



**T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SAĞLIKLI BİREYLERDE AYAK BİLEĞİ EVERTÖR KASLARINA YÖNELİK
EKSTRAKORPOREAL ŞOK DALGA TEDAVİSİNİN KAS REAKSİYON
ZAMANI VE KUVVETİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dr. Ahmet SANDIM

UZMANLIK TEZİ

BURSA-2021



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

SAĞLIKLI BİREYLERDE AYAK BİLEĞİ EVERTÖR KASLARINA YÖNELİK
EKSTRAKORPOREAL ŞOK DALGA TEDAVİSİNİN KAS REAKSİYON
ZAMANI VE KUVVETİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Ahmet SANDIM

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Ufuk ŞEKİR

BURSA-2021

İÇİNDEKİLER

Özet.....	ii
İngilizce Özet.....	iv
Giriş.....	1
Gereç ve Yöntem	6
1. Katılımcılar	6
1.1. Testlere Hazırlanma ve Çalışma Detayı	7
2. Ön Testler	8
2.1. Elektromyografik (EMG) Ölçümler	10
2.1.1. EMG Ölçümleri İçin Hazırlık	10
2.1.2. İversiyon Simülasyon Platformu	10
2.1.3. EMG İle Kas Reaksiyon Zamanı Ölçümü	11
2.2. İzometrik Kuvvet Testi	15
3. ESWT Programı	16
4. İstatistiksel Analiz.....	17
Bulgular	18
Tartışma ve Sonuç	24
Kaynaklar	32
Teşekkür	39
Özgeçmiş	40

ÖZET

Bu çalışmanın amacı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olmayan sağlıklı gönüllülerde peroneal kas grubuna uygulanan ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin (ESWT) kas reaksiyon zamanı ve kuvveti üzerine olan etkilerini araştırmaktır.

Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olmayan toplam 24 rekreasyonel sporcu ESWT (n=12) ve kontrol (=12) gruplarına rastgele olarak dağıtılmıştır. ESWT grubundaki gönüllülere 4-5 gün ara ile toplam 4 seans ESWT uygulanmıştır. Çalışmanın başında ve sonunda inversiyon simülasyon platformunda ayak bileği nötral 0° ve 20° plantar fleksiyon başlangıç pozisyonlarından 15° ve 30° inversiyon açlarına ani olarak getirilmiş ve bu esnada elektromiyografik ölçüm yardımı ile tibialis anterior ve peroneus longus kaslarının reaksiyon zamanı ölçülmüştür. Bununla beraber katılımcıların her iki ayak bileklerinde invertör ve evertör kaslarına, ayak bileği nötral ve 15° inversiyon pozisyonundayken izokinetik dinamometre yardımı ile izometrik kuvvet ölçümleri de yapılmıştır. Çalışmanın sonundaki 2. ölçümler seanslar tamamlandıktan bir hafta sonra uygulanmıştır.

Başlangıç ölçümlerinde hem tibialis anterior hem de peroneus longus kaslarının reaksiyon zamanlarında her iki grup arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı (p>0.05). ESWT grubunda uygulama sonrası nötral (0°) ve 20° plantar fleksiyon pozisyonundan 15° ve 30° inversiyondaki peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanlarında anlamlı bir değişim olmadı (p>0.05). Benzer şekilde izometrik kuvvet ölçüm sonuçlarında da gruplar arasında uygulama öncesine göre uygulama sonrasında istatistiksel anlamlı bir farklılık saptanmadı (p>0.05).

Bu bulgular değerlendirildiğinde, sağlıklı bireylerde evertör grup kaslarına yapılan ESWT uygulamasının kas reaksiyon zamanı ve kuvveti üzerine olumlu bir etkisi olmadığı söylenebilir. Bunun yanında kas reaksiyon zamanında anlamlı bir uzamaya da neden olmaması ve kas kuvvetinde

azalma yapmaması nedeniyle çeşitli kas yaralanmalarının rehabilitasyon programlarında kullanılmasında kas kuvveti ile reaksiyon zamanı açısından olumsuz bir durum oluşturmayacağı da söylenebilir.

Anahtar kelimeler: ayak bileği instabilitesi, ekstrakorporeal şok dalga tedavisi, kas reaksiyon zamanı, kuvvet.

SUMMARY

THE EFFECTS OF EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE THERAPY ON MUSCLE REACTION TIME AND STRENGTH IN HEALTHY INDIVIDUALS

The main purpose of this study is to investigate the effects of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) applied to the peroneal muscle group on muscle reaction time and strength in healthy volunteers without functional ankle instability.

Twenty-four recreational athletes without functional ankle instability were randomly assigned to the ESWT ($n = 12$) and control ($n = 12$) groups. A total of 4 sessions of ESWT were applied to the volunteers in the ESWT group, repeated every 4-5 days. At the beginning and end of the study, the ankle was brought abruptly from neutral 0° and 20° plantar flexion starting positions to 15° and 30° inversion angles on the inversion simulation platform, and the reaction time of the tibialis anterior and peroneus longus muscles was measured by electromyographic measurement. In addition, the strength of the inverter-evertor muscle groups were measured with an isokinetic dynamometer in the healthy volunteers without functional ankle instability. One week after the sessions were completed, all the volunteers participating in the study were re-administered the initial tests.

In the initial measurements, no significant difference was found between the two groups in the reaction times of both the tibialis anterior and peroneus longus muscles ($p > 0.05$). There was no significant change in peroneus longus and tibialis anterior muscle reaction times from neutral (0°) and 20° plantar flexion position to 15° and 30° inversion in the ESWT group ($p > 0.05$). Similarly, there was no statistically significant difference between the groups in the isometric strength measurement results after the application compared to the pre-application ($p > 0.05$).

When these findings are evaluated, it can be said that ESWT application to the evetor muscles in healthy individuals does not have a positive effect on muscle reaction time and strength. In addition, it can be said that it does not cause a risky situation in terms of muscle strength and reaction time when used in rehabilitation programs for various muscle injuries, since it does not cause a significant prolongation of muscle reaction time and does not reduce muscle strength.

Keywords: functional ankle instability, extracorporeal shock wave therapy, muscle reaction time, strength.

GİRİŞ

Ayak bileği burkulmaları sporcularda ve sedanterlerde sık karşılaşılan yaralanmalarının başında gelmektedir. Ayak bileğinde meydana gelen yaralanmalarda burkulma sıklığı %85 ve bunların %80'den fazlası da inversiyon tipi burkulmadır (1). İngiltere'de acil servise başvuran hastaların %3-5'lik bir kısmını oluşturur (2). İversiyon tipi burkulma sıklığı çalışmalarda günde 1/10.000 olarak rapor edilmektedir (3, 4). Spor yaralanmalarının yaklaşık olarak %25'ini ayak bileği burkulmaları oluşturmaktadır (5). İversiyon tipi burkulma voleybol, futbol ve basketbol gibi sıçrama ve hızlı yön değiştirme manevralarının yoğun olarak tekrarlandığı spor branşlarında sık gözlenir (6, 7). Basketbolda görülen yaralanmalarının %40'ını ve futbolda ise %31'ini oluşturur (8). İversiyon tipi yaralanmanın temel sebebi plantar fleksiyonda olan ayak bileğinin laterale deviye olması ile ağırlık merkezinin subtalar aksa göre iç kısma kaymasıdır (9). Ayak bileği burkulmalarının uzun dönem etkilerine bakıldığında hastalarda %40 oranında tekrarlayan burkulma ve boşalma hissi gibi uzun süreli belirtilerin olduğu görülmektedir (10, 11). Bazı araştırmalarda inversiyon tipi burkulma geçiren hastaların %74'ünde burkulma sonrası 1.5 - 3.5 yıl arası şikayetlerin devam ettiği bildirilmiştir (12). Tedaviye rağmen ayak bileğinin bir yıl içinde tekrar burkulma riski 2 kat artmakta ve %70 civarı bir oranda günlük aktiviteyi kötü etkileyen kalıcı belirtiler gelişmektedir (13, 14). Bu bilgilerden yola çıkarak araştırmalarda ayak bileği yaralanması için risk teşkil eden durumlar incelenmiş ve olası yaralanmaların önlenmesi ve/veya tekrarlama riskini azaltmak için yaralanma sonrası eklemde oluşan hasarların tespit edilip uygun tedavi yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır (15). Tekrarlayan ayak bileği burkulmaları ve etkisi ile ilgili ilk çalışma Freeman (16) tarafından yapılmış ve fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAİ) şeklinde adlandırılmıştır. FAİ oluşumunda proprioepsiyonda azalma, ağrı ve kas kuvvetsizliği sorumlu tutulmaktadır (17, 18). Proprioepsiyon; eklem kapsülü, tendonlar, ligamentler, deri ve kaslarda yerleşim gösteren mekanoreseptörler aracılığı ile santral sinir sistemine kümülatif nöral bilgi taşınması ve girişi olarak tanımlanmaktadır (19, 20). Yaralanmayla birlikte eklem

mekanoreseptörlerinde kısmi afferent ileti defisiti olduğu ve bu durumun kronik ayak bileği instabilitesinde başrolü oynayabileceği ifade edilmiştir (21, 22). Proprioepsiyon; eklem pozisyon hissi ve kas reaksiyon zamanı ölçümleri gibi yöntemlerle değerlendirilmektedir (23, 24). Önceki yapılan çalışmaların çoğunda; fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olanlarda bozulmuş eklem pozisyon hissi algılanmasında ve peroneal kas reaksiyonu oluşumunda uzama olduğu belirtilmiştir (25-27). Munn ve ark. (28) yaptığı bir meta-analiz değerlendirildiğinde, aktif ve pasif olarak algılanan eklem pozisyon hissini, kronik instabilitesi olanlarda bozulmuş olduğu gözlemlenmiştir. Willems ve ark. (29) kas reaksiyon zamanında uzamanın burkulma yaralanması riskini arttırdığını ve reaksiyon zamanının kısaltılmasının önleyici olabileceğini belirtmektedirler. Kronik olarak fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip kişilerde propriyosepsiyon üzerine olan bu ve benzeri çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde, ayak bileği burkulma yaralanmalarının proprioepsiyon üzerine kötü etkilerinin olduğunu ve propriyosepsiyonun geliştirilmesinin eklem stabilitesine katkı sağlayacağı ve tekrarlayan yaralanmaların önlenmesinde etkili olacağını ortaya koymaktadır.

Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAİ) olanlarda ayak bileği kaslarının kuvveti değerlendirildiğinde birbiri ile çelişen sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bazı çalışmalar evertör (30-32), invertör (33, 34) ve plantar fleksör (35, 36) kas gruplarındaki kuvvet eksikliğinin FAİ oluşumunda önemli etkenlerden biri olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık başka araştırmalarda ise fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan kişilerde kuvvet farkı bulunamamıştır (37, 38). Yine literatüre bakıldığında eklem stabilitesinde en önemli faktörün antagonist kas gruplarının koordineli aktivasyonu olduğu ifade edilmektedir (39, 40). Konradsen ve ark. (41) inversiyon burkulmalarında ani oluşan inversiyon kuvvetine karşı kuvvetli ve hızlı bir tepki ile eklem stabilitesinin korunabileceğini belirtmişlerdir. Bu bilgiler dikkate alındığında, ayak bileği kaslarında oluşan kuvvet kaybı ile ilgili çelişkili sonuçlar olsa da, kronik ve akut ayak bileği burkulmalarının tedavi şemalarında, ayak bileğinin özellikle evertör kaslarına yönelik güçlendirici egzersizlere yer verilmesinin faydalı olacağını ortaya koymuştur (40). Şekir ve ark. (42) fonksiyonel ayak

bileği instabilitesine sahip sporcularda evertör ve invertör kas gruplarına konsentrik modda 6 hafta süre ile izokinetik egzersiz programı uygulamışlar ve eklem pozisyon hissini değerlendirek ayak bileği propriosepsiyonda olumlu gelişmenin olduğunu ortaya koymuşlardır. Keleş ve ark. (43) çalışmasında sağlam ayak bileği olan kişilere, dorsifleksör ve evertör kas gruplarına yönelik 6 hafta boyunca uygulanan kombine konsentrik ve eksentrik izokinetik tipte egzersizlerin, tibialis anterior ve peroneus longus kaslarının reaksiyon verme sürelerinde anlamlı düzelme sağladığını bildirilmiştir. Bu çalışmalar eklemde dinamik stabilizatörlerin özellikle peroneal kasların önemini fazla olduğunu göstermektedir.

Eklem stabilitesini sağlamak amacıyla yapılan, kuvvet ve propriosepsiyon egzersizlerinin mekanizmaları üzerinde tartışılmalı sonuçlar bulunmuştur (19). Golgi tendon organı ve kas içiğinin eklem propriosepsiyonuna büyük oranda katkı sağladığı genel literatür düşüncesidir (19, 44). Son zamanlarda özellikle propriosepsiyon elde edilen olumlu etkilerin kutanöz stimülasyon yöntemleriyle de sağlanıp sağlanamayacağı ile ilgili çalışmalarda mevcuttur (45, 46). Pavailer ve ark. (45) peroneal tendonlara cilt üstü kutanöz stimülasyon ile vibrasyon uygulamış ve çalışma sonucunda propriosepsiyon testlerinde gelişmeler olduğunu gözlemlemişlerdir. Sadece denge çalışması ve denge çalışmasına eklenen ortak peroneal sinire yönelik yapılan transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonunun (TENS) kıyaslandığı bir çalışmada, stimülasyon eklenen grupta tek ayak sıçrama testi ile değerlendirilen reaksiyon hızında artış saptanmış olup propriosepsiyon üzerine olumlu katkıları ortaya konulmuştur (46). Kim ve ark.'nın (47) inme geçirmiş hastaları dahil ettiği çalışmada 6 hafta süreyle ayak bileği kaslarına yönelik nöromusküler egzersizlerle, ortak peroneal sinire cilt üstü yüzeysel olacak şekilde elektro stimülasyon uygulaması sonrası değerlendirilen denge testlerinde anlamlı düzelmeler gözlemlenmiştir.

Ekstra korporeal şok dalga tedavisi (ESWT) tıpta çeşitli alanlarda kullanılan non invaziv bir tedavi yöntemidir (48). 1960'lı yıllarda şok dalgalarını bölgesel olarak uygulanarak çevre dokulara zarar vermeden böbrek taşı ve safra kesesi taşını kırmak amacıyla ilk kez denenmiştir. 1980

yılında ilk başarılı uygulamadan sonra günümüze kadar kas iskelet sistemide dahil kullanımına başlanmıştır (48). Çalışma prensibi Isaac Newton'un etki-tepki kanununa dayanmaktadır. Isaac Newton'a göre her etki bir tepki oluşturur ve şok dalgalarına dokuların verdiği tepkiler dokuda iyileşmeyi tetiklemektedir (48).

ESWT ile oluşturulan şok dalgalarının tedavi edilen dokuda kavitasyon kabarcıkları ürettiği bilinmektedir (49). Kavitasyon, dalga yayılımının negatif fazının bir sonucudur. Kavitasyon kabarcıklarının hızlı çökmesi ikincil basınç dalgalarına yol açmaktadır. Kavitasyon aracılı mekanizmalar ESWT'nin etkilerinde merkezi bir role sahiptir (49). ESWT medial tibial stres sendromu, lateral epikondilit ve plantar fasiit gibi ağrılı kas-iskelet sistemi bozukluklarını tedavi etme amacıyla yaygın olarak kullanılmakta ve ciddi bir yan etkisi bulunmamaktadır (50-52).

ESWT'nin herhangi bir yan etki olmaksızın üst motor nöron sendromlu hastalarda hipertoniyi azalttığı da gösterilmiştir (53). Üst ekstremitelerde şiddetli hipertoni ile ilişkili felçten etkilenen toplam 20 hastanın değerlendirildiği bir çalışmada ESWT' den sonra hastalar, plasebo stimülasyonu ile karşılaştırıldığında, el bileği ve parmakların fleksör tonusunda daha fazla gelişme gösterdiği ortaya konulmuştur (53). Sonrasında 1. ve 4. hafta kontrollerde, aktif tedavi alan tüm hastalarda kaslarda pasif kas tonisitesinde önemli bir azalma kaydedilmiştir (53). Tedaviden 12 hafta sonra kas tonusunda kalıcı azalma görülmüş ve ESWT ile ilişkili herhangi bir yan etkiye rastlanmamıştır (53). Bu çalışmanın sonucunda yazarlar ESWT' nin etkilerini kas içiği üzerinden gerçekleştirerek kas tonusunda azalma sağlamış olabileceğini düşünmüşlerdir. Bir başka çalışmada 63 serebral palsili çocukta 3 seans ESWT'nin spastik üst ve alt ekstremitte kasları üzerindeki etkisini değerlendirilmiş ve çalışmaya katılan çocuklarda spastisite düzeyinin ve buna bağlı ağrıların azaltılmasında ve kaba motor fonksiyonlarının iyileştirilmesinde etkili olduğu ortaya konmuştur (54). Varsayımsal olarak etki mekanizmasının nöral-kas içiğinin aktivasyon eşiğinin modülasyonu ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Başka bir hipotez olarak ise gerilme yoluyla engelleyici etkisi olan Golgi tendon organının stimülasyonu öne sürülmüştür (54). Ayak bileği

plantar fleksiyon kaslarında ağrılı hipertoni Őikayeti olan 68 multipl skleroz hastasında yapılan farklı bir çalışmada da ESWT'nin ağrı ve hipertoniyi azaltmada etkili olduğu ve etki mekanizmaları içerisinde kas iğciği üzerinde olan etkisinde ön planda olduğunu varsayılmıştır (55). Geçmişten günümüze kadar ESWT'nin, birçok kas-iskelet sistemi rahatsızlığında ağrı tedavisinde başarılı bir Şekilde kullanılıyor olması (56) tedavi süresinin kısa ve seans sayısının az olması nedeniyle sporcular için de büyük bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

nceki araştırma sonuçlarında fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip kişilerin tedavisinde kullanılan yüzeyel elektriksel stimülasyonun, vibrasyon tedavisinin ve egzersiz tedavisinin etkili olduğunun ortaya konulmuş olmasıyla benzer mekanizması ile ESWT'nin faydalı olabileceğini düşünülmektedir. Literatürde ESWT tedavisi uygulanarak evertör ve/veya dorsifleksör kas gruplarında meydana gelen kuvvet değişimini ve kas reaksiyon zamanı değişimini inceleyen araştırmaya rastlanmamıştır. Bu bilgiler işığında planlanan çalışmamızda fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olmayan bireylerde ayak bileği evertör kaslarına yapılacak olan ESWT tedavisinin kas reaksiyon zamanı ile birlikte kas kuvveti üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

1. Gönüllüler

Çalışmaya 12 erkek 12 kadın olmak üzere toplam 24 gönüllü katılmıştır. Gönüllüler 20-35 yaşları arasında rekreasyonel seviyede spor yapan sağlıklı kişilerdir.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri;

a) Daha önce tedavi ihtiyacı olan lateral ayak bileği burkulması olmaması

b) Son bir yıl içerisinde tekrarlayan instabilite şikâyetinin olmaması

c) Sağlıklı tarafta ayak bileği burkulması öyküsünün ve herhangi bir alt ekstremitte patolojisinin semptom ve bulgusunun olmaması

Çalışmadan dışlama kriterleri ise;

a) Fizik muayenede mekanik instabilite varlığı

b) ESWT uygulanacak alanda tümör, enfeksiyon, açık yara olması

c) Kırık öyküsü

d) Ameliyat öyküsü

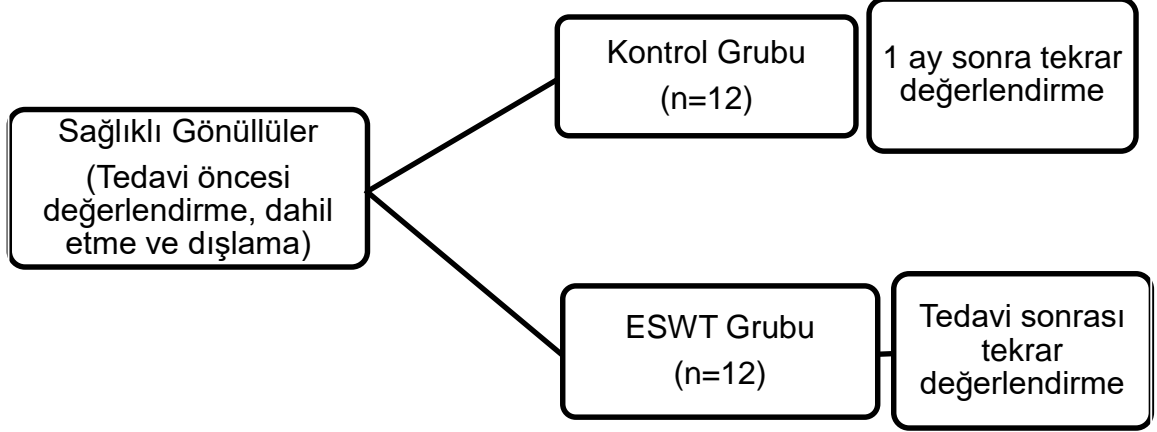
e) Nöromüskuler hastalık öyküsü

f) Test süresince aktif inflamasyon varlığı

g) Aynı bölgeye rehabilitasyon uygulanmış olması

h) Kanama bozukluğu olması ve antikoagülan ilaç kullanımı

Gönüllü olarak çalışmamıza dahil olan kişilere öncelikle çalışmada uygulanacak işlemler, olası yan etkiler ve ölçümler hakkında bilgi verilmiş ve katılmak isteyen gönüllü kişilere Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 23 Aralık 2020 tarih ve 2020-20/23 no'lu karar ile onay almış 'Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu' imzalatılmıştır. Çalışmaya katılan 24 gönüllünün 12'si ESWT grubuna, diğer 12'si kontrol grubuna kadın erkek sayısı eşit olacak şekilde rastgele olarak dağıtılmıştır. 24 gönüllüye ilk olarak ön testler uygulanmış daha sonra, mühürlü kapalı zarf seçtirilerek gruplara rastgele olacak şekilde dağıtılmışlardır (Şekil 1).



Şekil 1: Randomizasyon

1.1. Çalışma Planı ve Testlere Hazırlık

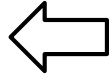
Değerlendirme ve testler Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı Egzersiz Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Tüm testler sirkadien ritmin sonuçları etkilemesini engellemek amacıyla öğleden sonra 14:30 - 17:30 saat aralığında yapılmıştır. Ayrıca kadın gönüllülerin test ölçümleri, hormonal değişikliklerden etkilenmemesi amacıyla menstrüel siklusun aynı döneminde yapılmıştır. Gönüllülerden ölçüm yapılan güne kadar birkaç gün öncesinden ilaç ve alkol almamaları, yoğun egzersiz yapmamaları istenmiştir. Bütün gönüllülerin çalışma öncesinde boy ve kiloları not edilip vücut kitle indeksleri hesaplanmıştır. Ayak bileklerinde bağ instabilitesi olmadığı fiziksel muayeneyle tespit edilmiştir. Ölçümlerin birbirinden etkilenmemesi için gönüllüler 2 farklı günde ölçüme davet edilmiştir. İlk gün ayak bileği eklemi fiziksel muayene ile değerlendirilmiştir, sonrasında EMG aracılığıyla dorsifleksor ve evertor kasların kas reaksiyon zamanı ölçümü yapılmıştır. İkinci gün izokinetik dinamometre kullanılarak izometrik kuvvet testi ölçümü (invertör

ve evertör kaslara yönelik) yapılmıştır. Proprioepsiyon ölçümlerinin olumsuz etkilenmemesi için kuvvet testleri EMG tamamlandıktan sonra yapılmıştır. Ölçümler instabilitesi olmayan ayak bileğine yönelik yapılmıştır. Başlangıç ölçümlerinin tamamlanmasından sonra ESWT grubuna 4-5 günde bir tekrarlanacak şekilde ESWT uygulanmıştır, toplam seans sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Tedavide radial tipte şok dalga cihazı kullanılmıştır (Chattanooga Intellect® RPW). ESWT peroneal kas grubuna yapılmıştır. Başlangıç tedavi protokolü daha önce kaslara yönelik yapılmış olan ESWT çalışmaları da dikkate alınarak 2000 atım, 2-2.4 bar, 0.25 mj/mm², 12 hertz olarak uygulanmıştır (50-52). Takip eden seanslarda gönüllülerin tolere edebildiği düzeyde basınç ve atım sayısı 0,2 bar ve 500 atım artırılarak devam edilmiştir. Kontrol grubundaki gönüllülerden bu süre zarfında günlük aktivitelerine devam etmeleri istenmiştir. Seanslar tamamlandıktan bir hafta sonra çalışmaya katılan tüm gönüllülere başlangıçta yapılan testler tekrar uygulanmıştır (Şekil-2). Testlerin tekrar edilme süresi her iki grup içinde ortalama bir aydır.

ÇALIŞMA BAŞLANGICINDA
FİZİK MUAYENE, DAHİL ETME KRİTERLERİ DEĞERLENDİRMESİ, DIŞLAMA KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ, FİZİKSEL ÖLÇÜMLER, BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU



1.GÜN: KAS REAKSİYON ZAMANI DEĞERLENDİRİLMESİ(EMG),



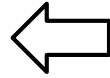
2.GÜN: İZOMETRİK KUVVET TESTİ

ESWT BAŞLANGICI

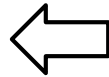
ESWT Grubu: Toplam 4 kez uygulama (4-5 günde bir olacak şekilde)

Kontrol Grubu: 30 gün boyunca herhangi bir tedavi uygulanmadı

ESWT BİTİŞİ



30.GÜN: KAS REAKSİYON ZAMANI ÖLÇÜMÜ (EMG)



31.GÜN: İZOMETRİK KUVVET TESTİ

Şekil-2: Çalışma planı

2.1. Elektromiyografik (EMG) Testler

2.1.1. EMG Ölçümleri ve Hazırlığı

Elektromiyografik aktivitenin kaydı için taşınabilir 8 kanallı yüzeyel kas EMG cihazı (Mega Electronics, ME6000, Finland, Kuopio) kullanılarak ayak bileği evertör (peroneus longus) ve dorsal fleksör (tibialis anterior) kaslarının reaksiyon zamanı ölçümleri yapılmıştır. Peroneus longus ve tibialis anterior kaslarından yüzeysel ölçümle elde edilen EMG kayıtlarını değerlendirmek için bipolar gümüş/gümüşklorid kaplı yüzey elektrotları (Kendall Covidien elektrotlar-H92SG tipi (57x34mm)- Germany) kullanılmıştır. Elektrotlar uygulama bölgesine yerleştirilmeden önce deri tıraşlanarak uygulama bölgesinde bulunan kıllar temizlenmiştir. Sonrasında deri empadansını en aza indirmek ve elektrot arası empadansın 2000 Ω geçmemesi için uygulama bölgesi zımpara ile inceltirilmiş ve isopropil alkolle temizliği sağlanmıştır. Ölçüm yapılacak yerlerin tespiti sırasında elektrotlar peroneus longus ile tibialis anterior kaslarının en net görüldüğü yere, kas uzanımına mümkün olduğunca paralel olacak bir hat üzerine kasların gövdesi üzerine denk gelen deriye yapıştırılmıştır. Tüm elektrot çiftlerinin arasında 20 mm mesafenin olmasına özen gösterilmiştir. Elektrotlar, peroneus longus için fibula'nın süperiomedial 1/3'lük kesimlerinin birleşim yeri etrafına dış kompartman üzerine ve beraberinde tibialis anterior için tibia'nın süperiomedial 1/3'lük kesiminin birleşim noktasına ve subkütanöz sınırının yaklaşık 1 cm dışına, yerleştirilmiştir (Şekil-3). Daha sonra doğru bölgede olduğunun teyidi manuel testler ve beraberinde istemli kontraksiyonlarla yapılmıştır. Elektrotlar instabilite bulunmayan bacağa yapıştırıldıktan sonra ölçümler sonlandırılana kadar çıkarılmamıştır. Testler katılımcıların ayakkabıları ile yapılmıştır.

2.1.2. İnversiyon Simulasyon Platformu

Platform peroneus longus ve tibialis anterior kaslarına yönelik reaksiyon zamanları yüzeyel EMG ile değerlendirilmesi için inversiyon tipi burkulmanın anatomik mekanizmasının simülasyonu amacıyla özel olarak tasarlanmıştır. İnversiyon simülasyon platformunda aniden gerçekleştirilen ayak bileği inversiyonu anında ölçülen peroneal reaksiyon zamanının güvenilirliği üzerine Eechaute ve ark. (57) hem sağlıklı hem fonksiyonel ayak

bileği instabilitesine sahip kişilerde ölçümlerin güvenilir olduğunu tespit etmişlerdir. Kullanılan platformda frontal düzlemde olacak şekilde 15° ile 30° ayak bileği inversiyonuna imkan veren menteşeli sistem vardır. Gönüllüden platform üzerinde konumlanırken düzeneğe sırtı dönük, ayakta ve her iki ayak arasında yaklaşık 10 cm mesafe olacak şekilde **durdurması istenmiştir**, ayakların platform üzerinde ayak yerleşimi için belirlenen yerlere tam basacak şekilde yerleşimleri sağlanmıştır (Şekil-4). Bu esnada rotasyon aksı her iki ayak bileği için bileğin medialinde kalacak şekilde yer değiştirmiştir. Katılımcılar ayakta ve ayak bilekleri nötral veya 20° plantar fleksiyon açısında olacak şekilde platform üzerinde konumlandırılmışlardır. Teste başlanmadan hemen önce 8 kanallı EMG cihazı yardımı ile kayda başlanmıştır.

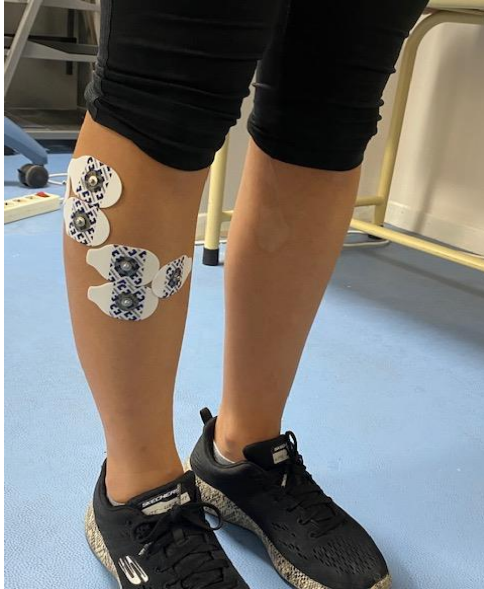
Platformda yerleşik bulunan ve her iki ayağa düşen ağırlığı ayrı ayrı gösteren ekran takip edilerek katılımcının her iki ayak için aynı oranda yük vermesi sağlanmıştır. İstirahat EMG aktivitesi görülmeye başlandığı andan itibaren haber verilmeden manuel kontrollü düzeneğe ani olarak burkulma platformunun ayaklardan birinin oturduğu parçası ayak bileğinde 15° veya 30°'lik hızlı bir inversiyon yapacak biçimde serbest bırakılmıştır (Şekil-5). Platformda mevcut sistem aynı zamanda EMG cihazına serbest bırakma hareketinin başladığını bildiren sinyal göndermektedir. Bu ölçümler katılımcıların adaptasyon sağlamasını önleme amacıyla hem ölçüm yapılan tarafta hemde diğer tarafta rastgele olarak 3 kez tekrar edilmiştir. Nötral açılardaki testler sona erdikten sonra, platform 20° plantar fleksiyon açısına getirilmiş ve testler tekrar edilmiştir (Şekil-6). Ölçümler esnasında katılımcılardan gözleri açık olacak şekilde düşme anında kollarını iki yanda serbest halde bırakmaları ve platformun iki yanında bulunan güvenlik amacıyla yerleştirilmiş desteklerden tutunmamaları istenmiştir.

2.1.3. Kas Reaksiyon Zamanı ve EMG Ölçümleri

Sinyaller elektrotlara yakın mesafede yerleşik, düşük geçiş filtrelili (3dB points 8-500 Hz), analog-dijital dönüşümlü 12-bit analog ayırıcı amplifikatörler ile yükseltilmiş ve mikrobilgisayarda (Mega Electronics, ME6000 sistem) depolanmıştır. Bu arabirim sayesinde analog EMG sinyali 1000 Hz frekansında örneklemiştir. Kayıt esnasında, EMG verileri optik bir kablo

aracılığıyla kişisel bilgisayara aktarılmış ve işlenmemiş EMG amplitud değerleri (μV) ME6000 yazılım (Mega Electronics, MegaWin v3.1) kullanılarak otomatik olarak hesaplanmıştır. Depolanmış işlenmemiş EMG verisi yazılım tarafından amplitud değerleri (μV) mutlak ortalama karekök (RMS) şeklinde ifade edilmiştir.

Yüzeysel EMG kullanılarak kas reaksiyon zamanı değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayak bileği inversiyonu başladığı süreden itibaren ilk EMG yanıtının ortaya çıktığı süreye kadar olan zaman kas reaksiyon zamanı olarak tanımlanmıştır. Kas reaksiyon zamanı hesaplanırken; nötral pozisyonda bulunan kasın dinlenme EMG sinyal seviyesinin iki katı ve üzerine çıkan kas aktivitesinin ortaya çıktığı an değerlendirilmiştir ve bu değerden, simülasyon platformunda inversiyonun başladığı zamanı gösteren marker aracılığıyla belirlenmiş süre çıkarılmıştır (Şekil-7). Aradaki bu süre tibialis anterior kası için ayrı peroneus longus kası için ayrı olacak şekilde EMG cihazı yazılımı ve kişisel bilgisayar yardımı ile hesaplanmıştır. Tekrarlanan üç ölçümün ortalaması alınmıştır.



Şekil-3: Kas yüzeylerinde elektrot konumu



Şekil-4: Katılımcının ani inversiyon platformunda konumu (nötral pozisyon)



5.a



5.b

Şekil-5: Katılımcının ayak bileği nötral pozisyonundan (5.a) 15° inversiyona ve (5.b) 30° inversiyona gelmiş pozisyonları

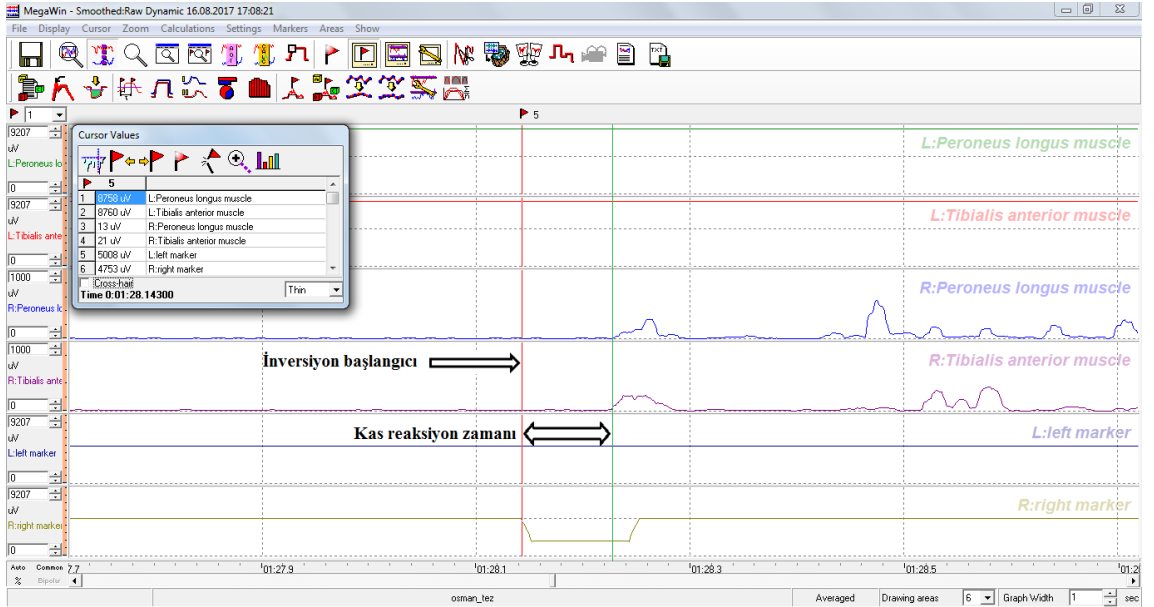


6.a



6.b

Şekil-6: Katılımcının 20° plantar fleksiyonda (6.a) 15° inversiyona (6.b) ve 30° inversiyona gelmiş pozisyonları

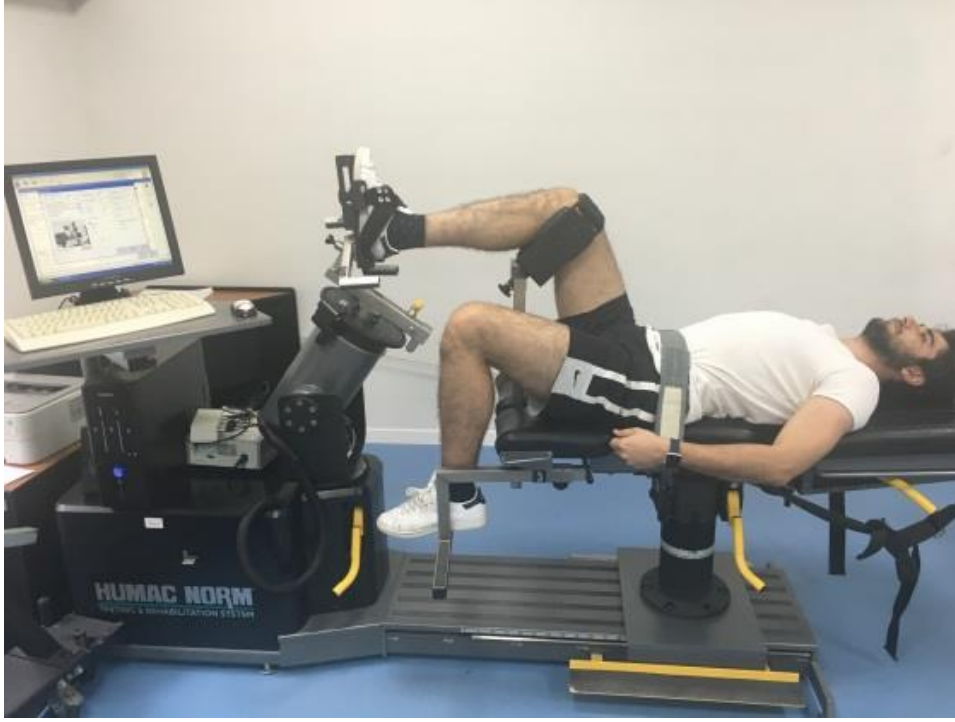


Şekil-7: Peroneus longus ve tibialis anterior için kas reaksiyon zamanını gösteren EMG program görüntüsü

2.2. İzometrik Kuvvet Testi

Katılımcılar kuvvet testi uygulamasından önce 10 dakika bisiklet ergometresinde ısınmaları sağlanmış olup sonrasında test yapılacak eklem olan ayak bileğine yönelik 3 kez 20 saniye süren germe egzersizleri yapmaları sağlanmıştır. İzometrik kuvvet testi izokinetik dinamometre (CSMI Humac Norm, ABD) aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

Her ölçüm öncesinde cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçümler sırasında katılımcılar cihaza sırt üstü uzanmış pozisyonda konumlandırılmıştır. İnvertör-evertör kas gruplarının kuvvet ölçümü için gerekli rotasyon aksı subtalar ekleme hizalanmış biçimde ayarlama yapılmıştır. Katılımcıların ayak bileği daha önceki çalışmalar baz alınarak 0° ve 15° inversiyon pozisyonuna getirilip hem invertör hem de evertör kas gruplarının izometrik kuvvetleri ölçülmüştür (45, 79). Testler esnasında sözel olarak motivasyon sağlanmıştır. Her bir hareket 5 saniye boyunca maksimal izometrik kontraksiyon oluşturacak şekilde 3 tekrarlı olarak yaptırılmıştır. Katılımcıların teste uyumunu sağlamak için testler öncesinde 3 tekrardan oluşan denemeler yaptırılmıştır. Kuvvet ölçümleri yapılırken hareketler arasındaki dinlenme zamanı, 3 dakika, tekrarlar arasında ise 5 saniye olacak şekilde ayarlanmıştır. İzokinetik dinamometre yazılımı yardımıyla kas kuvvet değerleri elde edilmiştir.



Şekil-8: İzometrik kuvvet testi evertörlere ve invertör yönelik kuvvet ölçümü

3. ESWT Programı

Peroneus longus kasına 4-5 gün ara ile 4 seans boyunca gerçekleştirilen ESWT uygulamasının ilk ve ikinci seansı 2000 atım, 2-2.4 bar, 0.25 mj/mm², 12 Hertz olarak uygulanmıştır. Sonraki 3. ve 4. seanslar 2500 atım, 2.2-2.4 bar, 0.25 mj/mm², 12 Hertz olarak yapılmıştır. Tedavide radial tipte şok dalga cihazı (Chattanooga Intellect® RPW) ve ESWT için 20 mm başlık kullanılmıştır. ESWT peroneus longus kası boyunca tendon kas bileşkesinde içine alacak şekilde ESWT başlığına dairesel hareketler yapılarak uygulanmıştır (Şekil-9). İlk seanstan sonra ağrı oluşmadığı durumda doz artışı belirtildiği şekil ile yapılmıştır. Sadece 2 katılımcıda tolere edemedikleri için dozda artış yapılmamıştır. Bu işlem sırasında hastalar uygulama yapılacak bacağın peroneus longus kası üstte kalacak şekilde yan yatırılmış ve ayak bileği uygun pozisyonda bulunması için bir adet sert yastık destek ayak bileği bölgesine denk gelecek şekilde koyularak nötral pozisyon sağlanmıştır (Şekil-9). İşlemlerin tamamı katılımcıların hepsine aynı kişi tarafından yapılmıştır.



Şekil-9: ESWT uygulama pozisyonu

4. İstatistiksel Analiz:

Çalışmanın istatistiksel analizi IBM SPSS23.0 (IBM SPSS Statistics for Windows, IBM Corp. Released 2015, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik paket programında gerçekleştirilmiştir. Güç analizi için G*Power ver. 3.1.9.6 programı kullanılarak örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile analiz edilmiş ve tüm parametrelerin normal dağılım gösterdiği saptanmıştır. Tekrarlı ölçümlerin analizinde gruplar arasında karşılaştırma için ilk ölçüme göre yüzde değişim değeri ($\text{yüzde değişim} = \frac{\text{son ölçüm} - \text{ilk ölçüm}}{\text{ilk ölçüm}}$) hesaplanmıştır. İki grup arasındaki verilerin karşılaştırılmasında T-testi, grup içi öncesi ve sonrası bağımlı örneklemelerin karşılaştırılmasında ise eşleştirilmiş t-testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $\alpha=0.05$ olarak belirlenmiştir.

BULGULAR

Katılımcıların Fiziksel Özellikleri

Tablo-1’de katılımcıların fiziksel özellikleri gösterilmiştir. Çalışma öncesi fiziksel özellikleri her iki grup arasında kıyaslandığında kilo, boy ve yaş parametrelerinde herhangi bir istatistiksel anlamlı fark görülmemiştir. (Tablo-1; $p>0.05$)

Tablo-1: Katılımcıların fiziksel özellikleri (Ortalama değer ve ortalama standart hata)

	TEDAVİ (n=12)	KONTROL (n=12)
YAŞ	26.5 (1.0)	25.5 (1.2)
KİLO (kg)	65.5 (2.6)	68 (3.8)
BOY (cm)	172.5 (2)	171.3 (2.7)
BMI (kg/m²)	21.7 (0.3)	23 (0.8)
CİNSİYET (K/E)	6/6	6/6

TEDAVİ: ESWT uygulanan katılımcılar, n: Hasta sayısı

Kas Reaksiyon Zamanları

Yüzeysel EMG sonuçları değerlendirildiğinde uygulama öncesi ayak bileği nötral pozisyonundayken 30° inversiyondaki peroneus longus kası reaksiyon zamanı ESWT grubunda kontrol grubuna daha fazla olmuştur ($p<0.05$, Tablo-2). Bunun dışında diğer 3 farklı burkulma pozisyonunda peroneus longus kasının reaksiyon zamanları uygulama öncesi iki grup arasında bir farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Uygulama sonrası yapılan EMG ölçümlerde de iki grup arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

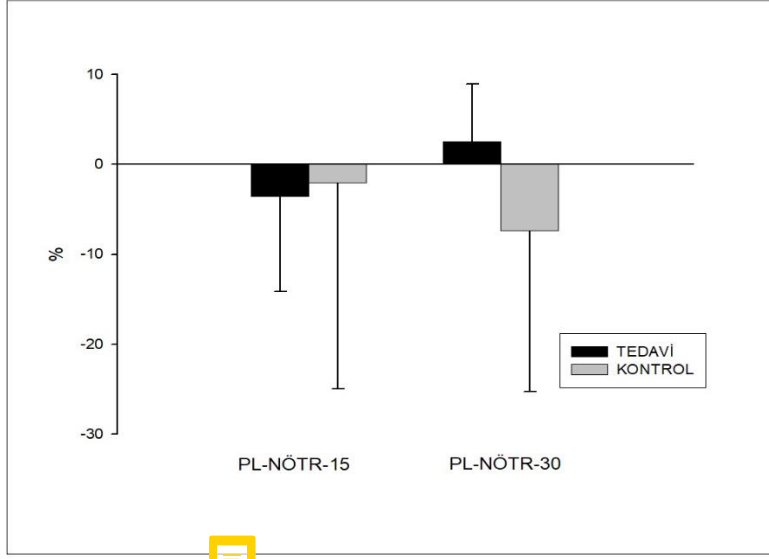
Her iki grubun kendi içinde uygulama sonrası değerleri uygulama öncesi değerlere göre kıyaslandığında, ESWT grubunda peroneus longus kasının reaksiyon süresinde anlamlı değişiklik olmamıştır

Tablo-2: Peroneus longus kasının ESWT öncesi ve sonrası EMG verileri (ortalama değer \pm ortalama standart hata)

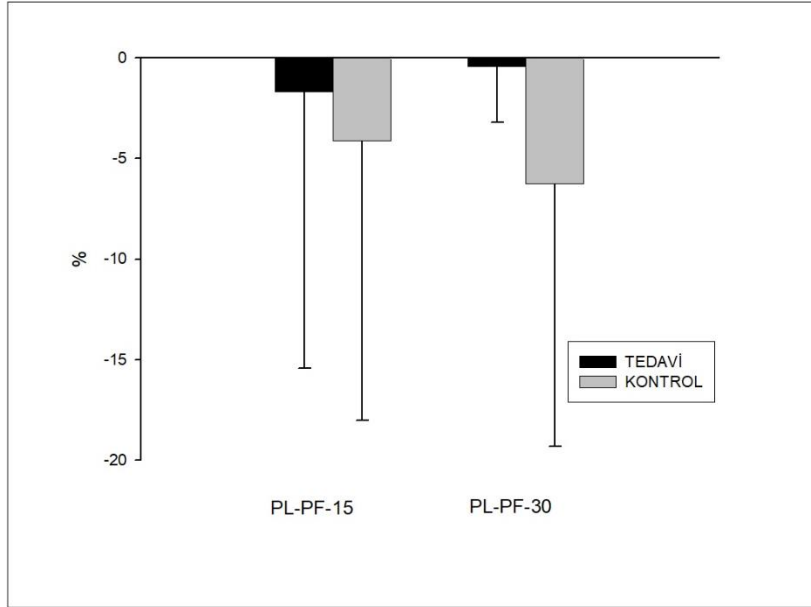
	TEDAVİ		KONTROL	
	Ö	S	Ö	S
PL-NÖTR-15°(ms)	89 (3.4)	85 (2.9)	84.1 (2.2)	80.9 (2.1)
PL-NÖTR-30°(ms)	89.5 (2.7)*	81.7 (2.9)	80.1 (2.1)	82.1 (2.6)
PL-PF-15°(ms)	89.6 (1.7)	84.6 (3.1)	85 (2.9)	82 (2.6) *
PL-PF-30°(ms)	88.6 (1.7)	82.7 (2.8)	84 (2.1)	83.5 (2)

TEDAVİ: ESWT uygulanan gönüllüler, PL: Peroneus longus, NÖTR: Nötral pozisyon, P: Plantar fleksiyon pozisyonu, Ö: ESWT öncesi, S: ESWT sonrası *p<0.05, gruplar arası ESWT tedavisi öncesi verilerinin istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. *p<0.05 grup içi öncesi ve sonrası istatistiksel anlamlılık düzeyi.

Peroneus longus kasına ait hesaplanan reaksiyon zamanlarındaki yüzdesel değişim değerlerinde 4 farklı burkulma pozisyonunda iki grup arasında; istatistiksel olarak anlamlı değişiklik saptanmıştır (Şekil 10 ve 11).



Şekil-10: Nötralde pozisyonunda ESWT tedavisi öncesi ve sonrası ölçümlerde peroneus longus kas reaksiyon zamanı yüzdesel değişim değerleri. NÖTR= Nötral pozisyon, PL= Peroneus longus



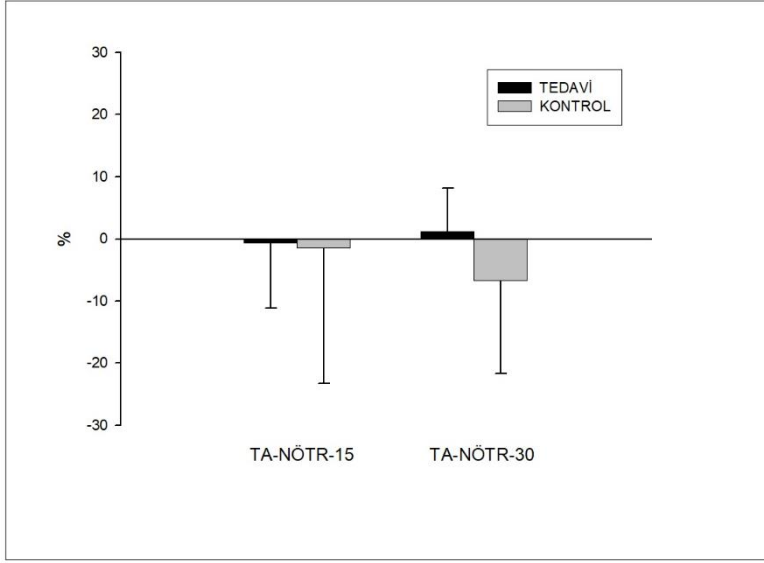
Şekil-11: Plantar fleksiyon pozisyonunda ESWT tedavisi öncesi ve sonrası ölçümlerde peroneus longus kas reaksiyon zamanı yüzdesel değişim değerleri. PF=Plantar fleksiyon pozisyonu, PL= Peroneus longus

Tibialis anterior kas reaksiyon zamanlarında hem uygulama öncesi hem de uygulama sonrası iki grup arasında istatistiksel anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$, Tablo-3). Her iki grupta kendi içinde uygulama öncesine göre uygulama sonrası değerlerde de 4 farklı burkulma pozisyonu için grup içi anlamlı bir değişim olmamıştır ($p>0.05$). Uygulama sonrası meydana gelen yüzdesel değişimlerinde de uygulamaya bağlı gruplar arasında istatistiksel anlamlı bir etki oluşmamıştır ($p>0.05$, Şekil 12 ve 13).

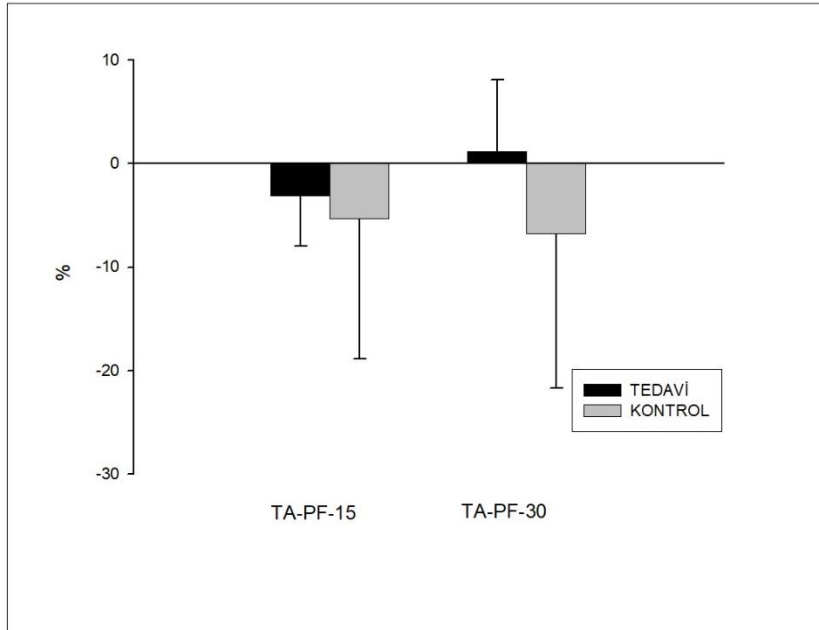
Tablo-3: Tibialis anterior kasının ESWT öncesi ve sonrası EMG verileri (ortalama değer \pm ortalama standart hata)

	TEDAVİ		KONTROL	
	Ö	S	Ö	S
TA-NÖTR- 15°(ms)	90.5 (3.2)	87.2 (2.6)	87.8 (2.4)	86.8 (2.6)
TA-NÖTR- 30°(ms)	91.3 (2.6)	84.1 (2.3)	85.3 (2.5)	86.3 (3.1)
TA-PF- 15°(ms)	92.5 (2.2)	87 (2.9)	89.3 (2.6)	86.6 (3.1)
TA-PF- 30°(ms)	91.7 (2.3)	85 (2.7)	86.2 (1.9)	84.2 (1.8)

TEDAVİ: ESWT uygulanan gönüllüler, PL: Peroneus longus, NÖTR: Nötral pozisyon, P: Plantar fleksiyon pozisyonu, Ö: ESWT öncesi, S: ESWT sonrası



Şekil-12: Nötralde ESWT öncesi ve sonrası tibialis anterior kas reaksiyon zamanı verilerinin yüzdesel değişim değerleri. (TA= Tibialis anterior, NÖTR=Nötral pozisyon)



Şekil-13: Plantar fleksiyon pozisyonunda ESWT öncesi ve sonrası tibialis anterior kas reaksiyon zamanı verilerinin yüzdesel değişim değerleri (PF= plantar fleksiyon TA= Tibialis anterior)

Kuvvet

Ayak bileği invertör ve evertör kas gruplarının izometrik kuvvet değerleri iki grup kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı değişiklik göstermemiştir ($p>0.05$). Nötral pozisyonda eversiyon izometrik kuvvet ölçümlerinde tedavi grubu, kontrol grubuna kıyaslandığında başlangıç değerleri arasında fark bulunmuştur ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$) (Tablo 5).

Tablo-5: ESWT öncesi ve sonrası izometrik kuvvet değerleri (ortalama değer \pm ortalama standart hata)

		TEDAVİ		KONTROL	
		Ö	S	Ö	S
İNV (Nm)	0°	30.6 (3.3)	31.6 (3.8)	23.3 (3.4)	21.2 (1.9)
	15°	24.5 (3.1)	27.5 (3.7)	19.5 (3)	20 (2.3)
EV (Nm)	0°	30.8 (2.3)	32.5 (3.2)	24.2* (3)	23.2 (2.3)
	15°	24.8 (1.8)	27.5 (2.7)	31 (3.7)	27(3.5)

EV: Ayak bileği evertör kasları, İNV: Ayak bileği invertör kasları, Ö: ESWT öncesi, S: ESWT sonrası, 0°: 0° inversiyon/plantar fleksiyon, 15°: 15° inversiyon/plantar fleksiyon * $p<0.05$, gruplar arası ESWT tedavisi öncesi verilerinin istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir

SONUÇ

Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olmayan kişilerde ayak bileği evertör kaslarına yönelik uygulanan ekstra korporeal şok dalgası tedavisinin kas kuvvetine etkisi ve kas reaksiyon zamanı değişimi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmamızın sonucunda; 1) Tedavi grubunda peroneus longus kasına ait reaksiyon zamanları ESWT sonrası değerleri öncesiyle kıyaslandığında bütün ölçüm yapılan pozisyonlarda uzamış olsa da anlamlı bir değişim elde edilmemiştir ($p>0.05$). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında; tedavi grubunda nötralde ölçülen 15° ve 30° 'lik açılar ve plantar fleksiyon pozisyonunda ölçülen 15° ve 30° 'lik inversiyon açılarında peroneus longus kasına ait reaksiyon zamanlarındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır ($p>0.05$). Kontrol grubunda ise plantar fleksiyonda gerçekleştirilen 15° 'lik inversiyon açısında peroneus longus kasının reaksiyon zamanının başlangıç değerlerine oranla istatistiksel olarak anlamlı şekilde kısaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). 2) Tibialis anterior kasına ait reaksiyon zamanları değerlendirildiğinde; ESWT sonrası öncesine göre nötral konumda 15° ve 30° 'lik açılar ile plantar fleksiyon konumunda 15° ve 30° 'lik inversiyon açılarında elde edilen kas reaksiyon zamanlarındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır ($p>0.05$). 3) İki grup birbiriyle karşılaştırıldığında öncesi ve sonrası değerlendirilmelerde izometrik pik tork testi ölçüm değerlerinde de anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

TARTIŞMA

Kas Reaksiyon Zamanı

Sensorimotor değerlendirme yöntemlerinden bir tanesi de kas reaksiyon zamanı değerlendirilmesidir. Benesch ve ark. (58) yaptıkları çalışmada bir inversiyon platformu kullanarak değerlendirdikleri peroneal kas reaksiyon zamanı ölçümünün ayak bileği fonksiyonel instabilite tanısı için güvenilir bir test olduğunu belirtmişlerdir.

Literatür kontrol edildiğinde bu zamana kadar tasarlanan çalışmalarda ESWT'nin evertör ve/veya dorsifleksör kaslarda reaksiyon zamanına etkilerinin konu edildiği ve araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ekstrakorporeal şok dalga tedavisi kas-iskelet sisteminde birçok alanda kullanılan faydalı ve yan etki riski düşük bir tedavi yöntemidir (59). Amatör sporcularda yapılan bir çalışmada alt ekstremitte kaslarında bulunan ikinci ve üçüncü derece kas yaralanması tedavisindeki etkinliği araştırılmış ve anlamlı bir iyileşme sağladığı ortaya konmuştur (59). Ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin üzerine yapılan bir başka çalışmada ise ESWT 'nin toparlanma ve kas yorgunluğu üzerine de etkili olduğu ve toparlanmaya yardımcı olduğu ortaya konmuştur (60). Çalışmamızın tasarımında bulunan kas reaksiyon zamanı ve kas kuvveti ölçümü, kas üzerine kullanımı bu derece yaygın olan bir tedavi yönteminin reaksiyon süresi ve kuvveti üzerine herhangi bir olumsuz etki göstermediğini ortaya koymuştur. Daha önce laboratuvarımızda yapılan bir çalışmada İlhan ve ark. (61) sağlıklı gönüllüler üzerinde elektriksel stimülasyon uygulayarak ayak bileği plantar fleksiyonunda ani inversiyon esnasında peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanlarında anlamlı kısalma tespit etmişlerdir. Bu etkinin diğer tedavi modalitelerinde olduğu gibi kas içiği duyarlılığı ve golgi tendon organı modifikasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmüştür (61). Mirea ve ark. (54) yaptığı çalışmada alt ve üst ekstremitesinde spastitesi olan çocuklarda ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin uygulamasının spastisiteyi azalttığını göstermiş olup, bunu yine kas içiği ve golgi tendon organı üzerindeki

modifikasyonla yaptığını düşünmüşlerdir. Bizim çalışmamızın tasarımı bu mekanizma üzerinden ESWT'nin kas reaksiyon zamanı üzerine olan etkisini değerlendirmek üzerine kurulmuş olup istatikselsel olarak anlamlı bir sonuç elde edilememiştir.

Literatürde farklı tedavi modalitelerinin ayak bileği kas reaksiyon zamanlarına olan etkisini inceleyen çok sayıda çalışma vardır (44, 62, 60, 63). Ayak bileğine yapılan bandaj uygulamasının peroneal kas reaksiyon zamanına olan etkisine bakılan çalışmalarda bandajdan sonra reaksiyon zamanlarında istatikselsel olarak anlamlı kısalma görülmüştür (28, 63). Bu çalışmanın bandajın mekanik etkisinden çok ayak bileği propriosepsiyonuna olan olumlu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (63). Bazı çalışmalarda denge egzersizlerinin kas reaksiyon zamanına olan etkileri değerlendirilmiş, uzun süreli denge tahtasında yapılan egzersizlerin reaksiyon zamanına katkı sağladığı gösterilmiştir (64-66). Denge egzersizlerinin bu etkisinin mekanizma olarak tendonlar, bağlar gibi yumuşak dokular ve kistaki adaptasyonla birlikte spinal, paraspinal refleksler üzerinden sağlayabilceği düşünülmüştür (62). Kuvvet egzersizlerinin kas reaksiyon zamanına olan etkisinin incelendiği çalışmalarda 4 ile 6 hafta arası yapılan kuvvet antrenmanlarının istatikselsel olarak anlamlı ölçüde kas reaksiyon zamanını kısalttığı gözlemlenmiştir (43, 68). Kuvvete dayalı egzersizlerin kısa dönemde motor ünite katılımında, beraberinde nöranal ileti hızında artışla ve agonist kasların selektif aktivasyonu ile antagonist kas gruplarının koaktivasyonu gibi nöronal adaptasyon sağlayan mekanizmalar aracılığıyla, uzun dönemde ise kas içiğinin reseptör yapısının duyarlılığında artış sağlayarak kas reaksiyon zamanını kısalttığı düşünülmüştür (68). Ayak bileği instabilitesi olanlarda bağ onarımı cerrahisi sonrası yapılan çalışmalarda cerrahinin kas reaksiyon zamanı üzerine olumlu bir etki sağlamadığı gösterilmiştir (6, 69).

Sierra-Guzman ve ark. (71) 50 kişilik FAİ'si olan fiziksel olarak aktif gönüllü grubunda vibrasyon uygulaması ve beraberinde bosu denge egzersizi, kontrol grubu ve tek başına bosu denge egzersiz grubu olmak üzere üç gruba rastgele olarak dağıtılmışlardır. Gönüllülere haftada 3 gün olmak üzere, 6 hafta boyunca egzersiz uygulamaları yaptırılmış ve sonuçları değerlendirilmiş;

vibrasyon uygulaması ve bosu ile denge egzersizi yapılan grupta tibial ve preoneal kas reaksiyon zamanlarında anlamlı kısaltmalar görülmüştür (70). Bu olumlu etkinin vibrasyon uygulamasının özellikle gama motor nöron uyarılabilirliğini artırarak kas içiği duyarlılığında artış sağlamasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Çalışmamızdaki ESWT uygulamasının kas reaksiyon zamanında değişiklik sağlayacağı yönünde kurduğumuz hipotezimiz, tıpkı vibrasyon uygulamalarında olduğu gibi kuvvet ve denge egzersizlerinin etkilediği düşünülen kas içiğindeki duyarlılık artışına ve nöronal uyuma dayandırılmıştır. Çalışmamızda uzun dönem sonuçlar değerlendirilmemiş olup çalışmanın kısıtlılıklarından biri olarak değerlendirmekteyiz, çalışmanın uzun dönem sonuçları değerlendirilmesinde reaksiyon süresine etkisi daha net değerlendirilebilirdi.

Ayak bileği burkulma olgusunda dinamik korunmaya ait oluşan reaksiyon zincirinin, peroneal kaslarda ani inversiyon oluşmasından en az 126 ms sonrasında gelişmekte olduğu, bunun 54 ms'sinin ilk olarak ortaya çıkan EMG aktivitesinin reaksiyon zamanı ve 72 ms'si ise kuvvet ortaya çıkarmak için gerekli elektromekanik gecikme olduğu bilinmektedir (76). Bizim çalışmamızda ESWT grubunun başlangıçta ölçümü yapılan ortalama peroneal kas reaksiyon zamanı yaklaşık olarak 81 ms iken ESWT sonrası ölçümü yapılan ortalama peroneal kas reaksiyon zamanı 83 ms'dir. Bu değerler ışığında ayak bileği burkulma yaralanmalarından korunma açısından kısa dönemde ESWT 'nin olumlu veya olumsuz olarak değerlendirilecek bir etki ortaya çıkarmadığı söylenebilir.

Literatür incelendiğinde FAİ'si olan kişiler ile sağlıklı gönüllülerin karşılaştırıldığı çalışmalarda instabilitesi olan kişilerde peroneal kasların reaksiyon zamanlarında istatistiksel olarak anlamlı olan uzama olduğu tespit edilmiştir (27, 71, 72). Bu çalışmamızda ESWT tedavisi öncesi yapılan testlerde gönüllülerin nötral pozisyonda 30° inversiyon ölçümünde peroneus longus kası için ölçülen reaksiyon zamanının ortalama değeri 80.1 ms olarak tespit edilmiştir. Yine bu çalışma için seçilen gönüllülerde tibialis anterior ve peroneus longus kaslarının ölçülen reaksiyon zamanları geçmişte sağlıklı sporculara yapılmış olan çalışmalara kıyasla daha uzun olduğu bulunmuştur

(9, 27, 73-75). Sağlıklı profesyonel sporcularda gerçekleştirilen birçok çalışmada peroneal kas reaksiyon zamanı ölçüm sonuçları 50 ile 66 ms arasında çıktığı görülmektedir (27, 73-75). Bizim çalışmamızda bu sürenin daha uzun olması sebeplerinden biri çalışmanın pandemi döneminde yapılması ve gönüllülerin yeterince sportif aktiviteye katılamaması olabilir. Bununla birlikte diğer çalışmalarda kullanılan ani inversiyon simülasyon platformlarının bizim kullandığımız cihaza kıyasla elektromekanik iletim hızı da farklı olabilir (73-75). Bizim kullandığımız benzer platformu kullanan birçok çalışmada sağlıklı gönüllüler üzerinde benzer ortalamalar elde edilmiştir. (61, 79)

Kuvvet

Dinamik eklem stabilitesinin sağlanmasında önde gelen faktörlerden biride antagonist kas gruplarının koaktivasyonudur. Fonksiyonel ayak bileği instabilitesinde peroneal kasların, invertör mekanizmaya karşı gelmesi için yeterince kuvvetli olması gerektiği düşünülür (17, 30, 40). Evertör kas gruplarında kuvvet kaybı, bu kas grubunun inversiyon burkulmasını engellemeyi sağlayan inversiyona direnç ve ayak bileğini tekrar nötral pozisyona getirme etkisini azaltır (42). Bu konuda yapılan çalışmaların bir kısmında fonksiyonel ayak bileği instabilitesi bulunan hastalarda, sağlıklı kişilere kıyasla evertör kaslarda eksentrik kuvvet azlığının olduğu ortaya konmuştur (31, 34, 80).

Willems ve ark. (31) gerçekleştirdikleri çalışmada fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip kişilerde 30°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda evertör ve invertör kasların eksentrik ve konsentrik kuvvetlerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Hartsell ve Spaulding (34) de sağlam ayak bilekleri ile kıyaslandığında FAİ'si olanları evertör kas grubunun 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn ve 240°/sn açısal hızlarında eksentrik kuvvetinde anlamlı azalma olduğunu göstermişlerdir. Yıldız ve ark. (80) FAİ'si olanlarla sağlam ayak bileklerini kıyasladıkları çalışmalarında, fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip olan kişilerde evertör kasların belli açısal hızlarda eksentrik kuvvetinde azalma olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Abdel-Aziem ve ark. (36) fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip olanlarda belli açısal hızlarda

eversiyon/inversiyon eksentrik kuvvetleri oranlarında anlamlı düşüklük ve bunun yanında evertör kas grubunun eksentrik kuvvetlerinde azalma olduğunu göstermişlerdir. Hancı ve ark.'nın (81) çalışmasında ise tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip olan bireylerde hasarlı ayak bileği ile sağlam taraf ayak bileğini kıyaslandığında dorsifleksör ve evertör kaslarda ölçülen eksentrik kuvvetlerinde bir fark olmadığını tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna benzer sonuçları olan çalışmalarda da sadece bir ayak bileğinde fonksiyonel instabilitesi olan kişilerde hasarlı ayak bileği aynı kişinin sağlam ayak bileği ile karşılaştırıldığında hem eksentrik hem de konsentrik kas kuvvetlerinde bir fark gösterilememiştir (33, 42, 82, 83, 85).

İlginç olarak, FAİ'ye sahip olan bireylerde invertör kuvvette kayıp olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (33, 42, 83-85). Ryan (86) çalışmasında inversiyon güçsüzlüğünü; ayak bileği invertör kaslarının selektif refleks inhibisyonu veya peroneal sinirin aşırı gerilimi nedeniyle derin peroneal sinir disfonksiyonu sonucu ortaya çıkmış olabileceği düşüncesiyle ile açıklamıştır. Swearingen ve Dehne (88) yaptıkları çalışmada selektif inhibisyonu yaralanan bağlarda ortaya çıkan gerilme stresini kuvvetlendiren kasları inhibe eden refleksler olarak tanımlamış ve hasarlanmış eklemden stres toleransı sebebi olarak tanımlamışlardır. Bunun sonucunda ayak bileği invertör kaslarının yaralanma esnasında başlangıç hareketini inhibe edebileceği düşüncesini savunmuşlardır. Ayrıca, invertörlerin fonksiyonları ile ilgili motor nöron topluluğunun ayak bileği burkulması esnasında daha az uyarılırken, evertörle ilgili motor nöron topluluğunun aynı düzeyde etkilenmediğini belirtmişlerdir (89). Ayak bileğindeki evertör ve invertör gruplarının arasındaki kuvvet farkının sebebi olarak da invertör kaslarda oluşan kuvvet kaybı olabileceğini öne sürülmüştür (42). Bunun yanında; başka güncel çalışmalarda invertör kaslar değerlendirildiğinde, hasarlı ekstremiteler ile hasarsız ekstremiteler karşılaştırıldığında kas kuvveti açısından bir kayıp olmadığı da gösterilmiştir (33, 80, 83).

Bazı çalışmalarda da fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan kişilerde ayak bileği plantarfleksör ve dorsifleksör kaslarının kuvvetleri değerlendirilmiştir (36, 90). Abdel-Aziem ve ark. (36) ayak bileği instabilitesine

sahip kişilerde sağlıklı ayak bileklerini kıyasladıkları çalışmalarında farklı açısız hızlarda plantarfleksör kasların eksentrik kuvvetinde anlamlı azalma saptarken, dorsifleksör kasların eksentrik kuvvetlerinde kayıp olmadığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bu kişilerde dorsifleksör/plantarleksör eksentrik kuvvet oranlarında anlamlı derecede yükseklik olduğunu göstermişlerdir (36). Fox ve ark. (90) ise çalışmalarında plantarfleksör kas kuvvetsizliğinin; burkulma anında gastroknemius-soleus kompleksindeki yaralanmayı takiben ortaya çıkan deafferentasyon (afferent yollarla gelen uyarıların kesilmesi) sonucu özellikle motor ünite uyarılabilirliğindeki azalma ile oluşabileceğini öne sürmüştür. Yine bu çalışmada, invertör ve evertör kaslarla beraber dorsifleksör kaslardada eksentrik kuvvet kaybı saptanmamıştır (90).

İzokinetik ölçüm cihazları, kas ya da kas gruplarını spesifik olarak çalıştırabilmesi ve beraberinde kasta güvenilir biçimde kuvvet artışı sağlamasıyla ön plana çıkmaktadır. Kas performansına yönelik ölçülebilen değerler verebilmesi sebebiyle kas yaralanmalarının rehabilitasyonunda, iyileşme takibinde ve sporcu antrenmanlarında tercih edilen yöntemler arasındadır (91). İzokinetik dinamometre ile yapılan ölçümlerde; ölçülen parametrelerin tekrarlanabilir olması, dinamometrenin doğruluğu, test protokolleri, testi uygulayan ve uygulanan insanlarla ilgili faktörler test güvenilirliğini etkileyebilir (91). Ayrıca test sırasında uygulayan kişi sürekli şekilde sözel ve görsel uyarımlarla kişiyi motive etmelidir (92). Test uygulanan kişinin cihaza uygun olacak şekilde yerleştirilmemesi ölçümlerde farklı sonuçlarla karşılaşılmasına sebep olabilir (93). Cihazda bulunan kısa kaldıraç kolu ile kesitsel kas alanının küçük olması, kişinin cihazdaki pozisyonunu daha da ön plana çıkartır. Kuvvet testleri esnasında setler arası bırakılan dinlenme sürelerinin yetersiz olması da, ölçülen kuvvet değerlerini anlamlı şekilde değiştirebilir (92). İzokinetik dinamometre cihazının, ayak bileği kaslarının kuvvetini değerlendirilmesinde güvenilirliği birçok çalışmada gösterilmiştir (24, 94, 95). Fonksiyonel ayak bileği instabilitesine sahip kişilerde özellikle invertör ve evertör kas gruplarının değerlendirilmesi önemlidir (32, 85). Bu kasların değerlendirilmesi için bakılan güvenilirlikle alakalı çalışmalarda lateral yöne

ayak bileği burkulması yaşayan kişilerde ve FAİ olanlarda evertör ve invertör kasların 60°/s ve 120°/s açısal hızlardaki konsentrik ve eksentrik kuvvetlerinde yüksek güvenilirlik olduğu gösterilmiştir (24, 33, 96). Bizim çalışmamızda yukarda bahsedilen çalışmalara benzer şekilde izokinetik **dinometr** kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda evertör izometrik kas kuvveti 40 Nm den 43 Nm'ye yükselmiş olsa da istatikselsel açıdan anlamlı değildir. Çalışmamızın hipotezleri arasında ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin etkisiyle kas içiçi ve golgi tendon organı üzerinden kas reaksiyon zamanına ve kas kuvvetine doğrudan etkisine bakmaktır. ESWT yeterli miktarda kas kuvvetlenmesi ortaya çıkarmasa da kas kuvvet kaybına da neden olmamıştır. ESWT'nin spastisite tedavisinde kullanımının botoks uygulamasına göre neden avantajlı olduğu sonucunu bu durum açıklamaktadır. Botoks tedavisi sırasında spastisitede azalmayla birlikte kuvvet değerlerinde de azalma ortaya çıkmaktadır (54).

ESWT kas ve iskelet sistemi yaralanmalarında günümüzde gittikçe artan kullanım alanına sahiptir (59). ESWT kas-iskelet sistemi üzerine olumlu ve tedavi edici etkileri çok sayıda çalışmayla ortaya konmuştur (59, 60). Çalışmamızda ESWT'nin bu olumlu etkilerin yanında ikincil olarak kas kuvvetinde azalma gibi olumsuz duruma yol açmadığı ortaya konmuştur. Bu çalışma sonrası ESWT'nin kısa dönemde kas kuvveti üzerine istatikselsel olarak anlamlı, olumlu veya olumsuz etkisi tespit edilmemiştir. Yapmış olduğumuz bu çalışma literatürde ESWT'nin ayak bileği kaslarının kas reaksiyon zamanı ve kuvveti üzerine etkisini doğrudan değerlendiren ilk çalışmadır. Çalışmanın yetersizlikleri arasında takip süresinin kısa olması ve egzersizle beraber ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin uygulamasının değerlendirilmemesi söylenebilir. Bu çalışma daha sonra fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan kişilerde ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin etkisi açısından ön bir bilgi sunmaktadır. Ekstrakorporeal şok dalga tedavisinin kas reaksiyon zamanı ve kuvvetine etkisiyle alakalı daha çok çalışmanın yapılmasına da ihtiyaç olduğu açıktır.

KAYNAKLAR

1. Sheth P, Yu B, Laskowski ER, An KN. Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. *Am J Sports Med* 1997;25:538-43.
2. Cooke MW, Lamb SE, Marsh J, Dale J. A survey of current consultant practice of treatment of severe ankle sprains in emergency departments in the United Kingdom. *Emerg Med J*. 2003;20(6):505-7.
3. Hamilton WG. The Ankle. In: Safran MR, McKeag DB, van Camp SP(eds). *Manuel of sports medicine*. Philadelphia: Lippincott-RavenPublishers;1998. 467-74.
4. Trevino SG, Davis P, Hecht PJ. Management of acute and chronic lateral ligament injuries of the ankle. *Orthop Clin North Am* 1994;25:1-16.
5. Janssen KW, van Mechelen W, Verhagen EALM. Bracing superior to neuromuscular training for the prevention of self-reported recurrent ankle sprains. *Br J Sports Med* 2014; 48:1235-9.
6. Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1991-8.
7. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med* 1997;5:241-2.
8. Caulfield B. Functional instability of the ankle joint: Features and underlying causes. *Physiotherapy* 2000;86(8):401-11.
9. Lynch SA, Eklund U, Gottlieb D, et al. Electromyographic latency changes in the ankle musculature during inversion moments. *Am J Sports Med* 1996;24:362-9
10. Safran MR, Benedetti RS, Bartolozzi AR. Lateral ankle sprains: a comprehensive review. Part:1 etiology, pathoanatomy, histopathogenesis, and diagnosis. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:429-37.
11. Delahunt E, Coughlan GF, Caulfield B, Nightingale EJ, Lin CW, Hiller CE. Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:2016-21.
12. Anandacoomarasamy A. Long term outcomes of inversion ankle injuries. *Br J Sports Med*. 2005;39(3):e14-e14.
13. Janssen KW, Hendriks MRC, Van Mechelen W, Verhagen E. The cost-effectiveness of measures to prevent recurrent ankle sprains: Results of a 3-arm randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2014;42(7):1534-41.
14. Doherty C, Bleakley C, Delahunt E, Holden S. Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain:an overview of systematic reviews with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2017;51:113-25.
15. Kannus P, Renstrom P. Current concepts review: treatment for acute tears of the lateral ligaments of the ankle. *J Bone Joint Surg* 1991;73:305-12.

16. Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of foot. *J Bone Joint Surg Br* 1965;47(4):669-77.
17. Garn SN, Newton RA. Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Phys Ther* 1988;68:1667-71.
18. Fu AS, Hui-Chan CW. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. *Am J Sports Med* 2005;33:1174-82.
19. Irrgang JJ, Neri R. The rationale for open and closed kinetic chain activities for restoration of proprioception and neuromuscular control following injury. In: Lephart SM, Fu FH (eds). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. USA: Human Kinetics; 2000. 363-74.
20. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25:149-55.
21. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat* 1967;101:505-32.
22. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 1997;25:130-7.
23. Deshpande N, Connelly DM, Culham EG, Costigan PA. Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:883-9.
24. Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Saka T, Aydin T. Reliability of a functional test battery evaluating functionality, proprioception, and strength in recreational athletes with functional ankle instability. *Eur J Phys Rehabil Med* 2008;44:407-15.
25. Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train* 2002;37:487-93.
26. Boyle J, Negus V. Joint position sense in the recurrently sprained ankle. *Aust J Physiother* 1998;44:159-63.
27. Löfvenberg R, Karrholm J, Sundelin G, et al. Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle. *Am J Sports Med* 1995;23:414-7.
28. Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: A systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2010;13(1):2-12.
29. Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: A prospective study. *Am J Sports Med*. 2005;33(3):415-23.
30. Tropp H. Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Int J Spots Med* 1986;7:291-4.
31. Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train* 2002;37:487-93.
32. Bernier JN, Perrin DH, Rijke AM. Effect of unilateral functional instability of the ankle on postural sway and inversion and eversion strength. *J Athl Train* 1999;34:239-45.

33. Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, Lee RJ. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:245-50.
34. Hartsell HD, Spaulding SJ. Eccentric/concentric ratios at selected velocities for the invertor and evertor muscles of the chronically unstable ankle. *Br J Sports Med* 1999;33:255-8.
35. Gribble P, Robinson R. Exam of ankle, knee, hip torque production in individuals with chronic ankle instability. *J Strength Cond Res*. 2009;23(2):395-400.
36. Abdel-Aziem AA, Draz AH. Chronic ankle instability alters eccentric eversion/inversion and dorsiflexion/plantarflexion ratio. *J back Musculoskelet rehabil* 2014; 27(1):47-53.
37. McKnight C and Armstrong C. The role of ankle strength in functional ankle instability. *J Sport Rehabil*. 1997;6:21-9.
38. Kaminski TW, Perrin DH, Gansneder BM. Eversion Strength Analysis of Uninjured and Functionally Unstable Ankles. *J Athl Train*. 1999;34(3):239-45.
39. Baratta R, Solomonov M, Zhou BH, et al. Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med* 1988;16:113-22.
40. Bosien WR, Staples OS, Russell SW. Residual disability following acute ankle sprains. *J Bone Joint Surg* 1955;37:1237-43.
41. Konradsen L, Beynnon BD, Renström PA. Proprioception and sensorimotor control in the functionally unstable ankle. In: Lephart SM and Fu FH (eds). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. USA, Human Kinetics; 2000. 237-46. Konradsen L, Beynnon BD, Renström PA. Proprioception and sensorimotor control in the functionally unstable ankle. In: Lephart SM and Fu FH (eds). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. USA, Human Kinetics; 2000. 237-46.
42. Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Aydin T. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15:654-64.
43. Keles SB, Sekir U, Gur H, Akova B. Eccentric/concentric training of ankle evertor and dorsiflexors in recreational athletes: Muscle latency and strength. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24:29-38.
44. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25:149-55.
45. Pavailler S, Hintzy F, Horvais N, Forestier N. Cutaneous stimulation at the ankle: A differential effect on proprioceptive postural control according to the participants' preferred sensory strategy. *J Foot Ankle Res*. 2016;9(1):1-8.
46. Yoshida T, Tanino Y, Suzuki T. Effect of exercise therapy combining electrical therapy and balance training on functional instability resulting from ankle sprain—focus on stability of jump landing. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(10):3069-71.

47. Kim K, Lee S, Kim D, Kim KS. The effects of ankle joint muscle strengthening and proprioceptive exercise programs accompanied by functional electrical stimulation on stroke patients' balance. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(9):2971-5.
48. Christian C, Egbert S, Dieter J, Jörg S, Herbert B, Bernard L. Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) for treatment of urolithiasis May 1984, Pages 59-66
49. Schmitz C, Császár N, Rompe J. Treatment of chronic plantar fasciopathy with extracorporeal shock waves (review). *J Orthop Surg Res* 2013; 8: 31.
50. Rompe JD, Cacchio A, Furia JP. Low-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for medial tibial stress syndrome. *Am J Sports Med* 2010; 125-132.
51. Ilieva EM, Minchev RM and Petrova NS. Radial shock wave therapy in patients with lateral epicondylitis. *Folia Med (Plovdiv)* 2012; 54: 35-41.
52. Rompe JD, Furia J, Weil L. Shock wave therapy for chronic plantar fasciopathy. *Br Med Bull* 2007; 183-208.
53. Trompetto C, Avanzino L, Bove M, Marinella L, Molfetta L, Abbruzzese G. External shock waves therapy in dystonia: preliminary results *European Journal of Neurology* 2009, 16: 517–521
54. Mirea A, Onose G, Padure L, Rosulescu E Extracorporeal Shockwave Therapy (ESWT) benefits in spastic children with Cerebral Palsy (CP) *Journal of Medicine and Life* Volume 7: 3, 2014
55. Marinelli L, Mori L, Solaro C, Uccelli A, Pelosin E, Currà A. Effect of radial shock wave therapy on pain and muscle hypertonia: a double blind study in patients with multiple sclerosis *Mult Scler.* 2015 Apr;21(5):622-9.
56. Wang C. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders. *J Orthop Surg Res* 2012; 7: 11.
57. Echaute C, Vaes P, Duquet W, Van Gheluwe B. Test-retest reliability of sudden ankle inversion measurements in subjects with healthy ankle joints. *J Athl Train.* 2007;42(1):60-5.
58. Benesh S, Pütz W, Rosenbaum D, Becker H. Reliability of peroneal reaction time measurements. *Clin Biomech* 2000;15:21–8.
59. Pietro R, Vito L, Davide P, Valerio S. Extracorporeal Shock Wave Therapy in Musculoskeletal Disorders: A Review *Med Princ Pract* 2014;23:7–13
60. Notarnicola A, Covelli I, Maccagnano G, Marvulli R, Mastromauro L, Turitto A. Extracorporeal shockwave therapy on muscle tissue: the effects on healthy athletes *J Biol Regul Homeost Agents* Jan-Feb 2018;32(1):185-193.
61. İlhan O. Sağlıklı Bireylerde Ayak Bileği Evertör ve Dorsal Fleksör Kas Gruplarına Yönelik Elektromyostimülasyon Uygulamasının Kas Reaksiyon Zamanı ve Proprioepsiyon Üzerine Etkileri (Uzmanlık Tezi). Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi; 2018.
62. Osborne MD, Chou L-S, Laskowski ER, Smith J, Kaufman KR. The Effect of Ankle Disk Training on Muscle Reaction Time in Subjects with a History of Ankle Sprain. *Am J Sports Med.* 2001;29(5):627-32

63. Henry B, McLoda T, Docherty CL, Schrader J. The Effect of Plyometric Training on Peroneal Latency. *J Sport Rehabil.* 2010;19(3):288-300.
64. Kim K, Lee S, Kim D, Kim KS. The effects of ankle joint muscle strengthening and proprioceptive exercise programs accompanied by functional electrical stimulation on stroke patients' balance. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(9):2971-5.
65. Knight AC, Weimar WH. Difference in response latency of the peroneus longus between the dominant and nondominant legs. *J Sport Rehabil.* 2011;20(3):321-32
66. Javed A, Walsh HPJ, Lees A. Peroneal reaction time in treated functional instability of the ankle. *Foot Ankle Surg* 1999;5:159-66.
67. Osborne MD, Chou L-S, Laskowski ER, Smith J, Kaufman KR. The Effect of Ankle Disk Training on Muscle Reaction Time in Subjects with a History of Ankle Sprain. *Am J Sports Med.* 2001;29(5):627-32
68. Dias A, Pezarat-Correia P, Esteves J, Fernandes O. The influence of a balance training program on the electromyographic latency of the ankle musculature in subjects with no history of ankle injury. *Phys Ther Sport.* 2011;12(2):87-92.
69. Li HY, Zheng JJ, Zhang J, Hua YH, Chen SY. The Effect of Lateral Ankle Ligament Repair in Muscle Reaction Time in Patients with Mechanical Ankle Instability. *Int J Sports Med* 2015;36(12):1027-32.
70. Hagen M, Lescher S, Gerhardt A, Lahner M, Felber S, Hennig EM. Shank muscle strength training changes foot behaviour during a sudden ankle supination. *PLoS One.* 2015;10(6):1-17.
71. Sierra-Guzmán R, Jiménez JF, Ramírez C, Esteban P, Abián-Vicén J. Effects of Synchronous Whole Body Vibration Training on a Soft, Unstable Surface in Athletes with Chronic Ankle Instability. *Int J Sports Med.* 2017;38(6):447-55.
72. Donahue MS, Docherty CL, Riley ZA. Decreased fibularis reflex response during inversion perturbations in FAI subjects. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014;24(1):84-9.
73. Vaes P, Duquet W, Van Gheluwe B. Peroneal reaction times and eversion motor response in healthy and unstable ankles. *J Athl Train* 2002;37(4):475-80.
74. Konradsen L, Ravn JB, Sorensen AI. Proprioception at the ankle: the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. *J Bone Joint Surg (Br)* 1993;75:433-6.
75. Konradsen L, Voight M, HLjsgaard C. Ankle inversion injuries. The role of the dynamic defence mechanism. *Am J Sports Med.* 1997;25:54-8.
76. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train.* 2002;37(4):364-75.
77. Minetto MA, Botter A, Bottinelli O, Miotti D, Bottinelli R, D'Antona G. Variability in muscle adaptation to electrical stimulation. *International Journal of Sports Medicine.* 2013;34(6):544-53.
78. Grosset JF, Canon F, Pérot C, Lambertz D. Changes in contractile and elastic properties of the triceps surae muscle induced by neuromuscular electrical stimulation training. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(7):1403-11.

79. Selim D, Ufuk S , Ahmet S fonksiyonel ayak bileği instabilitesinde iki farklı elektriksel stimülasyon uygulamasının kas reaksiyon zamanı ve propriosepsiyon üzerine etkileri (Uzmanlık Tezi). Bursa: Bursa Uludağ Üniversitesi; 2021.
80. Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, et al. Peak and end range eccentric evertor/concentric invertor muscle strength ratios in chronically unstable ankles: comparison with healthy individuals. *J Sports Sci Med* 2003a;2:70-6.
81. Hanci E, Sekir U, Gur H, Akova B. Eccentric training improves ankle evertor and dorsiflexor strength and proprioception in functionally unstable ankles. *Am J Phys Med Rehabil* 2016; 95:448-58.
82. Lentell GL, Katzmann LL, Walters MR. The relationship between muscle function and ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990;11:605-11.
83. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;27:264-75.
84. Heitman RJ, Kovaleski J, Gurchiek L. Isokinetic eccentric strength of the ankle evertors after injury. *Percept Mot Skills* 1997;84:258.
85. Holmes A, Delahunt E. Treatment of common deficits associated with chronic ankle instability. *Sports Med* 2009;39(3):207-24.
86. Ryan L. Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle. *Aust J Physiother* 1994;40:41-7.
87. Wilkerson GB, Pinerola JJ, Caturano RW. Invertor vs. evertor peak torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:78-86.
88. Swearingen RL, Dehne E. A study of pathological muscle function following injury to a joint. *J Bone and Joint Surgery America* 1964;46,1964.
89. Delahunt E. Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *J Bodyw Mov Ther* 2007; 11:203-13
90. Fox J, Docherty CL, Schrader J, Applegate T. Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability. *J Ath Train* 2008;43(1):51-4.
91. Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, et al. Relation between isokinetic muscle strength and functional capacity in recreational athletes with chondromalacia patellae. *Br J Sports Med* 2003b;37:475-9.
92. Brown LE. *Isokinetics in Human Performance*. Champaign: Human Kinetics, USA 2000; 3-10.
93. Yildiz Y, Sekir U, Hazneci B, Ors F, Saka T, Aydin T. Reliability of a functional test battery evaluating functionality, proprioception and strength of the ankle joint. *Turk J Med Sci* 2009;39:115-23.
94. Holmback AM, Porter MM, Downham D, Lexell J. Reliability of isokinetic ankle dorsiflexor strength measurements in healthy young men and women. *Scand J Rehabil Med* 1999;31:229-39.
95. Kaminski T, Dover G. Reliability of inversion and eversion peak and average-torque measurements from the Biodex system 3 dynamometer. *J Sport Rehabil* 2001;10:205-20.

96. Amarel De Noronha M, Borges NG Jr. Lateral ankle sprain: isokinetic test reliability and comparison between invertors and evertors. Clin Biomech 2004;19:868-71.
97. Löfvenberg R, Karrholm J, Sundelin G. Proprioceptive reaction in the healthy and chronically unstable ankle joint. Sportverletz Sportschaden 1996;10:79-83.

TEŞEKKÜR

Tez konusu seçiminden yazım aşamasına kadar her aşamada bana yardımcı ve anlayışından dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Ufuk Şekir'e, araştırma görevlisi olarak çalıştığım süre boyunca bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Hakan Gür ve Prof. Dr. Bedrettin Akova'ya, rotasyonlarım süresince eğitimime katkıda bulunan tüm öğretim üyelerine, her yerde desteklerini hissettiğim sağlık personeli arkadaşlarıma, 4 yıl boyunca beraber çalıştığım Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nın tüm personeline ve çalışma arkadaşlarıma, pandemi süresince büyük bir özveri göstererek çalışmama gelmeye devam eden tez hastalarımaya ;

Her zaman yanımda bana destek olan fedakarlıkları ile beni bugünlere getiren sevgili babam Mehmet Sandım ve annem Maksude Sandım'a, hayatımda hiçbir zaman benden desteklerini esirgemeyen ablam Duygu Sandım ve kardeşim Ayşe Sandım'a teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

■■■■■■■■■■ tarihinde ■■■■■■■■■■ ilçesinde doğdum. İlk ve orta okulu Özel Envar İlköğretim Okulu'nda ve liseyi Konya Atatürk Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladım. 2010 yılında başladığım Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi'nden 2016 yılında mezun oldum. Nisan 2017 TUS'u ile ihtisas hakkı kazandığım Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nda 17.09.2017 tarihinde göreve başladım ve uzmanlık eğitimime halen devam etmekteyim.