.

Literatürde çalışmamızdaki yaş grubuna benzer olan katılımcılarda, TBV' nin diz ekstansör kas zirve kuvveti gelişimine olan etkisini, izokinetik testle değerlendiren sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır (117). Petita ve arkadaşları (2010) diz ekstansörlerinin kuvvet gelişiminde TBVA açısından en uygun vibrasyon frekansı ve amplitüdünü belirlemek için yaptıkları çalışmalarında, katılımcıları yüksek yoğunlukta (50 Hz, 4mm) vibrasyon çalışan grup ve düşük yoğunlukta (30 Hz, 2mm) vibrasyon çalışan grup olmak üzere iki gruba ayırmışlardır. Katılımcılara

6 hafta süre ile haftada 3 gün, konsantrik çalışma yaptırmışlar ve 60°/sn ve 180°/sn hızda izokinetik zirve kas kuvvetini Biodex ile, maksimal kas aktivite ölçümünü de Dijimer ile değerlendirmişlerdir. Sonuçta yüksek yoğunlukta çalışan grubun diz ekstansör ve fleksör zirve kas kuvveti (%16) ile sıçrama performansının, düşük yoğunlukta vibrasyon alan gruba göre daha anlamlı bir artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (117). Çalışmamıza benzer frekans ve amplitüdde olan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar, çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

TBV' nin etkisinin alan ölçümü yöntemleri ile değerlendirildiği çalışmalarda da vibrasyon çalışan grubun kuvvet özelliğinin, vibrasyon çalışmayan gruplara oranla anlamlı düzeyde geliştiği bildirilmektedir (9, 118, 20).

Paradisis ve Zacharogiannis(2007), 6 hafta boyunca uyguladıkları TBVA programı sonucunda, patlayıcı güç performansı olarak ölçtükleri dikey sıçrama yüksekliği ve 30 sn tekrarlı sıçrama değerlerinin, başlangıç değerlerine göre anlamlı düzeyde arttığını bildirmişlerdir (9). Lamont ve arkadaşları (2009), 6 hafta boyunca uygulanan dinamik skuat antrenmanının klasik ve vibrasyon grupları arasındaki etkisini incelemişler ve deneklerin zirve kuvvet değerinin vibrasyon grubunda klasik kuvvet antrenmanı grubuna oranla % 1.63 oranında daha anlamlı olduğunu belirlemişlerdir (118). Torvinen ve arkadaşları(2002), vibrasyon çalışmalarının kas performansına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, alt ekstremitte izometrik diz ekstansör kuvvetinde %3,2 , dikey sıçrama yüksekliğinde ise %2,5 oranında bir artış olduğunu bildirmişlerdir (20).

TBV'nin etkisinin farklı ölçüm yöntemleri ile değerlendirildiği diğer çalışmalarda da, vibrasyon çalışan grubun kuvvet gelişiminde anlamlı değişim olduğu bildirilmektedir (119, 120).

Lamont ve arkadaşları(2010) izometrik kuvvet çalışmalarına ek olarak yaptıkları vibrasyon çalışmalarıyla 6 hafta sonunda, Lab View programıyla ölçülen kuadriceps kas gücünün vibrasyon grubunda % 5,8 oranında anlamlı bir artış gösterdiğini bulmuşlardır(119).

Roelants ve arkadaşları(2006), farklı skuat egzersizleri sırasında, bacak kas aktivitesindeki artışı belirlemek üzere yaptıkları vibrasyon antrenmanı çalışmalarında rektus femoris, vastus medialis, vastus lateralis ve gastroknemius kaslarının EMG aktivitelerinin %17,5 oranında arttığını belirlemişlerdir(120).

Kazanılan kuvvete rağmen VS grubu başta olmak üzere, tüm grupların 90°/s hızda ekstansör kas zirve kuvvetlerinin, detraining döneminde azaldığı belirlenmiştir.

Çalışmamızda VS ve VD gruplarında 90°/s hızda fleksör kas zirve kuvvetinin sağ dizde 2.ayda artmaya başlamıştır. VS grubunda sağ dizde 90°/s hızda fleksör kas zirve kuvveti artış miktarı %62, VD grubunda ise %46' dır. VS ve VD gruplarında

antrenmanla kazanılan bu kuvvet detraining döneminde kaybedilmiş ve antrenman öncesi ölçüm sonuçlarıyla detraining dönem ölçüm sonuçları arasında fark saptanmamıştır. Sağ diz D, S ve K ve sol diz VS, VD, D, S ve K gruplarında 60<sup>0</sup>/s hızda fleksor kas zirve kuvveti ölçüm sonuçlarının antrenmana bağlı anlamlı değişim göstermediği belirlenmiştir. Bunun nedeni, başlangıç değerlerinin düşük olması ve antrenmanlarla sol diz 90<sup>0</sup>/s hızda fleksor kas zirve kuvvetinin gelişmemiş olması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

VS ve VD gruplarda 90<sup>0</sup>/s hızda sağ ve sol diz fleksor kas zirve kuvvet farkı antrenman öncesi dönemde fazla iken, VS grubunda antrenman başından VD grubunda ise antrenman ortasından itibaren anlamlı bir şekilde azalmaya başlamış, antrenman sonunda farkın daha da azaldığı saptanmıştır. D grubunda da antrenmanlar sonunda ölçülen farkın, antrenman öncesine göre anlamlı olduğu belirlenmiştir. Antrenman bittikten sonra ise, detrainingte yapılan ölçümde VS, VD ve D gruplarında iki dizin 90<sup>0</sup>/s hızdaki fleksor zirve kuvvet farkının antrenman sonuna göre anlamlı bir şekilde arttığı belirlenmiştir. İlginç olarak D, S ve K gruplarının detrainingte ölçülen değerleri ilk ölçümlerden de anlamlı derecede düşük bulunmuştur.

Özetle; 90<sup>0</sup>/s hızda fleksor kas zirve kuvvet gelişiminin, VS ve VD gruplarında ve sadece sağ dizde olduğu, diğer gruplardaki değişimin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca D, S ve K gruplarının detrainingte ölçülen değerleri ilk ölçümlerden de anlamlı derecede düşük bulunmuştur.

TBV' nin etkisinin izokinetik ölçüm yönteminden farklı ölçüm yöntemleri ile incelendiği çalışmaların sonuçları ile çalışmamızda elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir (35, 36, 33).

Ronnestad(2004) 5 hafta süreyle egzersiz makinesi ile vibrasyonlu ve vibrasyonsuz statik skuat çalışması sonucunda her iki grupta da 1RM' nin arttığını ancak vibrasyon grubunun sıçrama yüksekliğinin diğer gruptan çok daha fazla geliştiğini bildirmiştir (35). Farklı bir yaklaşım olarak Kvorning ve arkadaşları(2006) 9 hafta süreyle skuat çalışan klasik antrenman grubunun sıçrama yüksekliği ve zirve güç değerlerinin sadece vibrasyon çalışan gruptan daha anlamlı bir gelişim gösterdiğini bulmuşlar ve sadece vibrasyon çalışmanın kuvvet antrenmanları için yeterli olmadığı ve avantaj sağlamadığını bildirmişlerdir (36). Bunların aksine, Ruitter ve arkadaşları(2003), TBVA' nın sıçrama yüksekliğine ve diz ekstansor kaslarının aktivasyonlarına etkisini belirlemek için 11 haftalık vibrasyon çalışması yapmışlar ve kuvvet gelişimini nörofizyolojik yöntemle belirleyerek sonuçta, kuadriceps femoris izometrik kas kuvvetinde herhangi bir değişim olmadığını saptamışlardır (33).

Ayrıca D, S ve K gruplarının detrainingte ölçülen değerleri, ilk ölçümlerden de anlamlı derecede düşük bulunmuştur ve bu çelişkili sonucun nedeni açıklanamamıştır.

Genel olarak hızlı kazanılmış bir kuvvet gelişiminin, antrenmanlara ara verildiğinde hızla gerilemeye başladığı bildirilmektedir. Buna karşılık uzun süreli çalışmalar sonucu kazanılmış üst düzey bir kuvvet gelişiminin, çok yavaş bir şekilde kaybolduğu da bildirilmektedir. Tam dinlenmedeki kas, bir hafta sonra kuvvetinin %30' unu kaybeder (40). Bu bilgiler, çalışmamızda elde ettiğimiz, detraining dönemindeki kuvvet kayıplarının nedenini açıklar niteliktedir.

Literatürlerde de görüldüğü gibi, vibrasyon çalışmalarının özellikle 1980' li yıllardan başlayarak günümüze kadar artarak devam ettiği ve birçok alanda olduğu gibi spor alanında da kullanımının hızlı bir şekilde yaygınlaştığı gözlenmiştir. Vibrasyonun kullanımı, etki düzeyi, kazançları ve etkileşimleri birçok çalışmaya konu olmuştur. Vibrasyonun hemen hemen tüm yaş gruplarında uygulandığı görülmüştür. TBVA sırasında nöromusküler sistem üzerinde etkisi olan vibrasyon, frekansı ve amplitüdü arasındaki etkileşim ile karakterizedir. Bunun yanında TBVA sırasında nöromusküler sistemin yarattığı etki hakkında tam bir netlik olmadığı görülmüştür. Ayrıca TBV platformunda uygulanan özel egzersiz yöntemlerinin kas aktivitesi üzerinde, klasik egzersizlere göre daha etkili olup olmadığı, yüklenme dinlenme oranının ne olması gerektiği ya da farklı yüklenme protokollerinin etkilerine yönelik eksik bilgiler bulunmakta ve bu durum tam olarak açıklanamamaktadır. TBVA programlarının farklılık göstermesinden dolayı vibrasyon ile kas kuvveti ve gelişim mekanizması üzerinde de bir uzlaşa sağlanamamıştır. Bu durumun heterojen gruplardan, antrenman programlarının farklılıklarından, deneklerin antrenman öncesi durumlarından, cinsiyet farklılıklarından ve grup içi bireysel farklılıklardan kaynaklandığı görülmüştür.

Vibrasyon kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde farklı protokoller uygulansa da çoğunluğunda performans artışının olduğu gözlenmiş ve TBVA' nın akut çalışmalardan çok, uzun dönemli çalışmalarda kullanılması gerektiği öne sürülmüştür. Kombine antrenman yöntemleriyle yaptığımız çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, literatürde vibrasyon kullanılarak yapılan çalışmalarda elde edilen performans artışı sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (9, 19, 31, 35, 109, 110, 111). Literatürde kuvvet artışı ile ilgili yapılan çalışmalarda, çoğunlukla dikey sıçrama testinin, kuvvet dinamometrelerinin ve EMG yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Belirtildiği gibi izokinetik kuvvet ölçümü yöntemini kullanarak vibrasyon çalışmasının etkinliğini değerlendiren sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Çalışmamızdan elde edilen izokinetik ölçüm sonuçlarına göre, vibrasyon çalışmayan gruplarda da artış olmasına rağmen, performans artışının, özellikle vibrasyon çalışan gruplarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonuç literatürde bildirilen, vibrasyon çalışmaları kuvvet artışı sağlar bilgisini destekler niteliktedir.

Sonuçta, çalışmamızda 8 hafta boyunca uygulanan kombine antrenmanlarla vibrasyonun kuvvet gelişimine etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu kuvvet artışı, etkisini hem 4. haftada hem de 8. haftada göstermiş ancak en iyi değerler 8.hafta sonunda elde edilmiştir. Buna karşın antrenmanların bitimini takip eden 4.ayda yapılan ölçümlerde kazanılan kuvvetin kaybedildiği ve kuvvet değerinin antrenman öncesi değerine gerilediği belirlenmiştir.

## SONUÇLAR

Tüm beden vibrasyon antrenmanının kuvvet performansına etkisi ve kombine antrenmanlardaki yerini belirlemek amacıyla, Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda öğrenim gören ve diğer bölümlerden beden eğitimi dersini seçen erkek öğrencilerin katıldığı bu çalışmada;

8 hafta süresince gerçekleştirilen ve TBV' nin da kullanıldığı farklı kombine antrenmanlarla 60°/sn ve 90°/sn hızlarda izokinetik kuvvet testi sonuçlarına göre alt ekstremitte ekstansor ve fleksor kas kuvvetinde artış olduğu belirlendi.

Çalışmamızda özellikle statik ve dinamik antrenman programlarıyla kombine edilmiş vibrasyon uygulamasının, nörofizyolojik uyarımın etkisiyle alt ekstremitte kuvvet gelişimini sağladığı sonucuna ulaşıldı.

Kuvvet artışının genel olarak, vibrasyonla birlikte statik antrenman programı uygulayan grupta, diğer gruplara göre daha fazla olduğu belirlendi. Ardından en iyi kuvvet gelişimi sağlayan grubun vibrasyonla birlikte dinamik antrenman programı uygulayan grup olduğu saptandı.

İlginç olarak K grupta da, antrenman başındaki iki dizin 60°/s hızdaki ekstansor zirve kuvvet farkının, antrenman ortası döneme göre daha az olduğu yani kontrol grubunda da VS ve VD grubuna benzer şekilde değişim görüldüğü saptandı.

Antrenman ortası ölçüm sonuçları incelendiğinde, statik ve dinamik antrenman programlarıyla kombine edilmiş vibrasyon uygulamasının, geleneksel antrenman programlarına katılan gruplara göre kuvvet gelişimini kolaylaştırdığı ve kısa sürede anlamlı gelişmeler elde edildiği sonucuna ulaşıldı.

Çalışmamızda deney grubunda elde edilen kuvvet artışı, uygulanan vibrasyon çalışmasının olumlu etkilerinin olduğunu göstermektedir. Ancak çalışmaların sonlandırılmasıyla birlikte kuvvet kayıpları yaşanmakta buna rağmen en az kuvvet kaybı yine vibrasyon çalışan gruplarda görülmektedir.

Sonuç olarak, alt ekstremitte kuvvet performansının artırılması için uygulanan kombine vibrasyon antrenmanlarının olumlu etkilerinin olduğu bir kez daha belirlenmiştir.

Dünyada spor yapan, sedanter yaşayan ya da hasta olan birçok kişinin kuvvet gelişimlerini desteklemeleri için kullanımı kolay vibrasyon cihazlarını tercih etmeleri, bu uygulamaların son dönemlerdeki en yeni trend olduğunun göstergesidir.

Ülkemizde ise bu tür çalışmaların artmasıyla, spor kamuoyunun, vibrasyonun olumlu kazanımları üzerine ilgisi çekilebilir. Böylelikle sporla ilgilenen pek çok kişi vibrasyonun kuvvet gelişimine pozitif etkileri üzerine bilgi sahibi olabilir.



## ÖNERİLER

- Çalışmamızda vibrasyonun, kuvvete etkisine yönelik olumlu sonuçlar elde edilmesine karşın, çelişkili sonuçlar da ortaya çıktığı için, vibrasyonun uzun süreli etkisinin incelendiği daha fazla sayıda çalışma yapılmalı ve antrenman protokolleri konusunda detaylı bilgiler verilmelidir.
- Vibrasyon çalışmaları, sırasıyla ergenlik öncesi, ergenlik ve diğer yaşlardaki kişiler şeklinde planlanmalı ve yapılan çalışmalarda vibrasyonun frekansı, süresi ve amplitüdü hakkında detaylı bilgiler verilmelidir.
- TBV ile farklı egzersizlerin, farklı kas gruplarına olan etkisine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- TBVA sırasında nöromusküler sistemin yarattığı etki hakkında netlik olmadığı için bu konuda detaylı çalışmalar yapılmalıdır.
- Vibrasyon platformunda uygulanan özel egzersiz yöntemlerinin kas aktivitesi üzerinde, klasik egzersizlere göre etkisini inceleyen çalışmalar yapılmalıdır.
- Detraining dönem daha kısa değerlendirilmeli, kazanılan kuvvet kaybının ne zaman başladığına ilişkin bilgi sağlanmalıdır.
- Vibrasyonla kazanılan kuvvetin değerlendirilmesinde, alan testleri ve laboratuvar testleri arasındaki farkların belirlenmesi için çalışmalar yapılmalıdır.
- Vibrasyonla kazanılan kuvvetin, farklı cinsiyetlere özgü değişimlerinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Bompa O.T., Pasquale D.M., Cornacchia L. (2003). Serious Strength Training. 2th. Edition. Human Kinetics Books Champaigne. Illinois.
2. Faigenbaum D.A., Micheli J.L. (2002). Fit Society; Resistance training; Contemporary Issues in Resistance Training, What works?. A Quarterly Publication of the American College of Sports Medicine 2, 14.
3. Fleck J.S., Kramer J.W. (1997). Desining Resistance Training Programs. 2th. Edition. Human Kinetics Books Champaigne. Illinois.
4. Mester J., Kleinöder H., Yue Z. (2006). Vibration Training Benefits and Risks. Journal of Biomechanics 39, 1056-1065.
5. Luo J., McNamara B., Moran K. (2005). The Use Of Vibration Training To Enhance Muscle Strength and Power. Journal of Sports Medicine 1, 23-41.
6. Mester J., Spitzenpfeil P., Yue Z.Y. (2002). Strength And Power in Sport. Blackwell. Oxford.
7. Delecluse C., Roelants M., Verschueren S. (2003). Strength Increase After Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. Medicine Science and Sports and Exercise 6, 1033-1041.
8. Nordlund M.M., Thorstensson A. (2007). Strength Training Effects of Whole-Body Vibration? Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 17, 12-17.
9. Paradisis G., Zacharogiannis E. (2007). Effects of Whole-Body Vibration Training on Sprint Running Kinematics and Explosive Strength Performance. Journal of Sports Science and Medicine 6, 44-49.
10. Jordan M.J., Norris S.R., Smith D.J., Herzog W. (2005). Vibration Training, An Overview of The Area, Training Consequences, and Future Considerations. Journal of Strength and Conditioning Research 19(2), 459-466.
11. Liebermann D.G., Issurin V. (1997). Effort Perception During Isotonic Muscle Contractions with Superimposed Mechanical Vibratory Stimulation. Journal Human Movement Study 32, 171-186.
12. Hagbarth K.E., Eklund G. (1966). Motor Effects of Vibratory Muscle Stimuli in Man. In, Granit R. (ed). Proceedings of the First Nobel Symposium, Stockholm.
13. Mester J., Spitzenpfeil P., Schwarzer J., Seifriz F. (1999). Biological Reaction to Vibration-Implication for Sport. Journal Science Medicine Sports 2, 211-226.
14. Rittweger J., Beller G., Felsenberg D. (2000). Acute Physiological Effects of Exhaustive Whole-Body Vibration Exercise in Man. Clinical Physiology 20, 134-142.

15. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O. (1999). Influence of Vibration on Mechanical Power and Electromyogram Activity in Human Arm Flexor Muscles. *European Journal of Applied Physiology* 79, 306-311.
16. Issurin, V.B., Tenknbaum G. (1998). Acute and Residual Effects of Vibratory Stimulation on Explosive Strength in Elite and Amateur Athletes. *Journal of Sport Science* 17, 177-182.
17. Rittweger J., Mutschelknauss M., Felsenberg D. (2003). Acute Changes in Neuromuscular Excitability After Exhaustive Whole Body Vibration Exercise As Compared To Exhaustion By Squatting Exercise. *Clinical Physiology Functional and Imaging* 23, 81-86.
18. Romaiguère P., Vedel J.P., Pagni S. (1993). Effects of Tonic Vibration Reflex on Motor Unit Recruitment in Human Wrist Extensor Muscles. *Brain Research* 602(1), 32-40.
19. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O., Colli R., Tihanyi J., Duvillard S.R., Viru A. (1998). The Influence Of Whole-Body Vibrations on Jumping Performance. *Biology of Sports* 3, 157-164.
20. Torvinen S., Kannus P., Sievanen H., Jarvinen T.A., Pasanen M., Kontulainen S., Jarvinen M., Jarvinen T.L., Oja P., Vouri I. (2002). Effect of A Vibration Exposure on Muscular Performance and Body Balance, Randomized Cross-Over Study. *Clinical Physiology Functional Imaging* 22, 145-152.
21. Bosco C., Colli R., Intorini E., Cardinale M., Tsarpela O., Madella A., Tihanyi J., Vir A. (1999). Adaptive Responses of Human Skeletal Muscle to Vibration Exposure. *Clinical Physiology* 19, 183-187.
22. Bosco C., Iacovelli M., Tsarpela O., Cardinale M., Bonifazi M., Tihanyi J., Vir M., De Lorenzo A., Vir A. (2000). Hormonal Responses to Whole-Body Vibration in Men. *European Journal of Applied Physiology* 81, 449-454.
23. Runge M., Rehfeld G., Resnicek E. (2000). Balance Training and Exercise in Geriatric Patients. *Journal Musculoskelet Neuronal Interact* 1(1), 61-5.
24. Cochrane D.J., Legg S.J., Hooker M.J. (2004). The Short-Term Effect of Whole-Body Vibration Training on Vertical Jump, Sprint and Agility Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 4, 828-832.
25. Delecluse C., Roelants M., Diels R., Koninckx E., Verschueren S. (2005). Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Sprint-Trained Athletes. *International Journal of Sports Medicine* 26, 662-668.
26. Torvinen S., Sievänen H., Järvinen T.A., Pasanen M., Kontulainen S., Kannus P. (2002). Effect of 4-Min Vertical Whole Body Vibration on Muscle Performance and Body Balance, A Randomized Cross-Over Study. *International Journal Sports Medicine* 23(5), 374-9.
27. Delecluse C., Roelants M., Diels R., Koninckx E., Verschueren S. (2005). Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint

- Performance in Spring Trained Athletes. *International Journal of Sport Medicine* 26, 662-668.
28. Torvinen S., Kannus P., Sievanen H., Jarvinen T.A., Pasanen M., Kontulainen S., Jarvinen M., Jarvinen T.L., Oja P., Vouri I. (2002). Effect of Four-Month Vertical Whole Body Vibration on Performance and Balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34(9), 1523–1528.
  29. Issurin V.B., Liebermann D.G., Tenenba G. (1994). Effect of Vibratory Stimulation Training on Maximal Force and Flexibility. *Journal Sports Science* 12, 561-566.
  30. Roelants M., Delecluse C., Goris M., Verschueren S. (2004). Effects of 24 Weeks of Whole Body Vibration Training on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females. *International Journal of Sports Medicine* 1, 1-5.
  31. Mahieu N.N., Witvrouw E., Van De Voode D., Michilsens D., Arbyn V., Van Den Brocke W. (2006). Improving Strength and Postural Control in Young Skiers, Whole-Body Vibration Versus Equivalent Resistance Training. *Journal of Athletic Training* 3, 286-293.
  32. Ahlborg L., Andersson C., Julin P. (2006). Whole-Body Vibration Training Compared With Resistance Training, Effect on Spasticity, Muscle Strength and Motor Performance in Adults with Cerebral Palsy. *Journal of Rehabilitation Medicine* 38, 302-308.
  33. De Ruiter C.J, Van Raak S.M, Schilperoort J.V, Hollander A.P, De Haan A. (2003). The Effects of 11 Weeks Whole Body Vibration Training on Jump Height, Contractile Properties and Activation of Human Knee Extensors. *European Journal of Applied Physiology* 90, 595-600.
  34. Fukashiro S., Abe T. Shibayama A., Brechue W.F. (2002). Comparison of Viscoelastic Characteristics in Triceps Surae Between Black and White Athletes. *Acta Physiologica Scandinavica* 3, 183-187.
  35. Ronnestad B.R. (2004). Comparing The Performance-Enhancing Effects of Squats on a Vibration Platform with Conventional Squats in Recreationally Resistance-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 4, 839–845.
  36. Kvorning T., Bagger E.M., Caserotti E.P. (2006). Effects of Vibration and Resistance Training on Neuromuscular and Hormonal Measures. *European Journal of Applied Physiology* 96, 615.
  37. Sands A.W., Mcneal R.J., Stone H.M., Kimmel L.W., Haff G.G., Jemni M. (2008). The Effect of Vibration on Active and Passive Range of Motion in Elite Female Synchronized Swimmers. *European Journal of Sport Science* 4, 217-223.
  38. Van Nes I.J.W., Latour H., Schils F., Meijer R., Van Kuijk A., Geurts A.C.H. (2006). Long-Term Effects of 6-Week Whole-Body Vibration on Balance Recovery and Activities of Daily Living in The Postacute Phase of Stroke, A Randomized, Controlled Trial. *Stroke* 9, 2331-2335.

39. Delecluse C. (1997). Influence of Strength Training on Sprint Running Performance. Current Findings and Implications for Training. Sports Medicine 24(3), 147-56.
40. Muratlı S., Kalyoncu O., Şahin G. (2007). Antrenman ve Müsabaka. Ladin matbaası. İstanbul.
41. Saicaors M. (1987). Comparisons of Responses to Weight Training in Pubercent Boys and Men. The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness 27, 30-37.
42. Muratlı S., Toraman F., Çetin E. (2000). Sportif Hareketlerin Biyomekanik Temelleri. Bağırhan Yayinevi. Ankara.
43. Fox E.L., Mathews K.D. (1988). The Physiological Basic of Physical Education and Athletic. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
44. Kuter M., Öztürk F. (1997). Antrenör ve Sporcu El Kitabı. Bağırhan Yayımevi. Bursa.
45. Bompa T.O. (1983). Theory and Methodology of Training. Kendall Hunt Publishing Company, Dubuque.
46. Dick F. (1980). Sport Training Principles. Lepus Boks. London.
47. Dündar U. (1998). Antrenman Teorisi. 4. Baskı. Bağırhan Yayinevi. Ankara.
48. Günay M., Cicioglu İ. (2001). Spor Fizyolojisi. 1. Baskı. Gazi Kitapevi. Ankara.
49. Cardinale M., Bosco C. (2003). The Use of Vibrations as an Exercise Intervention. Exercise and Sport Sciences Reviews 31(1), 3.
50. Mester J., Spitzenpfeil P., Yue Z. (2005). Vibration Loads, Potential for Strength and Power Development. In, Komi P.V. (Ed). Strength and Power in Sport. Blackwell Science. Oxford.
51. Armstrong T.J., Lawrence J.F., Radwin R.G., Silverstein B.S. (1987). Ergonomics and the Effects of Vibration in Hand-Intensive Work. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health 13, 186-289.
52. Brammer A.J. (1986). Dose-Response Relationships for Hand-Transmitted Vibration. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health 12, 284-288.
53. Guineu R., Tardy-Gervet M.F., Blin O., Pouget J. (1990). Pain Relief Achieved by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and/or Vibratory Stimulation in a Case of Painful Legs and Moving Toes. Pain 42(1), 43-48.
54. Lundeberg T., Abrahamson P., Bondesson L., Ahker E. (1988). Effect of Vibratory Stimulation on Experimental and Clinical Pain. Scandinavian Journal Rehabilitation Medicine 20, 149-159.
55. Lundeberg T., Nordemar R., Ottoson D. (1984). Pain Alleviation by Vibratory Stimulation. Pain 20, 25-44.

56. Cafarelli E., Kostka C.E. (1981). Effect of vibration on static force sensation in man. *Experimental Neurology* 74, 331-340.
57. Cafarelli E., Layton-Wood J. (1986). Effect of Vibration on Force Sensation in Fatigued Muscle. *Medicine Science and Sports and Exercise* 18(5), 516-521.
58. Flieger J., Karachalios T., Khaldi L., Raptou P., Lyritis G. (1998). Mechanical Stimulation in the Form of Vibration Prevents Postmenopausal Bone Loss in Ovariectomized Rats. *Calcified Tissue International* 63, 510-514.
59. Fleck S.J., Kraemer W.J. (1987). *Designing Resistance Training Programs*. Human Kinetics Books Champaign. Illinois.
60. Delecluse C., Roelants M., Verschueren S. (2003). Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Medicine Science and Sports and Exercise* 35(6), 1033- 1041.
61. Bosco C., Colli R., Intorini E., Cardinale M., Tsarpela O., Madella A., Tihanyi J., Viru A. (1999). Adaptive Responses of Human Skeletal Muscle to Vibration Exposure. *Clinical Physiology* 19(2), 183–187.
62. Ross A., Leveritt M., Riek S. (2001). Neural Influences on Sprint Running. *Sports Medicine* 31(6), 409–425.
63. Gomez A.L., Volek J.S., Rubin M.R., French D.N., Ratamess N.A., Sharman M.J., Kraemer W.J. (2003). Physiological and Functional Effects of Acute Low Frequency Hand-Arm Vibration. *Journal of Strength & Conditioning Research* 17(4), 686- 693.
64. Bongiovanni L.G., Hagbarth K.E., Stjernberg L. (1990). Prolonged Muscle Vibration Reducing Motor Out-Put in Maximal Voluntary Contraction in Man. *Journal Physiology* 423, 15-26.
65. Issurin V.B., Liebermann D.G., Tenenbaum G. (1994). Effect of Vibratory Stimulation Training on Maximal Force and Flexibility. *Journal Sports Science* 12, 561- 566
66. Issurin V.B., Tenenbaum G. (1999). Acute and Residual Effects of Vibratory Stimulation on Maximal Force and Amateur Athletes. *Journal Sports Science*. 17,177- 182
67. Burke D., Hagbarth K.E., Löfstedt L. & Wallin B.G. (1976a). The Responses of Human Muscle Spindle Endings to Vibration during isometric Contraction. *Journal of Physiology*. 261, 695-711.
68. Burke D., Hagbarth K.E., Löfstedt L. & Wallin B.G. (1976b). The Responses of Human Muscle Spindle Endings to Vibration of Non-Contracting Muscles. *Journal of Physiology*. 261, 673-693.
69. Ribot-Ciscar E., Rossi-Durand C. & Roll J.P. (1998). Muscle Spindle Activity Following Muscle Tendon Vibration in Man. *Neuroscience Letters*. 58, 147-150.

70. Powers S.K. & Howley E.T. (2004). Exercise Physiology, Theory and Application to Fitness and Performance. McGraw Hill. New York.
71. Martin B.J. & Park H.S. (1997). Analysis of The Tonic Vibration Reflex, Influence of Vibration Variable on Motor Unit Synchronization and Fatigue. *The European Journal of Applied Physiology*. 75, 504-511.
72. Bongiovanni L.G. & Hagbarth K.E. (1990a). Tonic Vibration Reflexes Elicited During Fatigue from Maximal Voluntary Contractions in Man. *The Journal of Physiology*. 423, 1-14.
73. Griffin L., Garland S.J., Ivanova T. & Gossen E.R. (2001). Muscle Vibration Sustains Motor Unit Firing Rate During Submaximal Isometric Fatigue in Humans. *The Journal of Physiology*, 535(3), 929-936.
74. Issurin V.B., Liebermann D.G & Tennenbaum G. (1994). Effect of Vibratory Stimulation Training on Maximal Force and Flexibility. *Journal of Sports Science*. 12, 561-566.
75. Cardinale M. & Wakeling J. (2005). Whole Body Vibration Exercise, Are Vibrations Good For You? *British Journal of Sports Medicine*. 39, 585-589.
76. Jordan M.J., Norris S.R., Smith D.J. & Herzog W. (2005). Vibration Training, an Overview of The Area, Training Consequences and Future Considerations. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 19(2), 459-466.
77. Rehn B., Lidström J., Skoglund J. & Lindström B. (2007). Effects on Leg Muscular Performance from Wholebody Vibration Exercise, A Systematic Review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 17, 2-11.
78. Kin-İşler A. (2003) Titreşimin İzometrik Kuvvete Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
79. Kouzaki M., Shinohara M. & Fukunaga T. (2000). Decrease in Maximal Voluntary Contraction by Tonic Vibration Applied to A Single Synergist Muscle in Humans. *Journal of Applied Physiology*. 89, 1420-1424.
80. Warman G., Humphries B. & Purton J. (2002). The Effects of Timing and Application of Vibration on Muscular Contractions. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 73(2), 119-27.
81. Luo J., McNamara B.P & Moran K. (2005b). A Portable Vibrator for Muscle Performance Enhancement By Means of Direct Muscle Tendon Stimulation. *Medical Engineering & Physics*. 27(6), 513-522.
82. Moran K., McNamara B & Luo J. (2007). Effect of Vibration Training in Maximal Effort (%70 1RM) Dynamic Biceps Curls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 39(3), 526-533.
83. Bosco C., Cardinale M. & Tsarpela O. (1999b). Influence of Vibration On Mechanical Power and Electromyogram Activity in Human Arm Flexor Muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 306-311.

84. Bosco C., Cardinale M., Tsarpela O., Colli R., Tihanyi J., von Duvillard S.P & Viru, A. (1998). The Influence of Whole Body Vibration on Jumping Performance. *Biology of Sport*. 15, 157-164.
85. Rittweger J., Schiessl H & Felsenberg D. (2001). Oxygen Uptake During Wholebody Vibration Exercise, Comparison with Squatting As A Slow Voluntary Movement. *European Journal of Applied Physiology*. 86,169-173.
86. Roelants M., Delecluse C. & Verschueren S.M. (2004). Wholebody Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 901-908.
87. Yapıcıoğlu B., Çolakoğlu M., Çolakoğlu Z., Bademkiran F., Güllüoğlu H. (2010). Effects Of Dynamic Warm-Up, Static Stretching Or Static Stretching With Tendon Vibration On Vertical Jump Performance And Emg Responses. 11th International Sport Sciences Congress, Antalya.
88. Mester J., Kleinöder H & Yue Z. (2006). Vibration Training, Benefits and Risks. *Journal of Biomechanics*. 39(6), 1056-1065.
89. Carlsöö S. (1982). The Effect of Vibration on the Skeleton, Joints and Muscles. *Appl Ergonomic*. 13(4), 251-258.
90. Kin-İşler A., Açıkada C. & Arıtan S. (2006). Effects of Vibration on Maximal Isometric Muscle Contraction At Different Joint Angles. *Isokinetics and Exercise Science*. 14(3), 213-220.
91. Gabriel D.A., Basford J.R & Kai-Nan A. (2002). Vibratory Facilitation of Strength In Fatigued Muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 83, 1202-1205.
92. Samuelson B, Jordfeldt L & Ahlborg B. (1989). Influence of Vibration on Endurance of Maximal Isometric Contraction. *Clinic Physiology*. 9, 21-25.
93. Rittweger J., Mutschelknauss M. & Felsenberg D. (2003). Acute Changes In Neuromuscular Excitability After Exhaustive Whole Body Vibration Exercise As Compared to Exhaustion by Squatting Exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 23, 81-86.
94. Erskine J., Smillie I., Leiper J., Ball D. & Cardinale M. (2007). Neuromuscular and Hormonal Responses to A Single Session of Whole Body Vibration Exercise in Healthy Youngmen. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 1-7.
95. Russo C.R., Lauretani F., Bandinelli S., Bartali B., Cavazzini C., Guralnik J.M. & Ferrucci L. (2003). Highf Requency Vibration Training increases Muscle Power in Postmenopausal Women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 84, 1854-1857.
96. Dolny D.G., and Reyes G.F.C. (2008). Whole Body Vibration Exercise, Training And Benefits. *Current Sports Medicine Reports*. 7, (3),152-157.



97. Holmes J.R. (1984). Isokinetic Strength Characteristics of the Quadriceps Femoris and Hamstring Muscles in High School Students. *Physical Therapy*, 6(3), 914-918.
98. Winnick S. (1999). *Brockport Physical Fitness Training Guide*. Human Kinetics.
99. Lohman T.G., Roche A.F., Martorell R. (1988). *Anthropometric standardization Reference Manual*. Human Kinetics Books Champaign, Illinois.
100. Özer K. (2001). Fiziksel Uygunluk. Nobel Yayınevi. Ankara,. 61-67,115-122,139,149,181-190.
101. Maeda T., Oowatashi A., Kiyama R., Yoshida Y., Sakae K. (2001). Prediction of Muscle Strength Using Length and Width of the Bone. *Journal Physical Therapy Science*,13,27-30.
102. Özer K. (1993). Antropometri, Sporda Morfolojik Planlama. *Kazancı Matbaacılık, İstanbul*, sf, 46,47,114.
103. CYBEX NORM™ Testing & Rehabilitation System, User's Guide (1995-1996) Cybex International. Inc. Ronkonkoma, New York, pp, 1-19.
104. Alpar, R. (2003). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş*. Nobel Yayın, Ankara. Sf, 80.
105. Alpar, R. (2001). *Spor Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik*. Nobel Yayın, Ankara, 2.Basım. Sf,49-52.
106. Issurin V.B. (2005). Vibrations and Their Applications in Sport, A Review. *Journal of Sports Medicine And Physical Fitness*, 45, 3; ProQuest Nursing & Allied Health Source. 324.
107. Da Silva-Grigoletto M.E., Vaamonde D.M., Castillo E., Poblador M.S., Garcí'a-Manso J.M., and Lancho J.L. (2009). Acute and Cumulative Effects of Different Times of Recovery from Whole Body Vibration Exposure on Muscle Performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 23(7), 2073–2082.
108. Giminiani R., Tihanyi J., Safar S., Scriaglio R. (2009). The Effects of Vibration on Explosive and Reactive Strength When Applying Individualized Vibration Frequencies. *Journal Of Sports Sciences*. 27(2), 169–177.
109. Savelberg H.H.C.M., Keizer H.A. and Meijer K. (2007). Whole-Body Vibration Induced Adaptation İn Knee Extensors; Consequences Of İnitial Strength, Vibration Frequency, And Joint Angle. *Journal of Strength & Conditioning Research* 21 (2), pp. 589–593.
110. Colson S.S., Pensini M., Espinosa J., Garrandes F. and Legros P. (2010). Whole-Body Vibration Training Effects on The Physical Performance of Basketball Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 24 (4), pp. 999–1006.

111. Wyon M., Guinan D., Hawkey A. (2010). Whole-Body Vibration Training Increases Vertical Jump Height in a Dance Population. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 24 (3), pp. 866–870.
112. De Ruiter C.J., Linden R.M., Zijden M.J.A., Hollander A.P., Haan A. (2003). Short-Term Effects of Whole-Body Vibration on Maximal Voluntary Isometric Knee Extensor Force and Rate of Force Rise. *European Journal of Applied Physiology* 88 (4–5), pp. 472–475.
113. Torvinen S., Kannus P., Sieva H., Rvinen T.A., Pasanen M., Kontulainen S., Nenonen A., Paakkala T., Rvinen M., Vuori I. (2003). Effect of 8-Month Vertical Whole Body Vibration on Bone, Muscle Performance, and Body Balance, A Randomized Controlled Study. *Journal of Bone And Mineral Research*. 18, 5.
114. Lemmer J. T., Hurlbut D. E., Martel G. F., Tracy B. L., Ivey F. M., Metter E. J., Fozard J. L., Fleg J. L., Hurley B. F. (2000). Age and gender responses to strength training and detraining. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1505 – 1512.
115. Carson R.G., Popple A.E., Verschueren S.M.P., Riek S. (2010). Superimposed Vibration Confers No Additional Benefit Compared With Resistance Training Alone. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*. 20, 827–833.
116. Philippaerts R., Ve Lenoir M. (2005). Whole Body Vibration, Training and Detraining in Strength. Faculty of Medicine And Health Sciences, Department of Movement And Sports Sciences. Report On Behalf Of Body Coach.
117. Petita P.D., Pensinia M., Tessaroa J., Desnuelleb C., Legrosa P., Colsona S.S. (2010). Optimal Whole-Body Vibration Settings for Muscle Strength and Power Enhancement in Human Knee Extensors. *Journal Electromyography Kinesiology*. 20(6), 1186-95.
118. Lamont H.S., Cramer J.T., Bemben D.A., Shehab R.L., Anderson M.A., Bemben M.G. (2009). Effects of A 6-Week Periodized Squat Training Program With or Without Whole-Body Vibration on Jump Height and Power Output Following Acute Vibration Exposure. *Journal of Strength Conditioning Resource*. 23(8), 2317–2325.
119. Lamont H.S., Cramer J.T., Bemben D.A., Shehab R.L., Anderson M.A., and Bemben M.G. (2010). Effects of Adding Whole Body Vibration to Squat Training on Isometric Force/Time Characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(1), 171-83.
120. Roelants M., Verschueren S.M.P., Delecluse C., Levin O., Stijnen V. (2006). Whole-Body-Vibration-Induced Increase in Leg Muscle Activity During Different Squat Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(1), 124–129.

## ÖZGEÇMİŞ

Özgür Nalbant 1974 yılında Antalya’ da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya’ da tamamladı. 1995 yılında Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Beden Eğitimi Öğretmenliği Bölümü’ nü kazandı. 1999 yılında beden eğitimi öğretmeni olarak mezun oldu ve aynı üniversitede seçmeli beden eğitimi ve spor derslerine girmeye başladı. 2002 yılında Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Öğretimi yüksek lisans programını kazandı ve araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2005 yılında yüksek lisans programını tamamlayan Özgür Nalbant Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri Doktora programına girmeye hak kazanarak eğitimine devam etti. Halen aynı enstitüde araştırma görevlisi olarak görev yapan Özgür Nalbant evli ve bir çocuk babasıdır.

## **EKLER**

**TEST ÖLÇÜM FORMU**

Tarih: ...../...../.....

**Kişisel Bilgiler**

İsim / Soyisim :  
Bölüm :  
Sınıf :  
Mail adres :  
Telefon :  
Cep telefonu :

Son altı ay içerisinde herhangi bir spor branşında aktif olarak faaliyet gösterdiniz mi?

Evet Hayır

Cevabınız evet ise hangi spor branşı ve hala antrenman yapıyor musunuz?

..... Evet Hayır

**ÖLÇÜMLER****Antropometrik ölçümler**

Boy Ölçümü :

Tanıtma :

Uyluk Uzunluğu :

Baldır Uzunluğu :

**Laboratuvar ölçümü**

İzokinetik Test Randevu Tarihi :

Açıklama(Özel Durum) :

# Vitamin E and aerobic exercise: effects on physical performance in older adults

Özgür Nalbant<sup>1</sup>, Neşe Toktaş<sup>1</sup>, N. Füsun Toraman<sup>2</sup>, Candan Ögüş<sup>3</sup>, Hülya Aydın<sup>4</sup>, Cahit Kaçar<sup>5</sup>, and Yaşar Gül Özkaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Coaching, Akdeniz University School of Physical Education and Sports, Antalya,

<sup>2</sup>Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Antalya Education and Research Hospital,

Ministry of Health, <sup>3</sup>Department of Chest Diseases, Akdeniz University School of Medicine, Antalya,

<sup>4</sup>Department of Neurology, Akdeniz University School of Medicine, Antalya, <sup>5</sup>Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Akdeniz University School of Medicine, Antalya, Turkey

**ABSTRACT. Background and aims:** Aerobic endurance exercise enhances antioxidant defenses and improves the physical performance of older adults. However, the combined effect on physical performance of exercise and an antioxidant such as vitamin E has not been investigated. The purpose of this study was to evaluate the effects of six months of vitamin E supplementation and supervised aerobic training on physical performance and body composition in sedentary older adults. **Methods:** Fifty-seven adults, whose average age was  $71.5 \pm 7.5$  years, were randomly assigned to an exercise (E), exercise-vitamin (EV), control (C) or vitamin (V) group, and were evaluated before, halfway through, and after training. The dose of vitamin E was 900 IU/day. The training program comprised three sessions of walking exercise per week, at an intensity of 70% of heart rate reserve. **Results:** In the E and EV groups, the training program significantly reduced ( $p < 0.016$  for each) body weight and body mass index (BMI), and improved performance in the 6-min walk, chair stand, arm curl, and back scratch tests. Performance on the 6-min walk test improved in E and EV, but decreased in the V group. Performance on the chair stand test increased in the EV and E groups, but decreased in the V and C groups. Body weight and BMI decreased more in the EV group than in the C and V groups ( $p < 0.016$ ). **Conclusions:** Six months of vitamin E supplementation has no additive effect beyond that of aerobic training on indices of physical performance and body composition in older sedentary adults.

(Aging Clin Exp Res 2009; 21: ####-####)

©2009, Editrice Kurtis

## INTRODUCTION

Maintaining physical performance, including associated variables such as muscle strength, endurance and balance, is important for preventing dependency in older adults (1). Physical exercise is a significant individual preventive strategy that is associated with keeping healthy (2) and protecting against oxidative stress (3, 4), which is related to the aging process (5). Active older adults have high antioxidant enzyme activity (e.g., high erythrocyte glutathione peroxidase activity) (6), and aerobic endurance exercise enhances antioxidant defenses (4). Thus, exercise provides an excellent opportunity to study the dynamic balance between oxidant challenge and antioxidant defense in a biological system. Although exercise improves the physical performance of older adults (7), to our knowledge, the combined effect on physical performance of exercise and an antioxidant such as vitamin E has not been studied.

Vitamin E, the major lipophilic antioxidant in humans, is a physiological scavenger of the reactive oxygen species produced during lipid peroxidation (8, 9). Low levels of vitamin E have been associated with cognitive impairment (10) and poor lower extremity muscle strength (11, 12). Oxidative stress increases in frail adults, possibly because of low antioxidant status (13) and low vitamin E concentration (14). In contrast, free-living healthy older adults do not appear to exhibit acute oxidative stress, although antioxidant status declines progressively with age (15). Vitamin E supplementation has been advocated in human and animal models in the hope of improving performance, minimizing exercise-induced muscle damage, and maximizing recovery (8, 9). However, only a few studies have examined the inter-

**Key words:** Exercise, older adults, oxidative stress, vitamin E.

**Correspondence:** Prof. N. Füsun Toraman, Ministry of Health, Antalya Education and Research Hospital, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, 07050 Antalya, Turkey.

E-mail: ftoraman@windowslive.com

Received April 17, 2008; accepted in revised form August 11, 2008.

action between vitamin E and exercise in older humans (16-18). Jessup et al. (16) found that 16 weeks of endurance exercise combined with vitamin E supplementation decreased oxidative stress, blood pressure and body weight, and improved aerobic fitness in older adults. Sacheck et al. (17) reported that eccentric exercise elicited similar stress responses in young and older men, although vitamin E supplementation in older men did not inhibit malondialdehyde, as was observed in young men. Meydani et al. (18) reported that vitamin E protected against exercise-induced oxidative injury.

Oxidative damage may play a crucial role in the decline in functional activity in human skeletal muscle with normal aging (19). Alone, antioxidant agents (8) or aerobic exercise can inhibit the rate of oxidation (16) and, together, they may exert a synergistic action to increase physical performance. To our knowledge, no study has investigated the effects of aerobic training plus vitamin E supplementation on physical performance in elderly people. We hypothesized that supplementation with vitamin E would augment the increased activity of the antioxidant mechanisms resulting from aerobic exercise training and would increase physical function, which declines with age in sedentary older adults.

## METHODS

### Participants

One hundred twenty elderly subjects living in a retirement home were assessed for eligibility. Forty-one subjects (26 women, 15 men) did not meet the inclusion criteria, and 22 (6 women, 16 men) refused to participate. Fifty-seven sedentary adults (11 women, 46 men) were included in the trial. The inclusion criteria were standardized Mini-Mental State Examination score  $>24$ , non-smoker, non-user of alcohol, without medical illness, not receiving medication or vitamins, sedentary, and willing to participate. The exclusion criteria were sudden illness, leaving the retirement home, and unwillingness to continue the program. During the first visit (three weeks before randomization), subjects were examined by a trained physician. Clinical assessment included a thorough preventive medical evaluation that included a personal and family health history, physical examination, questionnaire on demographic characteristics and health habits, resting electrocardiography, lung radiography, blood chemistry, and hematological tests, followed by consultations with a cardiologist and neurologist. Participants were also informed that they would be allocated randomly to either an exercise or a control (non-exercise) group. Subjects provided their informed consent, and a standardized individual information session was organized, to allow a dietitian to instruct the participants on how to record daily food intake.

Participants were stratified by sex and then randomly assigned to a control group ( $n=28$ ; five women, 23 men) and an exercise group ( $n=29$ ; six women, 23 men) one

week before baseline measurements. Individuals assigned to take vitamin E were randomly assigned to one of two groups; 14 to a control group, whose members did not exercise but who took vitamin E (V group; 3 women, 11 men), and 14 to an exercise group, whose members took vitamin E (EV group; 3 women, 11 men). Fourteen subjects were assigned to the non-vitamin control group, whose members did not exercise (C group; 2 women, 12 men), and 15 to the exercise group, who exercised but did not receive vitamin E (E group, 3 women, 12 men). Six subjects in the exercise group and one in the control group were excluded during measurements after they declined to continue, four of these were in the EV group (one because of surgery, two who were unwilling to continue, and one for no given reason), two in the E group (both for no given reason) and one in the C group (who left the retirement home). In the first five weeks of the training period, seven more participants withdrew from the study: two subjects from the E group (one had a transient ischemic attack, one was unwilling to continue); four from the V group (two left the retirement home, one sustained a fracture, one for no given reason), and one from the C group (myocardial infarction). The final analysis included the 43 participants who completed the exercise training program: 12 in the C group, 10 in the V group, 11 in the E group, and 10 in the EV group. The study was approved by the Republic of Turkey Ministry of Health, General Directorate of Drug and Pharmacy (approval number 013551/2005) and Akdeniz University School of Medicine Ethical Committee of Drug Research (approval number 33/2003). Participants were all asked to maintain their normal behavior during the six-month follow-up, and the project supervisor followed them.

### Assessment

Cognitive function was measured using the modified Turkish version of the standardized modified Mini-Mental State Examination (20). Physical activity level was assessed by the Turkish version of the Modified Baecke Questionnaire (21) and a score  $<9$  in the questionnaire was used as the definition of physical inactivity. Affective function was assessed using the 30-item Geriatric Depression Scale (GDS) (22). Dietary intake of nutrients containing protein, energy, vitamin E and fiber was assessed to determine nutritional status. A three-day food record was completed by each subject in a notebook. The average nutrient content of the diet was calculated using the Bebis program (Ebispro for Windows, Stuttgart, Germany; Turkish version Bebis, Version 5, 2006; Data bases: Bundeslebensmittelschlüssel, 11.3).

### Vitamin E dose

Vitamin E was given to each subject by nurses at the retirement home. The dose was one 300-mg capsule (300 IU vitamin E, equivalent to 300 mg DL- $\alpha$ -tocopherol

acetate per capsule) after each meal, giving a total dose of 900 mg/day/subject, for six months. At the beginning of each month, the project supervisor gave the nurses packages of vitamin E capsules. In the first month, after randomization and before measurements, 84 packages were given (total of 2520 capsules or 90 capsules for each of the 28 subjects). The names of the subjects were written on the packages. Sixty-six packages were given in the second month and 60 in the third month, and this number was maintained each month until the end of the study. Each week, the project supervisor interviewed both nurses and subjects, to check that the participants had taken the vitamin E and to record the occurrence and frequency of any side-effects.

#### *Vitamin E concentration and total antioxidant capacity*

Venous blood was sampled from an antecubital vein into a Vacutainer after a 12-h overnight fast on the morning of the day of the fitness test and measurement of body composition. Serum vitamin E concentration and plasma total antioxidant capacity (TAC) were evaluated at baseline and after six months. Serum vitamin E concentration was measured as described by Desai (23). Briefly, 1 mL of absolute ethanol and 500  $\mu$ L of tocopherol were added to 500  $\mu$ L of serum. After thorough mixing, the tubes were incubated at 70°C for 5 min, 1 mL of saturated KOH was added, and the tubes were incubated at 70°C for 30 min. The tubes were cooled on ice, and 3 mL of hexane was added. After thorough vortexing for 5 min, the samples were centrifuged at  $2500 \times g$  for 10 min. Vitamin E concentration was estimated spectrofluorometrically (PerkinElmer, LS50-B, Norwalk, CT) with 286 nm and 330 nm as excitation and emission wavelengths, respectively. A standard curve was obtained with 1–10 g of  $\alpha$ -tocopherol/mL in absolute ethanol. The concentration of vitamin E in plasma is expressed in mg/dL. A colorimetric assay kit (TAC assay kit, NX 2332, Randox Laboratories, Crumlin Co., Antrim, UK) was used to measure resting TAC in plasma. The Randox total antioxidant status assay is based on the reaction between metmyoglobin and hydrogen peroxide, which generates a free radical and was developed in direct response to increased interest concerning the role of free radicals in disease. Kinetics were measured at 600 nm automatically. TAC in plasma is expressed as mmol/L.

#### *Outcome measures*

All groups were tested on three occasions, before training (baseline), after three months of training (mid-training), and after six months of training (post-training). All test stations were organized in a circuit. On the test day, waist circumferences, height and body composition were measured initially. Subjects completed a 10-min warm-up led by an exercise instructor and then completed the se-

nior fitness test (SFT) items (24). The tests were administered in accordance with the protocols described (25).

The SFT measures physical performance and comprises six assessment items. The chair stand test assesses lower body strength. Each subject completed two practice repetitions and one 30-s test trial. The score was the total number of stands executed correctly within 30 s. The arm curl test assesses upper body strength. Each subject completed two practice repetitions and one test trial. The score was the total number of hand weight curls through the full range of motion in 30 s. The chair sit-and-reach test assesses lower body flexibility. Each subject completed two practice trials and two test trials. The score was the best distance achieved between the extended fingers and the tip of the toe. The back scratch test assesses upper body flexibility. Each subject completed two practice trials and two test trials. The score was the best distance achieved between the extended middle fingers. The 8-ft Up and Go Test assesses agility and dynamic balance. Each subject completed one practice trial and two test trials. The score was the shortest time to rise from a seated position, walk 8 ft, turn, and return to the seated position. The 6-min walk test assesses aerobic endurance. Each subject completed one practice trial two days before the test and one test trial. The score was the total distance walked in 6 min along a 45.72-m rectangular course.

Height was measured using an ultrasonic height measure (Soehnle-Waagen GmbH & Co. KG). Body weight, percentage body fat, fat-free mass (FFM) and total body water were measured with a Tanita Body Composition Analyzer (Model TBF-300 TANITA, Tokyo, Japan). Body mass index (BMI) was calculated from weight and height.

Waist circumference was measured with a tape measure with the participant standing, and was defined as the minimum circumference between the umbilicus and the xiphoid, measured to the nearest 0.5 cm. Hip circumference was defined as the circumference around the buttocks posteriorly and the symphysis pubis anteriorly, and was measured to the nearest 0.5 cm. The waist:hip ratio was calculated as the waist circumference divided by the hip circumference.

#### *Training program*

Subjects participated in a supervised walking program three times per week between 08.30 and 10.00 h for six months (March 17 to September 13). Each training session began with a 10-min warm-up and ended with a 15-min cool-down, which both included slow walking followed by slow static stretching. Each session was led by trained fitness instructors and supervised by the main researcher. Training was conducted on a running track in the first three months and the exercise groups walked in a gymnasium during the last three months. The control groups



(V and C) did not train and participated only in the measurement procedures.

The target heart rate range was established for each participant before and during the training program by the Karvonen method (26). The ultimate goal was for training intensity to be higher than 60% of heart rate reserve but not to exceed 70% of heart rate reserve. We selected the intensity, frequency and duration of each training session to improve cardiovascular endurance and physical performance, as recommended for adults over age 65 years by the American College of Sports Medicine (27). We limited the intensity of training to not above 70% of heart rate reserve and each session to 30 min, because it is thought that exercise intensity above 70% of maximum oxygen uptake or prolonged exercise may surpass the capacity of the endogenous antioxidant system and consequently may promote oxidative stress (28).

All exercise sessions were supervised. Heart rate was monitored and recorded for each subject using a heart rate monitor (Sport Tester PE 300, Helsinki, Finland), and arterial blood pressure was measured with a sphygmomanometer. Trained supervisors recorded all heart rate and blood pressure values for every participant for the duration of every training session. Participants were encouraged to maintain exercise intensity whenever possible to ensure that heart rate was within the target range throughout the six months.

The training duration was 20 min in the first two weeks. After the first two weeks, it was increased by 5 min every week until week 8, and was then maintained at 50 min until the end of the study.

### Statistical analysis

The means, standard deviations and percentage changes (post-training-baseline) were calculated for all data. The Kruskal-Wallis test for independent samples was

used to compare baseline values between the groups, and the Mann-Whitney U-test was used to locate differences between groups. The level of significance was set at 0.05. Multiple 4 × 3 (group × time) repeated-measures analyses of variance (ANOVA) were performed to identify significant changes over time. When significant differences were observed between groups at the start of the study, analysis of covariance (ANCOVA) was performed on the outcome variables at the end of the study. The covariate was the baseline value for each participant for the particular outcome variable being analyzed. A *post-hoc* Bonferroni test was used to compare the main time and group effects, with confidence interval adjustment. A one-way repeated-measures ANOVA was used to examine intragroup differences between baseline, halfway, and post-training values when a significant time effect was observed in the repeated-measures ANOVA or repeated-measures ANCOVA. Because the values were measured three times during the study, the Bonferroni correction was applied to set the significance criterion to  $p < 0.016$  (i.e.,  $0.05/3$ ).

To estimate whether changes in the parameters were clinically meaningful, the standardized response mean (mean changes between baseline and post-training/standard deviation) was used to calculate effect size: values of 0.01 to 0.19 were considered very small, 0.2 to 0.49 small, 0.5 to 0.79 moderate, and  $>0.8$  large.

## RESULTS

Eight subjects in the exercise groups and six in the control groups were excluded because of unwillingness to continue the training program, sudden illness, or leaving the retirement home. Therefore, the C group comprised two women and ten men, the E group two women and nine men, the V group two women and eight men, and the EV group three women and seven men. Adherence

Table 1 - Demographic variables and baseline health, physical activity and daily nutrient intake characteristics of study participants.

|                                                    | C<br>(n=12)  | E<br>(n=11)    | V<br>(n=10)    | EV<br>(n=10)   | $\chi^2$ | p     |
|----------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------|
| Age (years)                                        | 71 (9.1)     | 69.6 (8.6)     | 73.1 (4.5)     | 72.8 (7.1)     | 1.682    | 0.641 |
| Standardized Mini-Mental State Examination (score) | 27.8 (3.2)   | 26.7 (3.4)     | 27.5 (3.1)     | 28.2 (1.6)     | 0.861    | 0.835 |
| Physical activity score (points)                   | 5 (3)        | 6.5 (4.6)      | 4.2 (2.4)      | 4.4 (2.6)      | 1.759    | 0.624 |
| Geriatric Depression Scale (points)                | 9.7 (4.3)    | 8.5 (5.6)      | 7.9 (5.5)      | 7.9 (8.2)      | 1.426    | 0.699 |
| $\alpha$ -tocopherol (mg/dL)                       | 0.20 (0.06)  | 0.19 (0.04)    | 0.21 (0.04)    | 0.18 (0.05)    | 7.242    | 0.65  |
| Total antioxidant status (mmol/L)                  | 1.62 (0.19)  | 1.61 (0.23)    | 1.62 (0.29)    | 1.94 (0.41)    | 3.512    | 0.319 |
| Resting systolic blood pressure (mmHg)             | 129.6 (19.4) | 121.4 (15.7)   | 128.5 (19.7)   | 137 (16.4)     | 3.764    | 0.288 |
| Resting diastolic blood pressure (mmHg)            | 79.2 (10.8)  | 74.1 (12.4)    | 78 (6.3)       | 85 (8.8)       | 5.225    | 0.156 |
| Daily protein intake (g)                           | 64.3 (6.3)   | 64.6 (8.7)     | 62.1 (7.7)     | 67.7 (19.9)    | 0.752    | 0.861 |
| Daily energy intake (kcal)                         | 1783.8 (167) | 1840.2 (215.4) | 1735.4 (172.6) | 1805.7 (458.2) | 1.146    | 0.766 |
| Daily fiber intake (g)                             | 11.5 (0.9)   | 11.4 (1.4)     | 12.1 (1)       | 11.3 (2.4)     | 2.386    | 0.496 |
| Daily vitamin E intake (mg)                        | 16.5 (3)     | 18.6 (3.1)     | 17.1 (1.2)     | 18.9 (5.6)     | 2.106    | 0.551 |

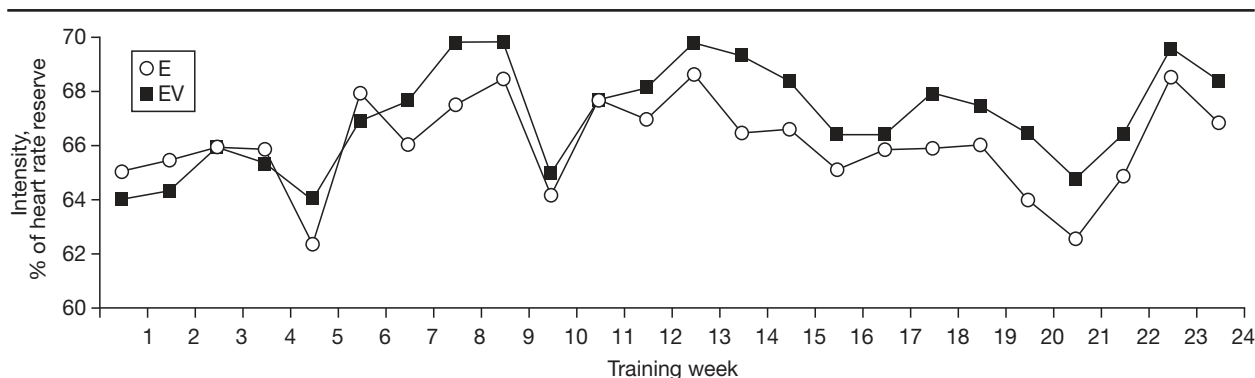


Fig. 1 - Training intensity.

rates did not differ significantly between the groups ( $p>0.05$ ). The adherence rates for the study protocol were 71% for the EV group, 80% for the E group, 73% for the V group, and 86% for the C group. The demographic, health, physical function and physical activity characteristics of the groups are listed in Table 1. The groups did not differ in terms of any physical characteristic, and all participants were classified as physically inactive before the study began.

None experienced angina or arrhythmias during the tests or training program. The training intensity attained at each session was 60-70% of heart rate reserve (Fig. 1).

The EV group attended  $65.3 \pm 5.03$  and the E group  $65.7 \pm 2.8$  of the 72 sessions (90.6% and 91.4%, respectively). During the six months of training, the average percentage of exercise sessions attended did not differ significantly between the EV and E groups.

Subjects' use of vitamin E was controlled, except for those subjects who were excluded. The overall adherence rate for using vitamin E was 76% for the EV group and 79% for the V group. Subjects who completed the study took the vitamin E supplement without any side-effects.

Changes in serum vitamin E concentration and plasma TAC are shown in Figures 2 and 3, respectively. The re-

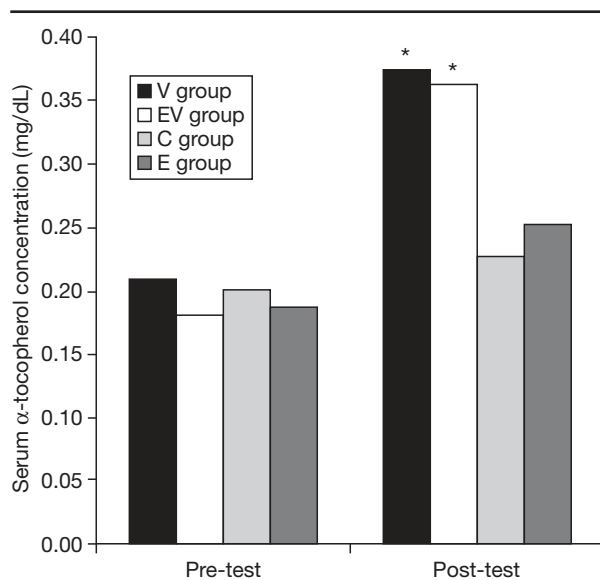


Fig. 2 - Changes in plasma α-tocopherol concentration from before to after six months of training. V, sedentary group taking vitamin E; EV, exercise group taking vitamin E; C, sedentary control group; E, exercise group. \* $p<0.016$ .

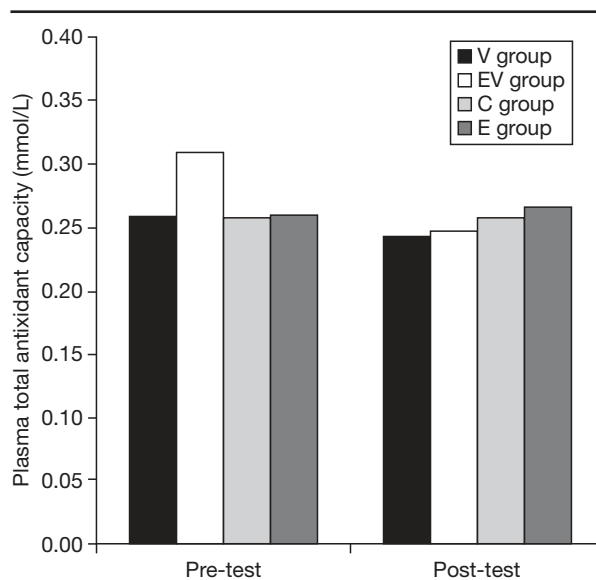


Fig. 3 - Changes in plasma total antioxidant status from before to after six months of training. V, sedentary group taking vitamin E; EV, exercise group taking vitamin E; C, sedentary control group; E, exercise group.

Table 2 - Senior fitness tests and body composition: baseline group differences and changes over time between groups.

|                          | C<br>(n=2W, 10M) |                  |                                | E<br>(n=2W, 9M) |                 |                                | V<br>(n=2W, 8M) |                 |                               | EV<br>(n=3W, 7M) |                 |                               | Time                                   | Group × Time                         | Group                                |
|--------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                          | B                | MT               | PT                             | B               | MT              | PT                             | B               | MT              | PT                            | B                | MT              | PT                            |                                        |                                      |                                      |
| Body weight (kg)         | 65.2<br>(11.9)   | 64.9<br>(11.7)   | 65.2 <sup>  </sup><br>(12)     | 70.1<br>(14.3)  | 69.8<br>(13.5)  | 68.6 <sup>††</sup><br>(13.2)   | 69.4<br>(12.8)  | 69.2<br>(12.3)  | 68.9 <sup>§</sup><br>(12.3)   | 84.3<br>(13.5)   | 82.8<br>(13)    | 80.4 <sup>††</sup><br>(13)    | †F <sub>2,37</sub> =11.442,<br>p<0.001 | F <sub>6,76</sub> =2.940,<br>p=0.012 | F <sub>3,38</sub> =4.562,<br>p=0.008 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 23.8<br>(4.5)    | 23.7<br>(4.4)    | 23.8 <sup>  </sup><br>(4.6)    | 26<br>(5)       | 25.9<br>(4.7)   | 25.5 <sup>††</sup><br>(4.7)    | 27.4<br>(4.1)   | 27.2<br>(3.9)   | 27.1 <sup>§</sup><br>(3.6)    | 30.7<br>(6)      | 30.1<br>(5.8)   | 29.3 <sup>††</sup><br>(5.7)   | †F <sub>2,37</sub> =10.765,<br>p<0.001 | F <sub>6,76</sub> =3.181,<br>p=0.008 | F <sub>3,38</sub> =4.756,<br>p=0.007 |
| Percentage body fat      | 22.1<br>(8.9)    | 22.4<br>(9.7)    | 22.8<br>(9.3)                  | 25.5<br>(9.7)   | 24.8<br>(9.6)   | 25.2<br>(9.3)                  | 26.8<br>(8.7)   | 26.5<br>(8.4)   | 27.3<br>(8.4)                 | 36.4<br>(10.5)   | 34.9<br>(10.3)  | 35.3 <sup>*</sup><br>(11.4)   | †F <sub>2,37</sub> =0.166,<br>p=0.848  | F <sub>6,76</sub> =1.281,<br>p=0.276 | F <sub>3,38</sub> =2.570,<br>p=0.068 |
| Fat-free mass (kg)       | 50.2<br>(7.3)    | 49.7<br>(7.3)    | 49.8<br>(7.7)                  | 51.7<br>(10)    | 51.5<br>(9.6)   | 51.9<br>(9.6)                  | 50.2<br>(7.3)   | 50.4<br>(6.7)   | 49.5<br>(7.9)                 | 52.6<br>(6.9)    | 53.9<br>(6.7)   | 54.1<br>(6.6)                 | †F <sub>2,38</sub> =0.569,<br>p=0.571  | F <sub>6,78</sub> =2.660,<br>p=0.021 | F <sub>3,39</sub> =0.489,<br>p=0.692 |
| Total body water (kg)    | 36.7<br>(5.4)    | 36.4<br>(5.4)    | 36.4<br>(5.6)                  | 37.8<br>(7.4)   | 37.7<br>(7)     | 37.2<br>(7.1)                  | 36.9<br>(5.5)   | 36.9<br>(4.9)   | 36.2<br>(5.8)                 | 38.7<br>(5.1)    | 39.7<br>(4.9)   | 38.8<br>(5)                   | †F <sub>2,38</sub> =5.898,<br>p=0.006  | F <sub>6,78</sub> =2.110,<br>p=0.061 | F <sub>3,39</sub> =0.427,<br>p=0.735 |
| Waist:hip ratio          | 0.93<br>(0.06)   | 0.93<br>(0.08)   | 0.95<br>(0.06)                 | 0.92<br>(0.09)  | 0.91<br>(0.08)  | 0.92<br>(0.14)                 | 0.96<br>(0.11)  | 0.97<br>(0.12)  | 0.95<br>(0.07)                | 0.97<br>(0.08)   | 0.93<br>(0.11)  | 0.95<br>(0.08)                | †F <sub>2,38</sub> =0.172,<br>p=0.843  | F <sub>6,78</sub> =0.598,<br>p=0.731 | F <sub>3,39</sub> =0.575,<br>p=0.635 |
| 6-min walk (m)           | 355.7<br>(119.2) | 339.8<br>(119.6) | 340.5 <sup>**</sup><br>(122.9) | 387.9<br>(95.9) | 492.9<br>(87.3) | 496.3 <sup>††</sup><br>(112.1) | 303.2<br>(69.7) | 294.9<br>(95.1) | 289.1 <sup>§†</sup><br>(86.7) | 412.2<br>(82.3)  | 479.8<br>(93.5) | 520.2 <sup>††</sup><br>(93.3) | †F <sub>2,38</sub> =11.613,<br>p<0.001 | F <sub>6,78</sub> =5.504,<br>p<0.001 | F <sub>3,39</sub> =8.585,<br>p<0.001 |
| Chair stand (rep)        | 9.4<br>(2.8)     | 8.8<br>(2.7)     | 8.7 <sup>**</sup><br>(2)       | 10.7<br>(2.5)   | 11.6<br>(2.5)   | 14.4 <sup>††</sup><br>(2.1)    | 9.8<br>(3.4)    | 8.6<br>(3)      | 9.1 <sup>§†</sup><br>(3.1)    | 10.9<br>(1.9)    | 11.9<br>(1.6)   | 14.5 <sup>††</sup><br>(1.6)   | †F <sub>2,38</sub> =14.896,<br>p<0.001 | F <sub>6,78</sub> =5.335,<br>p<0.001 | F <sub>3,39</sub> =8.388,<br>p=0.001 |
| 8 foot Up and Go (s)     | 8.1<br>(3.8)     | 10.2<br>(3.9)    | 10.7<br>(4.2)                  | 7.5<br>(1.5)    | 6.7<br>(1.6)    | 6.1<br>(1.1)                   | 9.8<br>(4.6)    | 10.7<br>(4.7)   | 10.8<br>(4.2)                 | 8.1<br>(2.4)     | 7.1<br>(1.6)    | 5.9<br>(1.1)                  | †F <sub>2,38</sub> =4.007,<br>p=0.026  | F <sub>6,78</sub> =6.367,<br>p<0.001 | F <sub>3,39</sub> =3.680,<br>p=0.020 |
| Arm curl (rep)           | 10.7<br>(3.3)    | 11.4<br>(3.5)    | 10.7<br>(2.7)                  | 13<br>(3.3)     | 14.2<br>(2.9)   | 15.2 <sup>††</sup><br>(3.2)    | 11.6<br>(4.6)   | 11.9<br>(4)     | 11.7<br>(4.3)                 | 13.4<br>(2)      | 14.6<br>(1.7)   | 15.6 <sup>††</sup><br>(1.2)   | †F <sub>2,38</sub> =10.845,<br>p<0.001 | F <sub>6,78</sub> =3.080,<br>p=0.009 | F <sub>3,39</sub> =3.593,<br>p=0.022 |
| Chair sit and reach (cm) | -14.3<br>(12.2)  | -15.3<br>(13.3)  | -15.8 <sup>  </sup><br>(12.3)  | -10.3<br>(11.2) | -9.3<br>(10.6)  | -8.2<br>(9.8)                  | -16.2<br>(14.4) | -18.4<br>(14.1) | -16.1<br>(13)                 | -20.4<br>(12.8)  | -19.2<br>(13.1) | -16.1 <sup>††</sup><br>(12.2) | †F <sub>2,38</sub> =8.459,<br>p=0.001  | F <sub>6,78</sub> =4.466,<br>p=0.001 | F <sub>3,39</sub> =1.153,<br>p=0.340 |
| Back scratch (cm)        | -12.3<br>(8.9)   | -12.9<br>(8.5)   | -13.1 <sup>  </sup><br>(7.8)   | -14.2<br>(10.4) | -11.6<br>(9.7)  | -9.7 <sup>††</sup><br>(9.6)    | -20.2<br>(13.2) | -20.1<br>(12.4) | -19.9<br>(11.9)               | -11.9<br>(10.6)  | -9.7<br>(9.4)   | -8.7 <sup>††</sup><br>(9.1)   | †F <sub>2,38</sub> =14.800,<br>p<0.001 | F <sub>6,78</sub> =4.928,<br>p<0.001 | F <sub>3,39</sub> =1.908,<br>p=0.144 |

Values are means (SD). C, control group; E, exercise group; V, vitamin group; EV, exercise-vitamin group; B, baseline; MT, midtraining; PT, post-training; rep, number of repetitions; \*p<0.05, significant baseline difference, Kruskal-Wallis test; †p<0.016, two-way repeated-measures ANCOVA; ‡p<0.016, two-way repeated-measures ANOVA; §p<0.016, significant difference between EV and V; ||p<0.016, significant difference between EV and C; ††p<0.016, significant difference between E and V; \*\*p<0.016, significant difference between E and C; †††p<0.016, significant difference us baseline for E, one-way repeated-measures ANOVA; ††††p<0.016, significant difference us baseline for EV, one-way repeated-measures ANOVA.

peated-measures ANOVA revealed a significant group effect for vitamin E concentration ( $F_{1,39}=35.588$ ,  $p<0.001$ ) and a significant time  $\times$  group interaction ( $F_{3,39}=4.276$ ,  $p=0.013$ ). The two groups taking vitamin E (EV and V) showed a significant increase in serum  $\alpha$ -tocopherol concentration ( $p=0.004$ , and  $p=0.012$ , respectively) from before to after the training program. In contrast,  $\alpha$ -tocopherol concentration did not change in the E and C groups. There was no significant main effect of time or time  $\times$  group interaction on TAC ( $p>0.016$ ).

The results of the SFT and body composition measurements at baseline, midtraining and post-training times are listed in Table 2 for all groups, and the percentage changes in these tests from baseline to after training are shown in Figure 4. The groups did not differ in their baseline SFT scores or body composition outcome measures, except for body weight ( $\chi^2=8.646$ ,  $p=0.034$ ), BMI ( $\chi^2=8.548$ ,  $p=0.036$ ) and percentage body fat ( $\chi^2=10.919$ ,  $p=0.012$ ). Body weight was greater in the EV group than in the V ( $Z=-2.268$ ,  $p=0.023$ ), C ( $Z=-2.572$ ,  $p=0.009$ ) and E groups ( $Z=-2.042$ ,  $p=0.043$ ). BMI was greater in the EV group than in the C group ( $Z=-2.572$ ,  $p=0.009$ ). Percentage body fat was higher in the EV group than in the V ( $Z=-2.156$ ,  $p=0.029$ ), C ( $Z=-3.035$ ,  $p=0.002$ ) and E groups ( $Z=-2.184$ ,  $p=0.029$ ).

The two-way repeated-measures ANOVA revealed a significant group effect for the 6-min walk and chair stand tests and the ANCOVA significant differences between groups for body weight and BMI ( $p<0.016$ ). The groups did not differ significantly on percentage body fat, fat-free mass, total body water, waist:hip ratio or performance on the 8-ft Up and Go, arm curl, chair sit-and-reach and back scratch tests ( $p>0.016$ ). Performance on the 6-min walk test (distance covered) increased by 29% in the EV group and by 31% in the E group, and decreased by 5% in the V group ( $p=0.001$  for EV vs V, and  $p=0.002$  for E vs V; group comparisons with Bonferroni adjustment). Performance did not differ significantly between any other groups ( $p>0.016$ ). Performance on the chair stand test increased by 37% in the EV group ( $p=0.009$  for EV vs V, and  $p=0.003$  for EV vs C; group comparisons with Bonferroni adjustment) and by 38% in the E group ( $p=0.014$  for E vs V, and  $p=0.005$  for E vs C) groups. Performance decreased by 4% in both V and C groups, but did not differ significantly between any other groups ( $p>0.016$ ). Body weight decreased more in the EV group (5%) than in the C (1%) and V groups (0.2%) ( $p=0.012$  for EV vs C, and  $p=0.013$  for EV vs V; group comparisons with Bonferroni adjustment), but did not differ significantly between any other groups ( $p>0.016$ ). BMI decreased more in the EV group (5%) than in the V

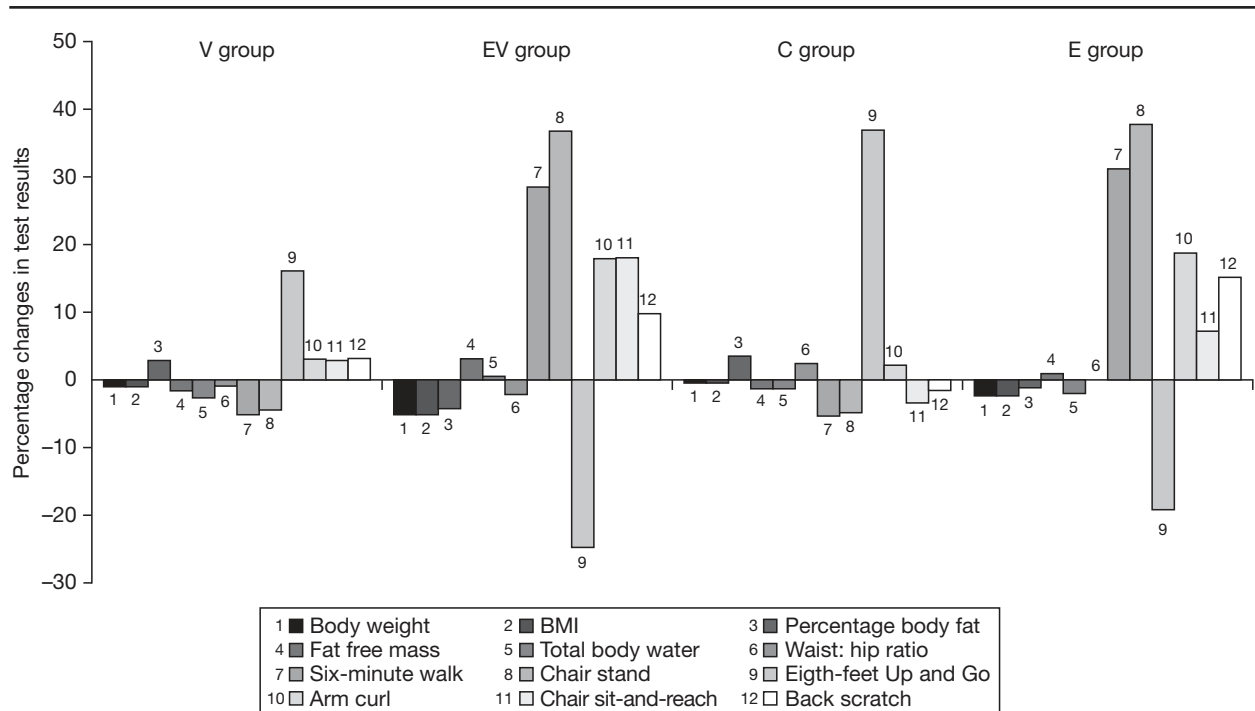


Fig. 4 - Percentage changes in test results for all groups after six months of training.

Table 3 - Within- and between-group effect sizes and observed power.

|                       | Within Groups |      |      |       |      |       | Between Groups |      |      |      |      |      |       |
|-----------------------|---------------|------|------|-------|------|-------|----------------|------|------|------|------|------|-------|
|                       | C             | V    | E    | OP    | EV   | OP    | C-V            | C-E  | C-EV | V-E  | V-EV | E-EV | OP    |
| Body weight           | 0.00          | 0.04 | 0.11 |       | 0.29 |       | 0.30           | 0.27 | 1.22 | 0.02 | 0.91 | 0.90 | 0.762 |
| BMI                   | 0.00          | 0.08 | 0.10 |       | 0.24 |       | 0.79           | 0.37 | 1.07 | 0.38 | 0.46 | 0.73 | 0.706 |
| Percent body fat      | 0.08          | 0.06 | 0.03 |       | 0.10 |       | 0.51           | 0.26 | 1.21 | 0.24 | 0.80 | 0.98 | 0.772 |
| Fat-free mass         | 0.05          | 0.09 | 0.02 |       | 0.22 |       | 0.04           | 0.24 | 0.60 | 0.27 | 0.63 | 0.26 |       |
| Total body water      | 0.05          | 0.12 | 0.08 |       | 0.02 |       | 0.04           | 0.13 | 0.45 | 0.15 | 0.48 | 0.26 |       |
| Waist:hip ratio       | 0.33          | 0.11 | 0.00 |       | 0.25 |       | 0.00           | 0.28 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | 0.26 |       |
| 6-min walk            | 0.13          | 0.18 | 1.04 | 0.924 | 1.23 | 0.910 | 0.48           | 1.32 | 1.63 | 2.05 | 2.57 | 0.23 | 0.989 |
| Chair stand           | 0.29          | 0.22 | 1.60 | 0.997 | 2.05 | 0.922 | 0.16           | 2.78 | 3.17 | 2.02 | 2.19 | 0.05 | 0.988 |
| 8-ft Up and Go        | 0.65          | 0.23 | 1.06 | 0.994 | 1.18 | 0.977 | 0.02           | 1.47 | 1.50 | 1.57 | 1.60 | 0.18 | 0.760 |
| Arm curl              | 0.00          | 0.02 | 0.68 | 0.851 | 1.33 | 0.792 | 0.28           | 1.53 | 2.27 | 0.93 | 1.24 | 0.16 | 0.749 |
| Chair sit- and- reach | 0.12          | 0.01 | 0.20 |       | 0.34 |       | 0.02           | 0.68 | 0.02 | 0.69 | 0.00 | 0.72 |       |
| Back scratch          | 0.10          | 0.02 | 0.45 |       | 0.32 |       | 0.69           | 0.39 | 0.52 | 0.95 | 1.06 | 0.11 | 0.455 |

C, control group; E, exercise group; V, vitamin group; EV, exercise-vitamin group; OP, observed power; BMI, body mass index.

group (1%), and increased in the C group (0.2%) ( $p=0.008$  for EV vs V, and  $p=0.012$  for EV vs C; group comparisons with Bonferroni adjustment) but did not differ between any other groups ( $p>0.016$ ).

The one-way repeated-measures ANOVA showed that none of the test scores had changed in the V and C groups compared with baseline scores ( $p>0.016$ ). The difference between baseline and post-training values in the E and EV groups was significant for body weight ( $p=0.014$  and  $p<0.001$ , respectively), BMI ( $p=0.010$  and  $p<0.001$ ) and performance on the 6-min walk ( $p=0.007$  and  $p=0.004$ ), chair stand ( $p<0.001$  and  $p=0.003$ ), arm curl ( $p=0.008$  and  $p=0.010$ ) and back scratch ( $p<0.001$  and  $p=0.003$ ) tests. Total body water increased at the midtraining test ( $p=0.015$ ) but did not differ from the baseline value at the post-training test in the EV group ( $p>0.016$ ). Performance on the chair sit-and-reach test increased at the post-training test compared with the baseline value in the EV group ( $p=0.003$ ) (Table 2).

As shown in Table 3, in the C group, effect sizes were moderate for the 8-ft Up and Go test. In the E group, the effect sizes were large for the 6-min walk, chair stand, and 8-ft Up and Go tests; and moderate for the arm curl test. In the EV group, the effect sizes were large for the 6-min walk, chair stand, 8-ft Up and Go, and arm curl tests.

The between-group effect sizes are also shown in Table 3. For the chair stand test, the between-group effect size was largest between the C and EV groups ( $ES=3.17$ ). The between-group effect size was largest for the 6-min walk test between the V and EV groups ( $ES=2.57$ ). The between-group effect size was largest for body weight and BMI for the comparison between the C and EV groups ( $ES=1.22$  and  $ES=1.07$ , respectively).

## DISCUSSION

This study evaluated the synergistic effect of vitamin E and six months of aerobic exercise training on physical performance and body composition in sedentary older adults. We investigated whether vitamin E combined with regular aerobic exercise improved physical performance and body composition in older adults. To our knowledge, this is the first study to evaluate the effects of simultaneous antioxidant intake and aerobic exercise training on physical performance measures such as muscle strength, endurance, flexibility, agility and body composition in an elderly population.

The six-month aerobic training program improved performance on the 6-min walk test in the E (31%) and EV groups (29%) compared with the V group (5% decrease); performance did not differ between the E, EV, and C groups. Performance on the chair stand test increased 37% in the EV group and 38% in the E group, but decreased 4% in the V group and 4% in the C group; performance did not differ between the EV and E groups or between the V and C groups. Body weight decreased significantly in the EV group (5%) compared with the C (1%) and V groups (0.2%), but did not differ significantly between EV and E groups, between E and C groups, between E and V groups, or between C and V groups. BMI decreased in the EV group (5%) compared with the V (1% decrease) and C groups (0.2% increase) but did not differ between EV and E groups, between E and C groups, between E and V groups, or between C and V groups. We found no differences between the groups in percentage body fat, fat-free mass, total body water, waist:hip ratio or performance on the 8-ft Up and Go, arm curl, chair sit-and-reach and back scratch tests.

The baseline plasma concentration of  $\alpha$ -tocopherol for all four groups indicated that participants had low toco-



pherol concentration (29) and that they were not taking vitamin supplements containing vitamin E before the study began. The two groups that took vitamin E (EV and V) showed significant post-test increases in plasma vitamin E concentration (101% and 79%, respectively), whereas the E and C groups showed no significant change (34% and 13%, respectively). These findings indicate that participants complied with the six-month vitamin E supplementation protocol.

We measured TAC to evaluate the change in antioxidant status after the six months of exercise training and vitamin E supplementation, but found no effects of time or group. This contrasts with a previous study that found that four months of endurance training increased TAC significantly (4). The discrepancy between studies may be due to different protocols or methods of measuring TAC. Several methods have been developed to assess TAC in human serum or plasma, and the total antioxidative serum capacity is not a simple sum of the activities of the various antioxidative substances (4, 30). The lack of response of TAC may be due to methodological issues such as the effect of dilution of the serum samples (as instructed by the manufacturer) or the use of the inhibition percentage at a fixed time without considering the length of the inhibition time when using the Randox assay kit (30).

Oxidant stress increases in humans after the age of 60 years, and its effects can be attenuated by strengthening the antioxidant defense system (5, 15). Physical activity protects against oxidative stress (3, 4). Vitamin E has a beneficial effect on the adaptive response to exercise and a synergistic effect when combined with regular exercise (8). A high correlation between  $\alpha$ -tocopherol concentration and physical performance (sum of scores obtained from walking speed, rise and sit performance, and balance) and muscle strength has been reported (11). However, only a few human studies have examined the interaction between vitamin E and exercise in older adults (16-18) and, to our knowledge, no study has investigated the additive effect of vitamin E on physical performance and body composition in older adults. Lipid hydroperoxide concentration decreases to the same extent after endurance exercise training, vitamin E supplementation, or combined endurance exercise training and vitamin E supplementation (16). Systolic and diastolic blood pressure decrease and maximal aerobic capacity increases after endurance exercise training, alone and after combined endurance exercise training and vitamin E supplementation (16). Eccentric exercise elicited similar stress responses in young and older men, although vitamin E supplementation did not inhibit malondialdehyde in older adults, as was observed in young men (17). Vitamin E protects against exercise-induced oxidative injury (18).

After the six-month training program, the EV and E groups demonstrated significant decreases in body weight

and BMI, and increased performance on the 6-min walk, chair stand, arm curl and back scratch tests. This contrasts with the lack of improvement in the V and C groups. However, only the 6-min walk and chair stand performance, body weight and BMI measures differed between groups. Interestingly, performance on the 6-min walk test improved in the E and EV groups compared with the V group. The chair stand performance increased in EV and E groups compared with the C and V groups, and body weight and BMI decreased in the EV group compared with the C and V groups. The improved performance on the 6-min walk and chair stand tests are consistent with previous reports (7, 16), although the 6-min walk test performance provides a better measure of overall mobility and physical function, rather than a specific measure of cardiovascular fitness (31). The decline in BMI and weight in the EV group may be due to their higher levels at baseline.

Ten percent of the subjects in the V group, 50% of those in the EV group, and 27% of those in the E group were obese; the C group included no obese subjects. Studies of the relationship between  $\alpha$ -tocopherol concentration and BMI have reported contradictory results (32-35), some finding a negative relationship between plasma  $\alpha$ -tocopherol concentration and BMI (32, 33), and others no association (34, 35). The absorption and transport of vitamin E are closely related to plasma lipid concentration. Generally, the distribution of vitamin E in fasting plasma depends on the concentration of each lipoprotein fraction (36). Vitamin E, which occurs almost entirely as  $\alpha$ -tocopherol, is mostly carried in the low-density lipoprotein and high-density lipoprotein fractions (37) and is distributed equally between them (36). The plasma lipid profile also differs greatly between overweight and obese people (38). We did not take into account the plasma lipid profiles of our subjects, and we cannot discount the possibility that differences in weight status and plasma lipid profile may have affected response to vitamin E supplementation or to the exercise regimen.

Obese individuals are often not able to expend a significant amount of energy in a given exercise session, particularly at the beginning of the program, because their level of fitness and excess weight limit both duration and intensity of activity (39). Although there were no significant differences in the exercise intensity attained between the E and EV groups, the mean training intensity was slightly higher in the EV group than in the E group, especially after the first five weeks of training. In addition, the EV group gained more fat-free mass (3.2%) than did the E group (0.5%). The differences in BMI and body weight between the EV, C and V groups at the end of the study probably reflect the higher metabolic rate and energy use during exercise training in the EV group, as a result of their greater fat-free mass.

The percentage of body fat, fat-free mass, total body water, waist:hip ratio and performance on the 8-ft Up and Go, arm curl, chair sit-and-reach and back scratch tests did not differ significantly between groups. However, the effect sizes were greater in the EV group than in the other three groups for body weight, BMI, percentage of body fat, fat-free mass, waist:hip ratio and performance on the 6-min walk, chair stand, 8-ft Up and Go, arm curl, and chair sit-and-reach tests.

We calculated between-group effect sizes only for statistically relevant outcome measures, in order to quantify the extent of the differences between the groups. The between-group effect size of  $\geq 2$  for the chair stand test indicated that the means of the E and EV groups were at the 97.7 percentile of the C and V groups. The between-group effect size of  $\geq 2$  for the 6-min walk test indicated that the means of the E and EV groups were at the 97.7 percentile of the V group. These large effect sizes suggest that changes in aerobic endurance capacity and lower extremity strength also clearly differentiated the groups. An effect size calculated from a very large sample is likely to have greater accuracy than one calculated from a small sample (40).

One strength of this study was the detailed eligibility criteria and the random allocation, which allowed us to allocate the subjects free from selection bias. Another strength was the supervised training program and limited exercise intensity, which provided good control over the amount of exercise performed by the participants and ensured good compliance with the training program. We also note several limitations of our study. The sample in this pilot study was selected from a defined area such as a retirement home to control for food consumption, to prevent drop-out by enhancing motivation, and to monitor closely the use of vitamin E and any side-effects. The small sample size expands the possibility that the negative results were the result of inadequate power for the outcome measures, except for body weight, BMI and performance on the 6-min walk and chair stand tests. We lowered the significance value to 0.016 to avoid type I error. To reduce the possibility of type II error because of inadequate power, we performed power analysis using *post-hoc* data for outcome measures with large effect sizes. The computed observed power was higher than 70%, except for performance on the back scratch test, which was 46%. Thus, we conclude that body weight, BMI and performance on the 6-min walk and chair stand tests differentiated the groups. The general overweight status of the participants may have influenced our findings. We made limited assessment of biological measures. Evaluation of physical performance, body composition and biological measures would have been ideal. Lastly, it would have been better to have included a placebo control group, but we were unable to do this because of budgetary limitations. However, the older adults in the con-

trol groups (E and C) did not know that the other groups received vitamin E.

## CONCLUSIONS

This study shows that vitamin E supplementation has no additive effect to that of aerobic exercise training on physical performance measures such as muscle strength, aerobic endurance, agility, flexibility and body composition. The preliminary findings from this study do not indicate that vitamin E enhances the benefits of aerobic exercise regimens in older adults. Other antioxidants may have beneficial effects and should be investigated further.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Akdeniz University Research Foundation and Turkish Regional League Against Rheumatism. We thank Roche Pharmaceuticals as the donor of vitamin E, the physicians and nurses at the Old Retirement Home, Akdeniz University Hospital, and fitness instructors at the School of Physical Education and Sports. Very special thanks go to all participants who volunteered for this study.

Institution in which work was carried out: The laboratory, equipment and sports area used in this study were at Sport Science and Research Center, Akdeniz University School of Physical Education and Sports.

## REFERENCES

1. Guralnik JM, Simonvick EM, Ferrucci L et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol A Biol* 1994; 49: M85-94.
2. Kamisholt K, Gynelberg F, Gøtzsche PC. Physical activity for primary prevention of disease. *Dan Med Bull* 2005; 52: 86-9.
3. Selamoglu S, Turgay F, Kayatekin BM, Gonenç S, Islegen C. Aerobic and anaerobic training effect on the antioxidant enzymes of the blood. *Acta Physiol Hung* 2000; 87: 267-73.
4. Fatouros IG, Jamurtas AZ, Viliotou V et al. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Med Sci Sport Exerc* 2004; 36: 2065-72.
5. Mendoza-Núñez VM, Ruiz-Ramos M, Sánchez-Rodríguez MA, Retana-Ugalde R, Muñoz-Sánchez JL. Aging-related oxidative stress in healthy humans. *Tohoku J Exp Med* 2007; 213: 261-8.
6. Rousseau AS, Margaritis I, Arnaud J, Faure H, Roussel AM. Physical activity alters antioxidant status in exercising elderly subjects. *J Nutr Biochem* 2006; 17: 463-70.
7. Toraman NF, Erman A, Agyar E. Effects of multicomponent training on functional fitness in older adults. *J Aging Phys Activ* 2004; 12: 538-53.
8. Evans WJ. Vitamin E, vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr* 2000; 72 (Suppl. 2): 647S-52.
9. McBride JM, Kraemer WJ. Free radicals, exercise and antioxidants. *J Strength Cond Res* 1999; 13: 175-83.
10. Cherubini A, Martin A, Andres-Lacueva C et al. Vitamin E levels, cognitive impairment and dementia in older persons: the InCHIANTI study. *Neurobiol Aging* 2005; 26: 987-94.
11. Cesari M, Pahor M, Bartali B et al. Antioxidants and physical performance in elderly persons: the Invecchiare in Chianti (InCHIANTI) study. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 289-94.
12. Semba RD, Blaum C, Guralnik JM, Moncrief DT, Ricks MO, Fried LP. Carotenoid and vitamin E status are associated with indicators of sarcopenia among older women living in the community. *Aging Clin Exp Res* 2003; 15: 482-7.
13. Galan P, Preziosi P, Monget AL et al. Effects of trace element

- and/or vitamin supplementation on vitamin and mineral status, free radical metabolism and immunological markers in elderly long-term-hospitalized subjects. *Geriatric Network MIN. VIT. AOX. Int J Vitamin Nutr Res* 1997; 6: 450-60.
14. Ble A, Cherubini A, Volpato S et al. Lower plasma vitamin E levels are associated with the frailty syndrome: the InCHIANTI study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006; 61: 278-83.
  15. Andriollo-Sanchez M, Hininger-Favier I, Meunier N et al. Age-related oxidative stress and antioxidant parameters in middle-aged and older European subjects: the ZENITH study. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59 (Suppl. 2): S58-62.
  16. Jessup JV, Horne C, Yarandi H, Quindry J. The effects of endurance exercise and vitamin E on oxidative stress in the elderly. *Biol Res Nurs* 2003; 5: 47-55.
  17. Sacheck JM, Milbury PE, Cannon JG, Roubenoff R, Blumberg JB. Effect of vitamin E and eccentric exercise on selected biomarkers of oxidative stress in young and elderly men. *Free Radic Bio Med* 2003; 34: 1575-88.
  18. Meydani M, Evans WJ, Handelman G et al. Protective effect of vitamin E on exercise-induced oxidative damage in young and older adults. *Am J Physiol* 1993; 264: R992-8.
  19. Fanò G, Mecocci P, Vecchiet J et al. Age and sex influence on oxidative damage and functional status in human skeletal muscle. *J Muscle Res Cell M* 2001; 22: 345-51.
  20. Güngen C, Ertan E, Eker E, Yasar R, Engin F. The Standardised Mini Mental State Examination in Turkish. *Proceedings of the Ninth Congress of the International Psychogeriatric Association. Int Psychogeriatr* 1999; 11 (Suppl. 1): 78.
  21. Voorrips LE, Ravelli ACJ, Dongelmans PCA, Deurenberg P, Staveren WAV. A physical activity questionnaire for the elderly. *Med Sci Sport Exerc* 1991; 23: 974-9.
  22. Yesevage JA, Brink TL, Rose TL et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res* 1983; 17: 37-49.
  23. Desai ID. Vitamin E analysis methods for animal tissues. *Method Enzymol* 1984; 105: 138-47.
  24. Rikli RE, Jones CJ. Senior fitness test manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 2001.
  25. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness for community-residing older adults. *J Aging Phys Activ* 1999; 7: 129-61.
  26. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sports and exercise. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.
  27. American College of Sports Medicine. ACSM Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 992-8.
  28. Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui IJ. Current aspects about oxidative stress, physical exercise and supplementation. *Rev Bras Med Esporte* 2007; 13: 336-42.
  29. Aslan D. Klinik Kimyada Temel İlkeler. 1st Ed. Ankara: Palme Yayıncılık, 2005 (Turkish translation of Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. In Burtis CA, Ashwood ER, Bruns DE, eds.).
  30. Cao G, Prior RL. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clin Chem* 1998; 44: 1309-15.
  31. Rice-Evans C, Miller NJ. Total antioxidant status in plasma and body fluids. *Method Enzymol* 1994; 234: 279-93.
  32. Lord SR, Menz HB. Physiologic, psychologic, and health predictors of 6-minute walk performance in older people. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 907-11.
  33. White E, Kristal AR, Shikany JM et al. Correlates of serum  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol in the Women's Health Initiative. *Ann Epidemiol* 2001; 11: 136-44.
  34. Wallstrom P, Wirfalt E, Lahmann PH, Gullberg B, Janzon L, Berglund G. Serum concentrations of  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol are associated with diet, smoking, and general and central adiposity. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 777-85.
  35. Grolier P, Boirie Y, Levadoux E et al. Age-related changes in plasma lycopene concentrations, but not in vitamin E, are associated with fat mass. *Br J Nutr* 2000; 84: 711-6.
  36. Switzer BR, Atwood JR, Strark AH et al. Plasma carotenoid and vitamins A and E concentrations in older African American women after wheat bran supplementation: Effects of age, body mass and smoking history. *J Am Coll Nutr* 2005; 24: 217-26.
  37. Meydani M, Cohn JS, Macauley JB, McNamara JR, Blumberg JB, Schaefer EJ. Postprandial changes in the plasma concentration of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol in human subjects fed a fat-rich meal supplemented with fat-soluble vitamins. *J Nutr* 1989; 119: 1252-8.
  38. Hayes KC, Pronczuk A, Liang JS. Difference in the plasma transport and tissue concentration of tocopherols and tocotrienols: observations in humans and hamsters. *Proc Soc Exp Biol Med* 1993; 202: 353-9.
  39. Mooradian AD, Haas MJ, Wehmeier KR, Wong NCW. Obesity-related changes in high-density lipoprotein metabolism. *Obesity* 2008; 16: 1152-60.
  40. Toraman NF. Obesity and sports. In Keller K, ed. *Encyclopedia of Obesity*. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications Inc. 2008.
  41. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. Applied statistics for the behavioral sciences. Boston: Houghton Mifflin, 1988.