



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

FONKSİYONEL AYAK BİLEĞİ İNSTABİLİTESİ OLAN BİREYLERDE
AYAK BİLEĞİ EVERTÖR VE DORSİFLEKSÖR KAS GRUPLARINA
UYGULANAN EKSENTRİK İÇERİKLİ THERA-BAND EGZERSİZİN KAS
REAKSİYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Güfat ARSLAN

UZMANLIK TEZİ

BURSA – 2017



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

FONKSİYONEL AYAK BİLEĞİ İNSTABİLİTESİ OLAN BİREYLERDE
AYAK BİLEĞİ EVERTÖR VE DORSİFLEKSÖR KAS GRUPLARINA
UYGULANAN EKSENTRİK İÇERİKLİ THERA-BAND EGZERSİZİN KAS
REAKSİYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Güfat ARSLAN

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Ufuk ŞEKİR

BURSA – 2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Özet.....	ii
İngilizce Özet.....	iv
Giriş.....	1
Gereç ve Yöntem.....	5
1. Denekler.....	5
1.1. Deneklerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Planı.....	5
2. Ön Testler.....	6
2.1. Elektromiyografik (EMG) Ölçümler.....	6
2.1.1. EMG Ölçümleri için Hazırlık.....	6
2.1.2. İnversiyon Simülasyon Platformu.....	7
2.1.3. EMG Aktivitelerinin Değerlendirilmesi.....	10
2.1.3.1 Kas Reaksiyon Zamanı	10
2.1.3.2 Kas Reaksiyon Süresi	11
2.1.3.3 Kas Aktivitesi.....	11
2.1.3.4 Normalizasyon.....	11
2.2. Bilgisayarlı İzokinetik Kuvvet Testi.....	12
3. Egzersiz Programı.....	13
4. İstatistiksel Analiz.....	15
Bulgular.....	16
Tartışma ve Sonuç.....	30
Kaynaklar.....	47
Teşekkür.....	54
Özgeçmiş.....	55

ÖZET

Bu çalışmada fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAİ) olan bireylerin evertör ve dorsifleksör kas gruplarına uygulanan eksentrik içerikli thera-band egzersizin kuvvet ve elektromiyografik (EMG) aktiviteleri üzerine etkisini araştırmayı amaçladık.

Çalışmaya 18-30 yaş arasında tek taraflı FAİ (n=12) olan ve sağlıklı (n=12) 24 kadın rekreasyonel sporcu katıldı. FAİ olan bireylerin etkilenen tarafları egzersiz grubuna; sağlam tarafları ve sağlıklı bireylerin dominant tarafları kontrol gruplarına dahil edildi. Egzersiz grubunu oluşturan bireylerin ayak bileklerinin evertör ve dorsifleksör kaslarına 6 hafta süre ile her gün eksentrik içerikli thera-band egzersiz programı uygulandı. Egzersiz programı öncesi ve sonrasında, inversiyon simülasyon platformu aracılığıyla ayak bileği inversiyona düşme ile oluşan peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının EMG aktiviteleri ölçümü ve ayak bileği kas gruplarının izokinetik kuvvet testleri yapıldı.

Egzersiz sonrasında, egzersiz grubunda dorsifleksör ve evertör kaslarda izokinetik eksentrik kas kuvvetinde anlamlı artış ($p<0.01-0.001$) ve etkilenen ayak bileklerinin peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanlarında anlamlı bir kısalma gösterildi ($p<0.01-0.001$). Buna karşılık etkilenen ayak bileklerinin peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon sürelerinde ve kasların reaksiyon süresi boyunca göstermiş oldukları ortalama aktivitelerinde anlamlı bir değişiklik gösterilemedi ($p>0.05$).

Biz çalışmamızda, FAİ olan ayak bileklerine eksentrik kasılma içerikli bir egzersiz programı ile ayak bileğinde motor kuvvet ve kas reaksiyon zamanlarında önemli gelişmeler kaydedildiğini gösterdik. Bu bulgular ışığında, yaralanmalara predispozisyon oluşturduğu savunulan kuvvet ve reaksiyon zamanında gecikmelerin geliştirilerek, yaralanma insidansının ve tedavi giderlerinin azalacağı düşüncesindeyiz.

Anahtar kelimeler: fonksiyonel ayak bileği instabilitesi, eksentrik egzersiz, reaksiyon zamanı, elektromiyografi.



SUMMARY

Effect of Eccentric Thera-band Training of Ankle Evertor and Dorsiflexor Muscle Groups on Strength and Muscle Reaction Patterns in Individuals with Functionally Unstable Ankles

The aim of this study was to investigate the effects of eccentric thera-band exercises of ankle evertor and dorsiflexor muscles on strength and electromyography (EMG) activities in participants with functional ankle instability.

Twelve female recreational athletes with unilateral functionally ankle instability (FAI) and twelve healthy female subjects between 18-30 years of age participated in the study. The affected sides of individuals with FAI were selected to the exercise group. Besides, the dominant sides of the healthy individuals and unaffected sides of the individuals with FAI subjects were selected as the control groups. Subjects in the exercise group performed an eccentric exercise program with thera-bands every day for six weeks to the dorsiflexor and evertor muscles. Before and after the exercise program, EMG activities of the peroneus longus and tibialis anterior muscles to sudden supinating maneuvers on a tilting platform, and isokinetic strength of the ankle joint musculature were evaluated.

Eccentric peak torque values of ankle evertor and dorsiflexors showed a significant increase ($p < 0.01-0.001$) and the reaction latency for the peroneus longus and tibialis anterior of the affected sides showed significant reductions ($p < 0.01-0.001$) after the exercise period in the exercise group. Besides, there were no significant changes in terms of peroneus longus and tibialis anterior muscle reaction durations and average level of muscle activity of the affected ankles ($p > 0.05$).

We presented in our study that a training program consisting of eccentric contractions in the ankle evertor and dorsiflexor muscles results in

important improvements in strength and muscle reaction latencies in the functionally unstable ankles. According to the this findings, we conclude that the incidence of ankle injuries and treatment costs will reduce by improving muscle weaknesses and delayed muscle latencies, which have predisposing effects to ankle injuries.

Key words: functional ankle instability, eccentric exercise, reaction time, electromyography.



GİRİŞ

Ayak bileği eklem yaralanmaları sportif aktivitelerde en yaygın görülen yaralanmalardan biridir (1). Tüm spor yaralanmalarının yaklaşık %25'ini ayak bileği burkulmaları oluşturmaktadır (2). Ayak bileğinde inversiyon tipi burkulma yaralanmaları başta futbol, basketbol, voleybol gibi sıçrama ve ani duruş manevralarının yoğun olarak yapıldığı sporlarda sık gözlenir (3, 4). Lateral ayak bileği burkulmaları basketbol yaralanmalarının %40'ını, futbol yaralanmalarının %31'ini ve hastane acil servislerine başvuranların yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır (5). Rehabilitasyonuna verilen öneme rağmen ayak bileği burkulmalarının tekrarlama sıklığı sık karşılaşılan bir durumdur ve %70'lere varan günlük aktiviteyi olumsuz yönde etkileyen kalıcı semptomlar gelişir (6). Bu nedenle birçok çalışmada ayak bileği yaralanması için risk oluşturan etkenler araştırılarak olası yaralanmaların meydana gelmeden önlenmesi, ayrıca yüksek tekrarlama ihtimali nedeniyle yaralanma sonrası ekleme görülen değişikliklerin belirlenip uygun tedavinin geliştirilmesi amaçlanmıştır (7). Bir ayak bileği burkulmasından sonra hastalarda %40 oranında tekrarlayan instabilite hissi, boşalma hissi gibi kalıcı semptomlar oluşmaktadır (8, 9). Bu durum ilk defa Freeman (10) tarafından fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAİ) olarak tanımlanmıştır. FAİ oluşumunda proprioseptif yetersizlikler, ağrı ve kas güçsüzlüğü sorumlu tutulmaktadır (11-23).

Literatürde, FAİ olanlarda ayak bileği kas gruplarında kuvvet kaybı ile ilişkili tartışmalı sonuçlar vardır. Bazı çalışmalarda evertör (16-18) ve invertör (19, 20, 24, 25) kaslardaki kuvvet kaybının FAİ'nin oluşumunda önemli bir etken olduğunu ifade ederken, diğer çalışmalarda da (19, 24, 26, 27) evertör kuvvet azlığının bir etken olmadığı vurgulanmıştır. Bazı çalışmalarda da kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde plantarfleksör kas gruplarında kuvvet kaybı olduğu gösterilmiştir (28, 29).

Propriosepsiyon; eklem kapsülü, bağlar, kaslar, tendonlar ve ciltte yer alan mekanoreseptörler aracılığı ile santral sinir sistemine olan kümülatif nöral bilgi girişi ile sağlanan eklem ve ekstremitenin pozisyon algısı olarak

tanımlanabilir (30, 31). Eşlik eden nöromusküler geribildirim mekanizmaları ile birlikte proprioepsiyon fonksiyonel eklem stabilitesinin oluşumunda ve idamesinde önemli bir rol oynamaktadır (31). Yaralanma sonrası eklem mekanoreseptörlerinin kısmi afferent ileti kaybına uğradıkları, bunun kronik ayak bileği instabilitesinde anahtar rolü oynayabileceği ifade edilmiştir (32, 33). Proprioepsiyon; eklem pozisyon hissi, kinestezi ve kas reaksiyon zamanı ölçümü gibi yöntemlerle değerlendirilmektedir (34, 35). Önceki yapılan çalışmaların çoğunda; FAİ olanlarda eklem pozisyon hissi ve kinestezi hataları saptanmış, uzamış peroneal kas reaksiyon zamanı olduğu gösterilmiştir (22, 36-41).

Antagonist kas gruplarının koaktivasyonu dinamik eklem stabilitesini etkileyen önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır (42-44). Ayak bileğinin fonksiyonel stabilitesinin sağlanmasında iki önemli nokta dikkati çekmektedir: Ayak bileğinin plantarfleksiyonla birlikte inversiyona gidişine yol açan pozisyonlardan kaçınmak ve bir inversiyon kuvveti ile karşılaşıldığında bu kuvvete karşı yeteri kadar hızlı ve kuvvetli karşı gelebilmektir (45). Bu temel nedenlerden dolayı ayak bileği kaslarında kuvvet kaybı ile ilgili çelişkili bulgular olmasına rağmen akut ve kronik ayak bileği burkulmalarının rehabilitasyon programlarında ayak bileği evertör kaslarına yönelik kuvvetlendirme egzersizleri yer almıştır (44). Benzer şekilde, Trevino ve ark. (46) ve Mascaro ve Swanson (47), tekrarlayan ayak bileği yaralanmalarından korunmak ve fonksiyonel instabiliteyi kontrol edebilmek için rehabilitasyon programında özellikle peroneal kasların kuvvetlendirilmesine ve proprioseptif antrenmanlara önem verilmesi gerektiğini ifade etmektedirler. Literatürde FAİ olanlarda farklı egzersiz programı uygulamaları ile ayak bileği kuvveti ve proprioepsiyonundaki değişimi inceleyen araştırmalar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (24, 48-51) kuvvet ve/veya proprioepsiyonda düzelmeye işaret ederken, diğerlerinde (21, 52, 53) bu değişim gözlenmemiştir. Kaminski ve ark. (21) FAİ olan bireylerin 6 haftalık thera-band ile kuvvet ve proprioeptif egzersiz kombinasyonu ile evertör ve invertör kas kuvvetinde artış olmadığını bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada; FAİ olan bireylerin 6 haftalık thera-band ve proprioepsiyon egzersizi kombinasyonu ile kas yorgunluğu ve statik

denge ölçümlerinde anlamlı iyileşme saptanmamıştır (52). Han ve Ricard (53) sağlıklı bireylerde ve ayak bileği burkulma öyküsü olan bireylerde uygulanan 4 haftalık thera-band egzersizi sonrasında evertör kuvvet ve peroneal kas reaksiyon zamanında anlamlı değişim saptamamışlardır. Bu çalışmaların aksine, Smith ve ark. (48) FAİ olan bireylerde 6 hafta izotonik kuvvet egzersizi ile invertör ve evertör kuvvette artış saptamışlardır. Hale ve ark. (49) kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde 4 haftalık thera-band, eklem hareket açıklığı ve nöromusküler kontrol egzersizlerinden oluşan rehabilitasyon programı ile postural kontrolde ve fonksiyonel durumda iyileşme bildirmişlerdir. Benzer bir rehabilitasyon programının 4 hafta süre ile uygulandığı başka bir çalışmada ise anlamlı kuvvet artışı ve fonksiyonel durumda iyileşme bildirilmiştir (50). Docherty ve ark. (51) FAİ olan sporcularda 6 haftalık progresif dirençli kuvvet çalışmaları ile eversiyon ve dorsifleksiyon kuvvetinde ve eklem pozisyon hissi ölçümlerinde anlamlı gelişim raporlamıştır. Şekir ve ark. (24) FAİ olan sporcularda ayak bileği invertör ve evertör kas gruplarına yönelik 6 hafta süre ile konsentrik modda izokinetik bir egzersiz programı uygulamış ve proprioepsiyonun bir ölçümü olan eklem pozisyon hissi üzerinde ve evertör kuvvette olumlu bir gelişmenin olduğunu göstermiştir.

İnversiyon burkulmalarının önlenmesinde anahtar rol, primer evertör olan peroneal kaslardadır (54). İnversiyon stresine plantarfleksiyon eşlik ettiğinde ise tibialis anterior kası önem kazanmakta ve dinamik stabilizasyona katkıda bulunmaktadır (55). Ayak bileğinin ani inversiyon stresine maruziyeti lateral bağlar üzerindeki mekanoreseptörlerin aktivasyonu ve peroneal kaslar üzerinde bulunan kas içiği duyarlılığında artış ile sonuçlanır. Peroneal kasların refleks kontraksiyonu ile aşırı inversiyon hareketinin kontrolü sağlanır (56-58). Ayak bileği burkulmaları esnasında evertör ve dorsifleksör kaslar, inversiyon ve eşlik eden plantarfleksiyon hareketini önlemek için eksentrik olarak kasılırlar. Bu nedenle dorsifleksör ve evertör kasların eksentrik kuvvetini arttırmak önem arz etmektedir. Ayrıca, Mascaro ve Swanson (47) tekrarlayan ayak bileği yaralanmalarının rehabilitasyonunda eksentrik içerikli izokinetik egzersizlerin faydalı olabileceğini ifade etmektedir.

Genel literatür bilgisine bakıldığında kas içi gerilimi arttırma bakımından eksentrik kasılma içerikli egzersizlerin, kas içiği sensivitesini ve gama motor nöron aktivasyonunu arttırarak, sensörimotor kontrolü sağlamada daha etkili olacağı ve tekrarlayan ayak bileği yaralanmalarının rehabilitasyon programında eksentrik içerikli egzersizlerin faydalı olabileceği düşüncesini ortaya koymuştur (59, 60).

Literatürde FAİ olanlarda eksentrik egzersiz modelinin uygulanarak ayak bileği evertör ve/veya dorsifleksör kas gruplarındaki kuvvet değişimini ve kas reaksiyon zamanı gelişimini inceleyen araştırma sayısının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu konuda laboratuvarımızda yapılan ve literatürdeki tek araştırmada Keleş ve ark. (61) sağlıklı bireylerin dominant ayak bileği evertör ve dorsifleksör kas gruplarına yönelik 6 hafta süre ile konsentrik ve eksentrik kombine izokinetik egzersiz programı uygulamış ve hem evertör hem de dorsifleksör kas kuvvetinde artış; propiosepsiyonun bir ölçümü olan peroneal ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanında anlamlı bir iyileşmenin olduğunu bildirmişlerdir.

Bu bilgiler ışığında planlanan bu çalışmada FAİ olan bireylerde ayak bileği dorsifleksör ve evertör kas gruplarına uygulanacak eksentrik içerikli thera-band yardımıyla yapılan egzersiz programının ayak bileği kaslarının kuvveti ve kas reaksiyon zamanı üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

1. Denekler

Çalışmaya 18-30 yaşları arasında, rekreasyonel düzeyde spor yapan sağlıklı (n=12; ortalama yaş 21.8 ± 1.9 , ortalama boy 166.0 ± 5.1 cm, ortalama kilo 54.2 ± 6.4 kg) ve tek taraflı FAİ olan (n=12; ortalama yaş 21.0 ± 1.6 , ortalama boy 168.5 ± 7.2 cm, ortalama kilo 58.9 ± 5.7 kg) toplam 24 kadın denek katılmıştır. FAİ kriterleri olarak; a) son 12 ayda en az 1 adet tedavi gerektiren lateral ayak bileği burkulması olması ve b) son 12 ayda tekrarlayan "boşalma hissi" veya "instabilite" şikâyetinin olması belirlendi. Denekler, çalışmaya katılımlarını engelleyecek sağlık sorunları açısından değerlendirilmiştir. Genel fizik muayeneden sonra, özellikle alt ekstremitte ayrıntılı şekilde muayene edilmiştir. Ayak bileği kırığı veya operasyonu öyküsü, vestibuler veya nörolojik hastalık öyküsü, test sürecinde eklemden akut inflamasyon varlığı olanlar; daha önce FAİ olan ayak bileğine herhangi bir rehabilitasyon programı uygulanmış, testler sırasında alt ekstremitede kas yorgunluğu veya ağrı olan denekler çalışma dışı bırakılmıştır. Deneklere öncelikle çalışma hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş, ön bilgi içeren ve gönüllü katılımlarını belirttikleri Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 1 Kasım 2016 tarih ve 2016-18/27 no'lu karar ile onaylanmış "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" imzalatılmıştır. Daha sonra, çalışmaya katılan FAİ olan bireylerin yaralanan ayak bilekleri egzersiz grubu; sağlıklı deneklerin dominant taraflarının ayak bilekleri ile FAİ olan deneklerin sağlam ayak bilekleri ise kontrol grubu olarak ayrılmıştır.

1.1. Deneklerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Planı

Tüm testler Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı Test Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Sirkadien ritmin sonuçlar üzerindeki olası etkilerinden kaçınmak amacıyla testler öğleden sonra 14:00-18:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca denek grubu kadın bireylerden oluştuğu için hormonal yanıtın ölçümleri etkilememesi için ölçümler sözel olarak sorgulanarak menstrüel siklusun aynı döneminde yapılmıştır. Tüm

denekler, test günlerinde alkol ya da ilaç kullanmamaları ve yorucu fiziksel aktiviteden kaçınmaları konularında uyarılmıştır. Çalışma öncesinde deneklere boy ve kilo ölçümleri yapılmıştır. Denekler ilk testler için 2 farklı günde EMG aktiviteleri ölçümü ve invertör-evertör kasların ve plantarflexör-dorsifleksör kasların izokinetik kuvvet testlerinin yapılması amacıyla laboratuara çağırılmıştır. İlk gün EMG ile birlikte ani ayak bileği inversiyonunda evertör-dorsifleksör kas reaksiyon zamanı ölçümlerini içeren testler yapılmıştır. İkinci gün invertör-evertör kasların ve plantarflexör-dorsifleksör kasların izokinetik kuvvet ölçümü yapılmıştır. Tüm bu ölçümler ayrıca FAİ olan bireylerin etkilenen taraf ayak bileklerinde egzersiz programına başlamadan 6 hafta önce de gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde egzersize katılacak ayak bilekleri için ayrı bir kontrol grubu da oluşturulmuş oldu (FAİ egzersiz-). FAİ olan bireylerin 6 hafta egzersiz programı uyguladığı dönem (FAİ egzersiz+) bitiminde etkilenen taraf ayak bileklerinde; sağlam taraf (FAİ kontrol) ve sağlıklı bireylerin dominant taraf ayak bileklerinde (sağlıklı kontrol) egzersiz programı dönemi başlangıcında ve bitiminde gerçekleştirilmiştir. Egzersiz grubunu oluşturan FAİ olan ayak bileklerinin evertör ve dorsifleksör kaslarına 6 hafta süre ile her gün eksentrik içerikli theraband egzersiz programı uygulanmıştır. Altı hafta sonunda ise egzersiz ve kontrol grubunu oluşturan ayak bileklerinde testler 2 farklı günde aynı şekilde tekrarlanmıştır. Kontrol grubunda yer alan sağlıklı denekler ise bu sürede normal günlük yaşam aktivitelerine devam etmişlerdir.

2. Ön Testler

2.1. Elektromiyografik (EMG) Ölçümler

2.1.1. EMG Ölçümleri İçin Hazırlık: Elektromiyografik aktivite, taşınabilir 8 kanallı kas EMG aleti (ME6000, Mega Electronics, Kuopio, Finland) kullanılarak ayak bileği evertör (peroneus longus) ve dorsifleksör (tibialis anterior) kaslardan kaydedilmiştir. Peroneus longus ve tibialis anterior kaslarından yüzeysel elektromiyografi (EMG) kayıtlarını elde etmek için bipolar gümüş/gümüşklorid kaplı yüzey elektrotlar (Covidien Kendall

elektrotlar-H135SG tipi (43x35 mm)- Germany) kullanılmıştır. Elektrotlar yerleştirilmeden önce, tıraşlanmış olan deri isopropil alkolle temizlenmiş ve elektrot arası empedansı 2000 Ω altında tutmak ve deri empedansını en aza indirmek için zımpara kağıdı ile ovulmuştur. Elektrotlar ölçüm yapılacak olan peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının en belirgin olduğu yerlere, kas liflerinin yönüne mümkün olduğunca paralel bir çizgi boyunca kasların gövdesi üzerindeki deriye yapıştırılmıştır. Elektrot çiftlerinin merkezleri arasındaki mesafe 20 mm olarak belirlenmiştir. Elektrotlar, tibialis anterior için tibia'nın üst ve orta 1/3'lük kesiminin birleştiği yere ve subkütanöz sınırının 1 cm lateraline, peroneus longus için fibula'nın üst ve orta 1/3'lük kesimlerinin birleşim yeri civarı lateral kompartman üzerine yerleştirilmiştir (Şekil-1). Daha sonra uygun yerleşim yapıp yapılmadığı manuel testlerle ve istemli kontraksiyonlarla kontrol edilmiştir. Elektrotlar her iki bacağı aynı şekilde yapıştırılmıştır ve tüm ölçümler tamamlanıncaya kadar çıkarılmamıştır. Testler deneklerin ayakta ayakları ayaklarında yapmıştır.

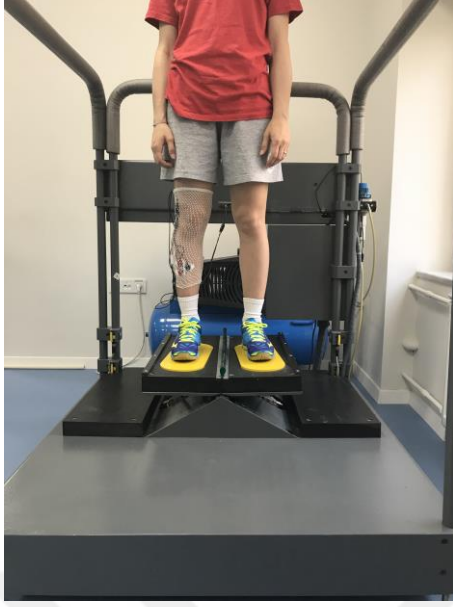
2.1.2. İversiyon Simulasyon Platformu: Peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanlarının yüzeysel EMG ile ölçümü için ayak bileği inversiyon tipi burkulma mekanizmasının simülasyonu amacıyla özel olarak yaptırılan tuzak platform kullanılmıştır. Bu platformda frontal düzlemde 15° ve 30° ayak bileği inversiyonuna izin veren menteşeli sistem mevcuttur. Deneğin platform üzerinde elektronik düzeneğe sırtı dönük olarak ayakta durdurması istenmiştir ve her iki ayak arasındaki mesafe yaklaşık 10 cm olacak şekilde, ayakların platform üzerinde belirlenmiş yerleşim yerlerine tam basacak biçimde yerleşimleri sağlanmıştır (Şekil-2). Rotasyonun aksı ise her iki ayak bileği için ayak bileği medialinde kalmıştır. Denek platform üzerinde dururken ayak bileği nötral veya 20° plantar fleksiyon pozisyonunda iken 8 kanallı EMG cihazı (Mega Electronics, Finland) ile kayda başlanmıştır.

Platforma ait her iki bacağın ağırlığını ayrı ayrı gösteren gösterge izlenerek her iki bacağı eşit yük vermesi sağlandığında ve denek istirahat EMG aktivitesi gösterdiğinde deneğin haberi olmadan manuel kontrollü bir düzenekle tuzak platformunun bir kapağı o taraftaki ayak bileğinde 15° veya

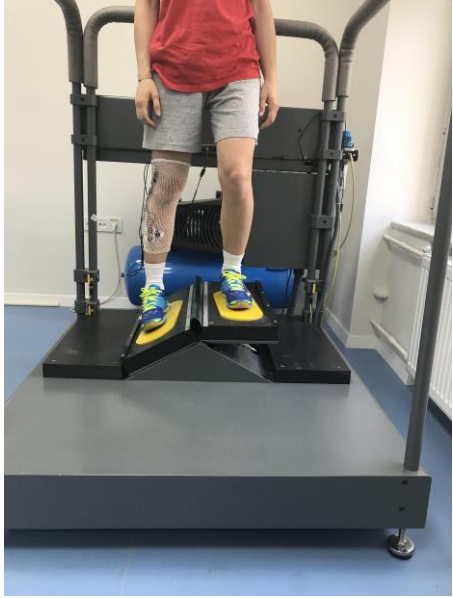
30°'lik ani inversiyon yapacak şekilde serbest bırakılmıştır (Şekil 3-a ve b). Sistem aynı zamanda EMG cihazına hareketin başladığına dair bir sinyal göndermektedir. Bu test her ayak bileği için rastgele olarak 3 kere tekrar edilmiştir. Nötral pozisyondaki testler tamamlanınca, platformun 20° plantar fleksiyon pozisyonuna gelmesi sağlanmıştır ve aynı test protokolü 20° plantar fleksiyondaki platformda tekrarlanmıştır (Şekil 4-a ve b). Testler esnasında deneklerin gözlerin açık tutulması istenmiştir. Deneklerden kollarını her iki yanda serbest şekilde bırakmaları, platformun her iki yanında güvenlik amacıyla mevcut bölüme tutunmamaları istenmiştir.



Şekil-1: Peronus longus ve tibialis anterior kaslarına elektrot yerleşimi.



Şekil-2: Deneğin ani inversiyon platformundaki yerleşimi (nötral pozisyon)

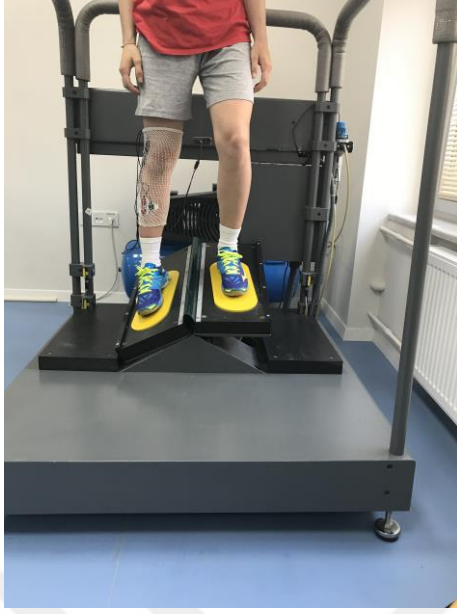


A



B

Şekil-3: Deneğin nötral pozisyondan 30° inversiyona düşme pozisyonları önden (A) ve yandan (B) görünüşleri.



A



B

Şekil-4: Deneğin 20° plantarfleksiyondan 30° inversiyona düşme pozisyonları önden (A) ve yandan (B) görünüşleri.

2.1.3. EMG Aktivitelerinin Değerlendirilmesi: Sinyaller elektrotlara yakın yerleşik, düşük geçiş filtreli (8-500 Hz, -3dB points), 12-bit analog-dijital dönüşümlü analog ayırıcı amplifikatörler ile büyütülmüş ve bir mikrobilgisayarda (Mega Electronics, ME6000 sistem) depolanmıştır. Bu birim analog EMG sinyalini 1000 Hz frekansında örneklemiştir. Kayıt sırasında, veriler optik bir kablo ile kişisel bir bilgisayara aktarılmış ve ham EMG amplitud değerleri (μV) ME6000 yazılım (MegaWin v3.1, Mega Electronics) ile otomatik olarak hesaplanmıştır. Depolanmış ham EMG verisi yazılım tarafından mutlak ortalama karekök (RMS) amplitud değerleri (μV) olarak ifade edilmiştir.

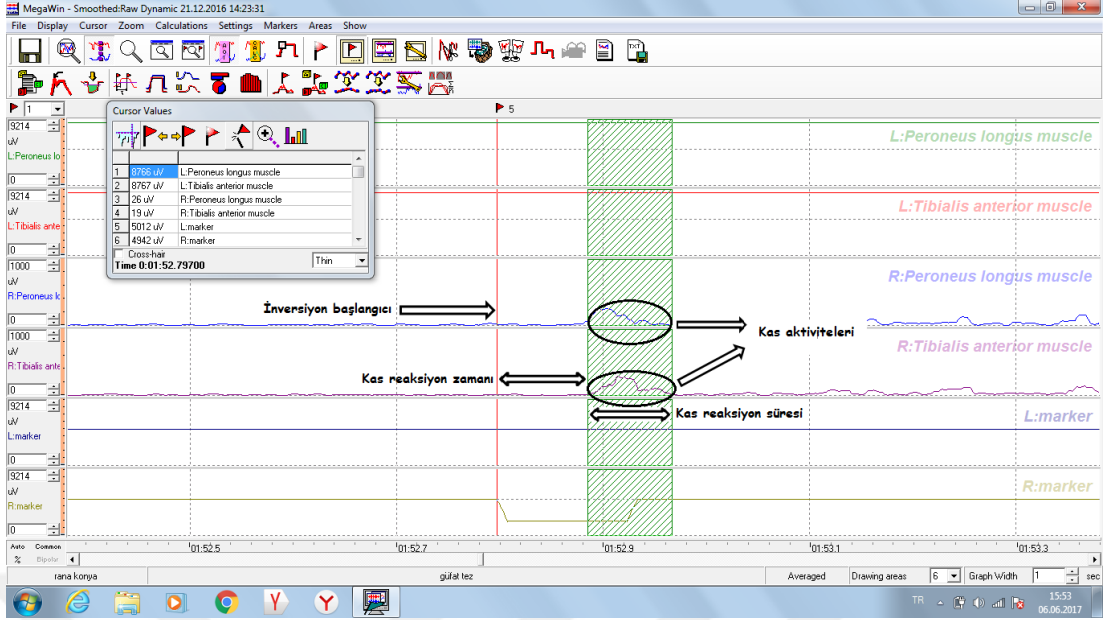
2.1.3.1. Kas Reaksiyon Zamanı: Kas reaksiyon zamanı yüzeysel EMG ile ölçülmüştür. Ayak bileği inversiyonunun başladığı noktadan itibaren ilk EMG cevabının olduğu süre kas reaksiyon zamanı olarak adlandırılmaktadır. Kas reaksiyon zamanı hesabı için; istirahatteki EMG sinyal seviyesinin 2 katını geçen kas aktivitesinin olduğu an değerlendirmeye alınmıştır ve bu değerden, platformda inversiyonun başlangıcını gösteren marker tarafından belirtilmiş süre çıkarılmıştır (Şekil-5). Bu süre EMG cihazı

yazılımı ve bilgisayar yardımı ile her bir ölçümde tibialis anterior ve peroneus longus için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Üç kere tekrarlanan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

2.1.3.2. Kas Reaksiyon Süresi: İlk EMG cevabının olduğu süre ile tekrardan istirahatteki EMG sinyal seviyesinin 2 katına indiği süre olarak tanımlanmaktadır. Ayak bileği inversiyonunun başladığı noktadan itibaren EMG cevabının oluştuktan sonra tekrardan azalarak istirahatteki EMG sinyal seviyesinin 2 katını yakaladığı süreden, reaksiyon zamanı çıkartılarak hesaplanmıştır (Şekil-5).

2.1.3.3. Kas Aktivitesi: Deneğin peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının, reaksiyon süresi boyunca göstermiş olduğu ham EMG amplitüd değerleri (μV)'nin ortalaması olarak tanımlanmaktadır (Şekil-5).

2.1.3.4. Normalizasyon: Deneğin laboratuvara her gelişinde test ölçümleri öncesinde ayak bileği dorsifleksör ve evertör kas grupları için maksimal izometrik kontraksiyon (MİK) değerleri ölçülüp, EMG ölçümleri MİK değerine göre normalleştirme işlemi yapılmıştır. Kasın reaksiyon süresi boyunca ortalama amplitüd değerleri (μV) maksimal izometrik kontraksiyon (MİK) değerlerine göre yüzdesel oran (MİK%) olarak ifade edilmiştir.

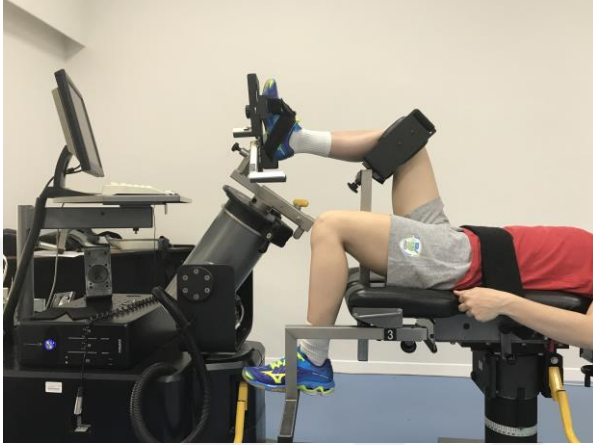


Şekil- 5: Peronus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanı, reaksiyon süresi ve aktivitelerinin EMG görüntüsü.

2.3. Bilgisayarlı İzokinetik Kuvvet Testi

Testten önce deneklere bisiklet ergometresinde 10 dakika ısınma sonrası her iki ayak bileğine test edilecek ekleme yönelik 20 saniyelik 2 set germe egzersizi yaptırılmıştır. FAİ olan deneklerin her iki ayak bileği, sağlıklı olan deneklerin dominant ayak bileği, plantarfleksör-dorsifleksör ve invertör-evertör kas kuvvetleri izokinetik dinamometre (CSMI Humac Norm, USA) kullanılarak test edilmiştir. Her ölçümden önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Plantarfleksör-dorsifleksör kas kuvvetleri ölçümü için kalça 30-40° ve diz 20-30° fleksiyonda olacak şekilde yerleştirilerek ayak bileği izokinetik dinamometrenin kuvvet platformuna bağlanmıştır. Rotasyon aksı, medial malleolu görececek şekilde ayarlanmıştır. İvertör-evertör kas kuvvetleri ölçümü için kalça 90° ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde iken ayak bileği izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir (Şekil-6). Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görececek şekilde ayarlanmıştır. Deneklerin konsentrik ve eksentrik kas kuvvetleri 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn'lik açısal hızlar için 4 tekrarlı kasılmaları içeren bir protokol ile test edilmiştir. Testler sırasında denekler sözel olarak cesaretlendirilmiştir. Testler öncesinde hastaların test uygulamalarına maksimum uyumunu sağlayabilmeleri için her açısal hızda 3

tekrarlı denemeler yaptırılmıştır. Her iki ayak bileği ölçümleri arasında 3 dakika, farklı açı ve açısal hızlar arasında 20 saniye, konsentrik ve eksentrik ölçümler arasında ise hastalara 5 dakika istirahat verilmiştir. Test sonucunda deneklerin tüm kas gruplarına ait kas kuvvet oranları izokinetik dinamometrenin yazılımı aracılığı ile elde edilmiştir.

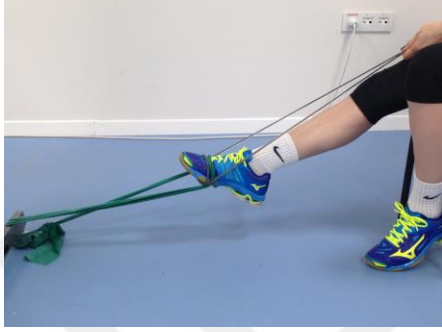


Şekil-6: Deneğin izokinetik dinamometre cihazındaki yerleşimi

3. Egzersiz programı

Egzersiz grubunda yer alan ayak bileklerine, kontrol grubundan farklı olarak ayak bileği evertör ve dorsifleksör kaslarına eksentrik içerikli theraband egzersiz programı uygulanmıştır. Egzersizler, ev egzersiz programı şeklinde planlanarak ayak bileği dorsifleksör kas grubu için denek oturur pozisyondayken ayak bileği plantar fleksiyondan elastik olmayan bir bant ya da ip yardımıyla pasif olarak dorsifleksiyona getirildikten sonra kalça fleksiyonu ile therabandın direnci artırılarak eksentrik bir şekilde kasılması sağlanmıştır (Şekil-7 a-d). Ayak bileği evertör kas grubu için denek yan yatar pozisyondayken ayak bileği inversiyondan elastik olmayan bir bant ya da ip yardımıyla pasif olarak eversiyona getirildikten sonra kalça abdüksiyonu ile therabandın direnci artırılarak eksentrik bir şekilde kasılması sağlanmıştır (Şekil-8 a-d). Bu program, egzersiz grubuna haftanın her günü ve 6 hafta süreyle uygulanmıştır. Ebatları 1.5m x 14cm olan yeşil renkli theraband ile birinci hafta 3 set, 8 tekrar ile başladıktan sonra her hafta tekrar sayısı 2'şer

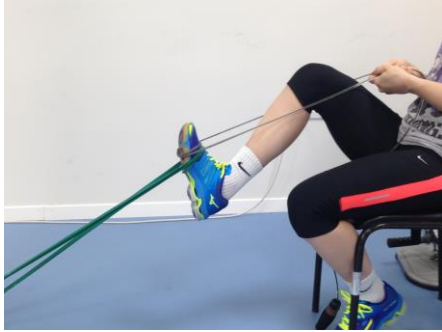
arttırılarak 3 set, 16 tekrar şeklinde program tamamlanmıştır. Deneklerin egzersiz programına uyumu açısından her hafta düzenli olarak sözel geri bildirim alınmıştır. Böylece hastaların en az 30 gün programı uygulamaları sağlanmıştır.



A



B



C

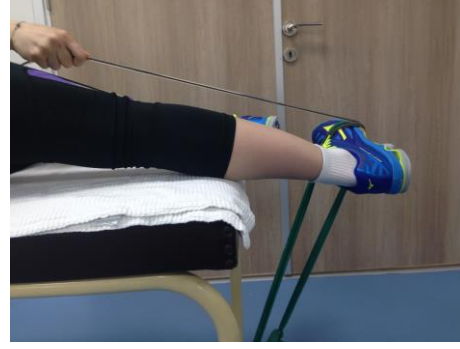


D

Şekil-7: Deneğin ayak bileği dorsifleksör kas grubuna uyguladığı eksentrik içerikli thera-band egzersizi



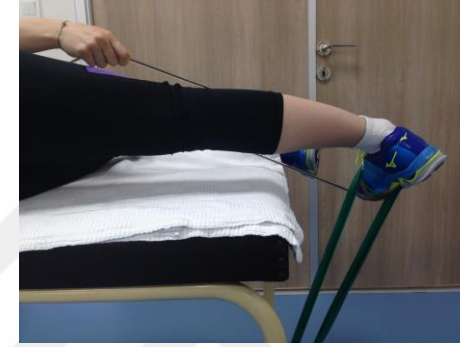
A



B



C



D

Şekil-8: Deneğin ayak bileği evertör kas grubuna uyguladığı eksentrik içerikli thera-band egzersizi

4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmede SPSS istatistik programı (version 18.0) kullanıldı. Tüm parametreleri tanımlamak için ortalama değer \pm standart sapma kullanıldı. Egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin gruplar arasındaki farklılıklarının değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) kullanıldı. Anlamlı bulunan parametrelerdeki farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere post-hoc (çoklu karşılaştırma) testlerinden "Bonferroni testi" kullanıldı. Egzersiz grubu ve diğer kontrol gruplarındaki kuvvet ve EMG parametrelerinin değişimlerini karşılaştırmak için tekrarlayan ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) varyans analiz modeli (ANOVA) kullanıldı. Varyans analizinde grup x zaman etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde "eşleştirilmiş t-testi" uygulandı. $p < 0.05$ değeri istatistiksel anlamlılık olarak alındı.

BULGULAR

Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Deneklerin fiziksel özellikleri Tablo-1’de özetlenmiştir. Test ölçümlerine başlarken, deneklerin fiziksel özellikleri olarak kabul edilen yaş, boy ve kilo parametrelerinde egzersiz ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Tablo-1: Deneklerin fiziksel özellikleri (ortalama değer \pm standart sapma).

	FAİ	SAĞLIKLI
YAŞ	21.0 \pm 1.6	21.8 \pm 1.9
BOY	168.5 \pm 7.2	166.0 \pm 5.1
KİLO	58.9 \pm 5.7	54.2 \pm 6.4

Kuvvet

FAİ grubu ile sağlıklı kontrol grubu arasında, egzersiz öncesinde, invertör kas grubunun 300°/sn açısal hızdaki konsentrik kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). Egzersiz grubu ile diğer kontrol grupları arasında evertör, plantarflexör ve dorsiflexör kas gruplarının 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn, invertör kas grubunun 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlardaki, konsentrik ve eksentrik kas kuvvetlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo-2,3,4,5,6 ve 7; $p>0.05$). Tekrarlayan ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; evertör kaslar için 180°/sn ($p<0.01$) ve 300°/sn ($p<0.01$) açısal hızdaki konsentrik ve 60°/sn ($p<0.001$), 180°/sn ($p<0.01$) ve 300°/sn ($p<0.001$) açısal hızlardaki eksentrik; dorsiflexör kaslar için ise 60°/sn açısal hızdaki konsentrik ($p<0.01$) ve 60°/sn ($p<0.001$), 180°/sn ($p<0.01$) ve 300°/sn ($p<0.05$) açısal hızlardaki eksentrik, invertör kaslar için ise 300°/sn ($p<0.05$) açısal hızdaki konsentrik kuvvetlerde

"grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-2,3,4,5,6 ve 7). Diğer kuvvet parametreleri için tekrarlayan ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları "grup x zaman" etkileşimi göstermemiştir ($p>0.05$).

"Grup x zaman" etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde, egzersiz grubunun evertör kas grubunda $180^\circ/\text{sn}$ ($p<0.05$) ve $300^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$) açısal hızlardaki konsentrik; $60^\circ/\text{sn}$ ($p<0.001$), $180^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$) ve $300^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$) açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerlerinde istatistiksel anlamlı artış gözlenmiştir (Tablo-5,6 ve 7). Egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında, egzersiz ve FAİ (sağlam) gruplarının dorsifleksör kas grubunda $60^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$ ve $p<0.05$) açısal hızda konsentrik; egzersiz grubunun dorsifleksör kas grubunda $60^\circ/\text{sn}$ ($p<0.001$), $180^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$) ve $300^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$) açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerlerinde istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur (Tablo-2,3 ve 4).

Egzersiz sonrası değerler karşılaştırıldığında egzersiz ve sağlıklı kontrol grupları arasında plantarfleksör kas grubunda $60^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$); evertör kas grubunda $60^\circ/\text{sn}$ ($p<0.05$), $180^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$) ve $300^\circ/\text{sn}$ ($p<0.05$) açısal hızlardaki konsentrik; evertör kas grubunda $60^\circ/\text{sn}$ ($p<0.01$), $180^\circ/\text{sn}$ ($p<0.05$) ve $300^\circ/\text{sn}$ ($p<0.05$) açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (Tablo-2,5,6 ve 7).

Tablo-2: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası dorsifleksör ve plantarfleksör kasların 60°/s açısal hızdaki konsentrik ve eksentrik pik tork değerleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ-EGZERSİZ+	FAİ-EGZERSİZ-	FAİ-SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
DF-CON	Ö	14.3±3.8	14.8±4.4	14.8±3.5	13.6±4.6	<0.01
	S	16.3±3.4**	14.3±3.8	16.1±3.2*	12.6±3.6	
DF-ECC	Ö	31.3±5.8	32.9±6.8	32.1±8.6	31.7±9.4	<0.001
	S	37.7±5.2***	31.3±5.8	34.0±7.9	30.4±7.3	
PF-CON	Ö	55.1±15.7	52.6±16.6	52.5±13.9	44.4±11.1	>0.05
	S	59.6±14.8 ^{aa}	55.1±15.7	53.8±11.8	40.5±12.1	
PF-ECC	Ö	108.8±42.6	112.6±36.9	108.4±36.9	89.7±34.0	>0.05
	S	108.8±39.3	108.8±42.6	109.9±32.7	76.3±22.8	

^{aa}p<0.01 (sağlıklı gruba göre) ; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DF**=Ayak bileği dorsifleksör kas grubu **PF**= Ayak bileği plantarfleksör kas grubu **CON**=Konsentrik **ECC**=Eksentrik **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-3: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası dorsifleksör ve plantarfleksör kasların 180°/s açısızdaki konsentrik ve eksentrik pik tork değerleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ- EGZERSİZ+	FAİ- EGZERSİZ-	FAİ- SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
DF- CON	Ö	11.9±2.3	12.4±2.9	11.3±2.4	10.8±3.2	>0.05
	S	13.3±2.2	11.9±2.3	12.5±3.1	11.1±3.3	
DF- ECC	Ö	32.3±6.0	32.6±6.3	34.0±8.3	32.2±10.2	<0.01
	S	37.8±4.8**	32.3±6.0	33.6±7.5	32.8±8.6	
PF- CON	Ö	37.3±12.1	38.9±11.2	35.3±10.5	29.4±10.4	>0.05
	S	40.1±10.0	37.3±12.1	38.7±10.3	28.3±11.3	
PF- ECC	Ö	100.6±30.7	105.3±38.0	99.2±30.2	81.0±25.0	>0.05
	S	98.6±28.4	100.6±30.7	101.3±30.0	71.6±18.7	

p<0.01; (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DF=Ayak bileği dorsifleksör kas grubu **PF**= Ayak bileği plantarfleksör kas grubu **CON**=Konsentrik **ECC**=Eksentrik **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-4: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası dorsifleksör ve plantarfleksör kasların 300°/s açısız hızdaki konsentrik ve eksentrik pik tork değerleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ- EGZERSİZ+	FAİ- EGZERSİZ-	FAİ- SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
DF- CON	Ö	11.8±2.1	12.8±3.4	11.4±2.4	11.2±3.2	>0.05
	S	12.5±2.2	11.8±2.1	12.3±2.7	11.3±2.8	
DF- ECC	Ö	32.8±5.4	32.4±5.8	33.3±8.3	33.3±9.5	<0.05
	S	36.8±6.0**	32.8±5.4	32.9±8.5	32.3±9.3	
PF- CON	Ö	32.3±9.3	32.3±8.3	29.8±8.2	27.2±7.7	>0.05
	S	34.2±8.3	32.3±9.3	30.3±6.7	26.8±5.8	
PF- ECC	Ö	101.4±29.8	101.0±36.7	102.8±33.7	78.7±29.7	>0.05
	S	101.5±34.5	101.4±29.8	100.6±34.9	71.1±18.5	

p<0.01; (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **DF=Ayak bileği dorsifleksör kas grubu **PF**= Ayak bileği plantarfleksör kas grubu **CON**=Konsentrik **ECC**=Eksentrik **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-5: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası invertör ve evertör kasların 60°/s açısızal hızdaki konsentrik ve eksentrik pik tork değerleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ-EGZERSİZ+	FAİ-EGZERSİZ-	FAİ-SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
İNV-CON	Ö	26.5±8.8	27.1±8.3	25.0±6.2	20.1±4.9	>0.05
	S	27.3±7.8	26.5±8.8	26.1±5.7	21.4±4.1	
İNV-ECC	Ö	32.2±12.2	32.1±12.2	29.8±7.9	26.7±8.8	>0.05
	S	30.8±12.5	32.2±12.2	30.4±10.3	27.6±8.0	
EV-CON	Ö	20.4±5.3	22.5±6.2	21.9±6.3	16.9±4.7	>0.05
	S	22.8±5.8 ^a	20.4±5.3	21.4±5.1	17.0±3.1	
EV-ECC	Ö	25.3±6.4	27.0±8.6	26.8±9.4	20.2±6.4	<0.001
	S	32.5±7.7*** ^{aa}	25.3±6.4	27.3±11.5	20.7±5.1	

^ap<0.05; ^{aa}p<0.01 (sağlıklı gruba göre) ; ***p<0.001 (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. İNV=Ayak bileği invertör kas grubu EV=Ayak bileği evertör kas grubu CON=Konsentrik ECC=Eksentrik Ö=Öncesi S=Sonrası FAİ=Fonksiyonel Ayak Bileği İstabilitesi

Tablo-6: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası invertör ve evertör kasların 180°/s açışal hızdaki konsentrik ve eksentrik pik tork değerleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ- EGZERSİZ+	FAİ- EGZERSİZ-	FAİ- SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
İNV- CON	Ö	21.9±7.1	22.8±8.6	19.8±4.2	16.9±2.8	>0.05
	S	22.6±7.2	21.9±7.1	20.6±5.0	17.0±3.0	
İNV- ECC	Ö	29.6±10.0	30.8±9.9	27.3±6.3	25.3±6.6	>0.05
	S	27.8±9.0	29.6±10.0	29.6±8.9	24.7±5.9	
EV- CON	Ö	16.8±4.5	19.1±6.3 ^{aa}	16.9±5.4	12.3±2.5	<0.01
	S	19.7±5.4 ^{aaa}	16.8±4.5	16.6±5.1	13.4±2.5	
EV- ECC	Ö	25.4±6.7	26.5±9.7	27.3±11.1	19.9±6.4	<0.01
	S	33.5±9.8 ^{aaa}	25.4±6.7	27.0±12.9	21.2±4.6	

^ap<0.05; ^{aa}p<0.01 (sağlıklı gruba göre); *p<0.05; **p<0.01 (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **İNV**=Ayak bileği invertör kas grubu **EV**= Ayak bileği evertör kas grubu **CON**=Konsentrik **ECC**=Eksentrik **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-7: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası invertör ve evertör kasların 300°/s açışal hızdaki konsentrik ve eksentrik pik tork değerleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ-EGZERSİZ+	FAİ-EGZERSİZ-	FAİ-SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
İNV-CON	Ö	21.9±6.0 ^a	21.8±6.9 ^a	21.2±5.1	15.7±2.7	<0.05
	S	20.6±4.7	21.9±6.0	19.5±5.0	18.9±3.2**	
İNV-ECC	Ö	30.2±11.9	31.8±11.3	26.8±5.7	22.7±5.0	>0.05
	S	27.5±11.0	30.2±11.9	29.2±8.7	24.0±5.8	
EV-CON	Ö	14.7±4.0	16.0±5.0 ^a	14.6±4.1	11.0±3.0	<0.01
	S	16.8±3.3** ^a	14.7±4.0*	14.8±4.6	12.3±2.8	
EV-ECC	Ö	24.3±7.6	25.4±9.4	27.5±9.4	19.6±5.2	<0.001
	S	32.3±9.9** ^a	24.3±7.6	25.3±9.6*	21.4±4.5	

^ap<0.05 (sağlıklı gruba göre); *p<0.05; **p<0.01 (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. İNV=Ayak bileği invertör kas grubu EV=Ayak bileği evertör kas grubu CON=Konsentrik ECC=Eksentrik Ö=Öncesi S=Sonrası FAİ=Fonksiyonel Ayak Bileği İstabilitesi

Peroneus Longus ve Tibialis Anterior Kas Reaksiyon Zamanları

FAİ olan deneklerin etkilenen tarafları ile sağlam tarafları ve sağlıklı kontrol grupları arasında, egzersiz öncesinde, peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanları, nötral ve plantarfleksör pozisyonlarda 15° ve 30°'de istatistiksel anlamlı olarak uzamış bulunmuştur (Tablo-8,9; p<0.001-0.05). Tekrarlayan ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; peroneus longus kasları için nötral ve plantarfleksör pozisyonlarındaki 15° (p<0.001 ve p<0.001) ve 30° (p<0.01 ve p<0.001); tibialis anterior kasları için nötral ve plantarfleksör pozisyonlarındaki 15° (p<0.001 ve p<0.001) ve 30° (p<0.001 ve p<0.001) kas reaksiyon zamanlarında "grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-8,9).

"Grup x zaman" etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde, egzersiz grubunun etkilenen ayak bileklerinin peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanları, nötral ve plantarflexör pozisyonlarda 15° ve 30°'de istatistiksel anlamlı olarak kısalma göstermiştir (Tablo-8,9; $p<0.001-0.01$). Egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında, diğer grupların ayak bileklerinin peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanları, nötral ve plantarflexör pozisyonlarda 15° ve 30°'de istatistiksel anlamlı olarak kısalma göstermemiştir (Tablo-8,9; $p<0.05$).

Tablo-8: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası peroneus longus kasının reaksiyon zamanı ölçümleri (ortalama değer \pm standart sapma)

		FAİ-EGZERSİZ+	FAİ-EGZERSİZ-	FAİ-SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
PL-N-15	Ö	101.6 \pm 8.5 ^{aaa}	100.9 \pm 10.4 ^{aa}	92.0 \pm 4.1	85.3 \pm 11.8	<0.001
	S	83.6 \pm 5.2 ^{***}	101.6 \pm 8.5	88.1 \pm 6.0	87.4 \pm 16.6	
PL-N-30	Ö	96.3 \pm 9.5	102.1 \pm 18.3 ^{aabbb}	78.4 \pm 15.9	80.0 \pm 15.1	<0.01
	S	75.9 \pm 10.2 ^{***}	96.3 \pm 9.5	82.3 \pm 8.1	77.8 \pm 10.4	
PL-PF-15	Ö	97.1 \pm 14.9 ^{aabbb}	104.1 \pm 13.7 ^{aaabbb}	79.9 \pm 8.5	79.3 \pm 9.4	<0.001
	S	80.6 \pm 10.2 ^{**}	97.1 \pm 14.9	82.6 \pm 7.3	85.8 \pm 13.8 ^{**}	
PL-PF-30	Ö	101.8 \pm 15.3 ^{aab}	104.4 \pm 15.3 ^{aaabbb}	85.8 \pm 10.4	80.1 \pm 10.8	<0.001
	S	72.6 \pm 16.1 ^{***}	101.8 \pm 15.3	85.1 \pm 8.7	81.3 \pm 9.2	

^{aa} $p<0.01$; ^{aaa} $p<0.001$ (sağlıklı gruba göre) ; ^b $p<0.05$; ^{bb} $p<0.01$; ^{bbb} $p<0.001$ (sağlam tarafa göre); ^{**} $p<0.01$; ^{***} $p<0.001$ (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir.. **PL**= Peroneus longus kası **N**=Nötral pozisyon **PF**= Plantar fleksiyon pozisyonu **15**=15° inversiyon **30**=30° inversiyon **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-9: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası tibialis anterior kasının reaksiyon zamanı ölçümleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ-EGZERSİZ+	FAİ-EGZERSİZ-	FAİ-SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
TA-N-15	Ö	102.3±9.3 ^{aabb}	102.6±10.7 ^{aabb}	88.9±8.2	86.3±10.1	<0.001
	S	87.8±8.3**	102.3±9.3	85.7±10.5	89.6±15.2	
TA-N-30	Ö	101.4±13.7 ^{ab}	101.7±18.8 ^{ab}	81.5±13.7	83.0±15.1	<0.001
	S	79.8±6.1**	101.4±13.7	87.2±8.4	83.6±10.4	
TA-PF-15	Ö	99.1±11.6 ^{aaabb}	101.4±14.4 ^{aaabb}	82.3±6.9	79.9±6.6	<0.001
	S	80.5±9.2**	99.1±11.6	81.5±6.4	88.4±12.4*	
TA-PF-30	Ö	101.3±13.4 ^a	103.8±15.3 ^{aab}	87.5±9.3	84.6±11.5	<0.001
	S	77.7±8.9***	101.3±13.4	87.0±7.9	86.5±10.4	

^ap<0.05; ^{aa}p<0.01; ^{aaa}p<0.001 (sağlıklı gruba göre); ^bp<0.05; ^{bb}p<0.01; (sağlam tarafa göre); *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 (egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **TA** =Tibialis anterior kası **N**=Nötral pozisyon **P**=Plantarflexiyon pozisyonu **15**=15° inversiyon **30**=30° inversiyon **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Peroneus Longus ve Tibialis Anterior Kas Reaksiyon Süreleri

FAİ olan deneklerin etkilenen tarafları ile sağlam tarafları ve sağlıklı kontrol grupları arasında, egzersiz öncesinde, peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının kas reaksiyon süreleri ölçümünde, nötral ve plantarflexör pozisyonlarda 15° ve 30°de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo-10,11; p>0.05). Tekrarlayan ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında peroneus longus ve tibialis anterior kasları için nötral ve plantarflexör pozisyonlarındaki 15° ve 30° kas reaksiyon sürelerinde "grup x zaman" etkileşimi göstermemiştir (Tablo-10,11; p>0.05).

Tablo-10: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası peroneus longus kasının reaksiyon süresi ölçümleri (ortalama değer \pm standart sapma)

		FAİ- EGZERSİZ+	FAİ- EGZERSİZ-	FAİ- SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
PL- N-15	Ö	65.2 \pm 15.9	70.7 \pm 18.2	69.9 \pm 14.0	65.1 \pm 21.1	>0.05
	S	71.1 \pm 15.9	65.2 \pm 15.9	70.8 \pm 15.2	66.1 \pm 16.2	
PL- N-30	Ö	62.4 \pm 22.1	60.6 \pm 13.8	73.3 \pm 30.0	64.3 \pm 17.8	>0.05
	S	63.9 \pm 20.1	62.4 \pm 22.1	57.8 \pm 9.4	60.4 \pm 12.4	
PL- PF-15	Ö	64.0 \pm 24.6	69.0 \pm 24.0	72.3 \pm 19.9	62.9 \pm 16.3	>0.05
	S	56.8 \pm 14.8	64.0 \pm 24.6	65.8 \pm 20.3	52.0 \pm 14.2	
PL- PF-30	Ö	59.2 \pm 22.4	71.4 \pm 14.7	67.2 \pm 19.0	68.3 \pm 19.8	>0.05
	S	55.3 \pm 16.8	59.2 \pm 22.4	68.5 \pm 16.8	68.2 \pm 16.4	

PL= Peroneus longus kası **N=**Nötral pozisyon **PF=** Plantar fleksiyon pozisyonu **15=**15° inversiyon **30=**30° inversiyon **Ö=**Öncesi **S=**Sonrası **FAİ=**Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-11: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası egzersiz öncesi ve sonrası tibialis anterior kasının reaksiyon süresi ölçümleri (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ- EGZERSİZ+	FAİ- EGZERSİZ-	FAİ- SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
TA- N-15	Ö	73.6±19.2	81.3±24.0	78.7±21.0	71.1±18.0	>0.05
	S	66.4±15.9	73.6±19.2	77.4±20.0	66.7±17.9	
TA- N-30	Ö	66.5±21.8	60.7±14.4	75.0±25.8	60.3±28.4	>0.05
	S	60.3±14.4	66.5±21.8	65.6±10.4	66.2±18.2	
TA- PF-15	Ö	72.8±23.3	70.5±19.7	81.2±19.4	67.5±21.2	>0.05
	S	57.3±18.2	72.8±23.3	75.8±21.1	65.8±20.2	
TA- PF-30	Ö	74.7±16.5	79.6±24.6	79.0±17.0	66.7±20.4	>0.05
	S	59.1±12.8	74.7±16.5	74.5±16.9	73.4±22.6	

TA =Tibialis anterior kası N=Nötral pozisyon PF= Plantarfleksiyon pozisyonu 15=15° inversiyon 30=30° inversiyon Ö=Öncesi S=Sonrası FAİ=Fonksiyonel Ayak Bileği Instabilitesi

Peroneus Longus ve Tibialis Anterior Kas Aktiviteleri

FAİ olan deneklerin etkilenen tarafları ile sağlam tarafları ve sağlıklı kontrol grupları arasında, egzersiz öncesinde, peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının maksimal izometrik kontraksiyon (MİK) değerlerine göre yüzdesel oran olarak ifade edilen kas ortalama aktiviteleri ölçümünde, nötral ve plantarfleksör pozisyonlarda 15° ve 30°'de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo-12,13; $p>0.05$). Tekrarlayan ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında peroneus longus kası için plantarfleksör pozisyonlarındaki 30° kas ortalama aktiviteleri "grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-12,13; $p<0.05$). Diğer kas ortalama aktiviteleri parametreleri için tekrarlayan

ölçümlü 4 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları "grup x zaman" etkileşimi göstermemiştir (Tablo-12,13; $p>0.05$).

"Grup x zaman" etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde, FAİ olan deneklerin sağlam ayak bilekleri grubunda peroneus longus kaslarında plantarfleksör pozisyonlarındaki 30° kas ortalama aktiviteleri değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur (Tablo-12; $p<0.05$).

Tablo-12: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası egzersiz öncesi ve sonrası peroneus longus kasının reaksiyon süresi boyunca ortalama aktivite ölçümleri (MİK%) (ortalama değer \pm standart sapma)

		FAİ- EGZERSİZ+	FAİ- EGZERSİZ-	FAİ- SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
PL- N-15	Ö	14.8 \pm 7.2	15.6 \pm 8.9	13.6 \pm 4.2	21.3 \pm 12.7	>0.05
	S	14.8 \pm 11.9	14.8 \pm 7.2	21.3 \pm 10.0	20.7 \pm 7.4	
PL- N-30	Ö	13.5 \pm 7.7	15.8 \pm 7.6	17.7 \pm 13.6	19.0 \pm 10.2	>0.05
	S	14.0 \pm 6.8	13.5 \pm 7.7	19.0 \pm 11.0	19.9 \pm 11.9	
PL- PF-15	Ö	10.8 \pm 7.9	13.8 \pm 7.5	12.8 \pm 4.6	17.3 \pm 8.1	>0.05
	S	11.0 \pm 4.0	10.8 \pm 7.9	13.5 \pm 7.0	18.4 \pm 9.4	
PL- PF-30	Ö	14.4 \pm 6.9	16.6 \pm 11.0	14.9 \pm 7.3	22.8 \pm 7.8	<0.05
	S	13.6 \pm 4.4	14.4 \pm 6.9	20.3 \pm 11.9*	17.3 \pm 10.0	

* $p<0.05$; (FAİ grubunda, egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **PL**= Peroneus longus kası **N**=Nötral pozisyon **PF**= Plantar fleksiyon pozisyonu **15**=15° inversiyon **30**=30° inversiyon **Ö**=Öncesi **S**=Sonrası **FAİ**=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

Tablo-13: FAİ olan deneklerin egzersiz programına başlamadan önceki 6 haftalık kontrol döneminde (FAİ Egzersiz-), egzersiz programını uyguladığı dönemde (FAİ Egzersiz+), sağlam ayak bileklerinde (FAİ-Sağlam) ve sağlıklı deneklerin ayak bileklerinde (Sağlıklı) egzersiz öncesi ve sonrası egzersiz öncesi ve sonrası tibialis anterior kasının reaksiyon süresi boyunca ortalama aktivite ölçümleri (MİK%) (ortalama değer ± standart sapma)

		FAİ-EGZERSİZ+	FAİ-EGZERSİZ-	FAİ-SAĞLAM	SAĞLIKLI	P değeri (Grup x Zaman)
TA-N-15	Ö	6.7±4.3	8.9±5.7	6.2±4.7	8.7±8.3	>0.05
	S	4.8±2.0	6.7±4.3	6.9±4.9	9.0±6.1	
TA-N-30	Ö	4.8±2.3	6.3±3.3	7.3±5.5	6.1±7.1	>0.05
	S	4.0±1.1	4.8±2.3	5.3±5.3	7.2±5.3	
TA-PF-15	Ö	7.4±4.7	9.4±5.0	6.3±5.5	9.3±7.4	>0.05
	S	5.0±3.7	7.4±4.7	6.3±2.9	6.8±4.2	
TA-PF-30	Ö	10.2±6.7	8.2±3.9	7.8±7.1	8.7±8.2	>0.05
	S	6.3±4.9	10.2±6.7	7.0±4.8	6.7±7.3	

TA =Tibialis anterior kası N=Nötral pozisyon PF= Plantarflexiyon pozisyonu 15=15° inversiyon 30=30° inversiyon Ö=Öncesi S=Sonrası FAİ=Fonksiyonel Ayak Bileği İnstabilitesi

TARTIŞMA VE SONUÇ

FAİ olan ayak bileğinin evertör ve dorsifleksör kas gruplarına uygulanan eksentrik içerikli thera-band egzersizin kuvvet ve EMG aktiviteleri üzerine etkisinin incelendiği bu çalışma sonucunda 1) Egzersiz grubunun dorsifleksör kas grubunda 6 hafta egzersiz süresi sonunda test edilen tüm açısal hızlarda eksentrik ve 60°/sn açısal hızda konsentrik kuvvet artışı gözlenmiştir; 2) Egzersiz grubu evertör kas grubunda 6 hafta egzersiz süresi sonunda test edilen tüm açısal hızlardaki eksentrik ve 180°/sn ve 300°/sn açısal hızdaki konsentrik pik tork değerlerinde artış bulunmuştur; 3) Egzersiz grubunun plantarfleksör ve invertör kas gruplarının eksentrik ve konsentrik kuvvet ölçümlerinde anlamlı değişiklik saptanmamıştır; 4) Egzersiz grubunun etkilenen ayak bileklerinin peroneus longus kas reaksiyon zamanları, nötral ve plantarfleksör pozisyonlarda 15° ve 30°'de anlamlı olarak kısalmıştır; 5) Egzersiz grubunun etkilenen ayak bileklerinin tibialis anterior kas reaksiyon zamanları, nötral ve plantarfleksör pozisyonlarda 15° ve 30°'de anlamlı olarak kısalmıştır; 6) Diğer gruplarda ayak bileklerinde yapılan peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanları ölçümlerinde egzersiz sonrasında anlamlı hiçbir gelişme gözlenmemiştir; 7) Tüm gruplarda egzersiz süresi sonunda yapılan peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon süreleri ölçümlerinde anlamlı hiçbir değişim gözlenmemiştir; 8) Egzersiz grubunun sağlam taraflarında egzersiz sonrasında peroneus longus kasının reaksiyon süresi boyunca ortalama aktivitesinde plantarfleksör pozisyonunda 30°'de anlamlı bir gelişme gözlenirken, diğer pozisyonlarda ve tibialis anterior anterior kasının reaksiyon süresi boyunca ortalama aktivite ölçümlerinde anlamlı hiçbir değişiklik gözlenmemiştir. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, FAİ olan deneklerin dorsifleksör ve evertör kaslarına eksentrik içerikli thera-band egzersiz modeli uygulanarak kuvvet ve EMG aktivitelerinin incelendiği ilk çalışmadır.

Kuvvet

Dinamik eklem stabilitesini etkileyen önemli bir faktör antagonist kas gruplarının koaktivasyonudur. Peroneal kasların, fonksiyonel ayak bileği instabilitesinde (FAİ) invertör mekanizmaya karşı koyabilmesi için yeterince kuvvetli olması gerektiği düşünülür (16, 17, 44). Evertör kaslarda kuvvet kaybı, bu kasların inversiyon burkulmasından korunmayı sağlayan inversiyona direnç ve ayağı tekrar nötral pozisyona getirme yeteneğini azaltır (24). Yapılan çalışmaların bazılarında FAİ olan hastalarda, sağlıklı bireylere göre evertör kaslarda eksentrik kuvvet kaybı olduğu gösterilmiştir (22, 25, 62). Willems ve ark. (22) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarla sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 30°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda evertör ve invertör kasların konsentrik ve eksentrik kuvvetlerinde kayıp olduğunu bildirmişlerdir. Hartsell ve Spaulding (25) ise kronik ayak bileği instabilitesi olanları sağlıklı ayak bilekleri ile karşılaştırıldığında; evertör kasların, 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn ve 240°/sn açısal hızlarda eksentrik kuvvetinde anlamlı kayıp olduğunu göstermişlerdir. Yıldız ve ark. (62) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarla sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde evertör kasların 120°/sn açısal hızda eksentrik kuvvetinde kayıp olduğunu göstermişlerdir. Abdel-Aziem ve ark. (29) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarla sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında 60°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda eversiyon/inversiyon eksentrik kuvvet oranlarında anlamlı düşüklük ayrıca evertör kas grubunun eksentrik kuvvetlerinde kayıp olduğunu göstermişlerdir. Hancı ve ark. (63) yapmış oldukları çalışmada ise tek taraflı FAİ olan bireylerde etkilenen ayak bileği sağlam karşı taraf ayak bileği ile karşılaştırıldığında evertör ve dorsifleksör kas gruplarının eksentrik kuvvetlerinde bir fark olmadığını göstermişlerdir. Bu çalışmanın sonucuna benzer bir şekilde bazı çalışmalarda da tek taraflı FAİ olan bireylerde etkilenen ayak bileği sağlam karşı taraf ayak bileği ile karşılaştırıldığında evertör kas gruplarının hem eksentrik hem de konsentrik kuvvetlerinde bir fark gösterilememiştir (13, 19, 24, 26, 27).

İlginç olarak, FAİ olan hasta gruplarında invertör kas kuvvetinde kayıp olduğu gösterilen çalışmalar mevcuttur (19, 20, 24, 64, 65). Ryan (64) inversiyon güçsüzlüğünü; ayak bileği invertörlerinin selektif refleks inhibisyonu ya da peroneal sinirin aşırı gerilimi sonucu, derin peroneal sinir disfonksiyonu sonucunda ortaya çıkmış olabileceği hipotezleri ile açıklamıştır. Swearingen ve Dehne (66) selektif inhibisyonu; yaralanan bağlarda gerilme stresini arttırabilen kasları inhibe eden refleks mekanizmanın tetiklenerek yaralanmış eklemden stres toleransı olarak tanımlamışlardır. Böylece ayak bileği invertörlerinin yaralanma yönündeki ilk başlangıç hareketini inhibe edebileceği düşüncesi savunulmaktadır (67). Ayrıca, invertör kas fonksiyonları ile ilişkili motor nöron topluluğunun, lateral ayak bileği burkulması ile daha az uyarılırken; evertör kas fonksiyonları ile ilişkili olanların aynı düzeyde etkilenmediği de belirtilmektedir (67). Ayak bileğindeki evertör ve invertör kas grupları arasındaki kuvvet dengesizliğinin yansıması olarak da invertör kaslarda kuvvet kaybı olabileceği öne sürülmüştür (24). Diğer yandan; başka güncel çalışmalarda, yaralanmış ekstremiteler ile karşı sağlam ekstremiteler karşılaştırıldığında invertör kas kuvvetlerinde kayıp olmadığı da gösterilmiştir (19, 26, 62).

Bazı çalışmalarda da FAİ olan bireylerde ayak bileği dorsifleksör ve plantarfleksör kas gruplarının kuvvetleri değerlendirilmiştir (29, 68). Abdel-Aziem ve ark. (29) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarla sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında 60°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda plantarfleksör kas grubunun eksentrik kuvvetinde anlamlı düşüklük saptarken, dorsifleksör kas grubunun eksentrik kuvvetlerinde kayıp olmadığını göstermişlerdir. Ayrıca FAİ olan bu bireylerde dorsifleksör/plantarfleksör eksentrik kuvvet oranlarında anlamlı yükseklik olduğunu göstermişlerdir (29). Fox ve ark. (68) ise plantarfleksör kas güçsüzlüğünün; burkulma esnasında gastroknemius-soleus kompleksindeki hasarlanma ya da burkulmayı takiben gelişen deafferentasyon (afferent yollarla gelen uyarıların kesilmesi ile) sonucu motor ünite uyarılabilirliğindeki azalma sonucu oluşabileceğini ileri sürmüştür. Aynı çalışmada, invertör,

evertör ve dorsifleksör kas gruplarında eksentrik kuvvet kaybı saptanmamıştır (68).

İzokinetik sistemler, istenen kas ya da kas grubunu spesifik olarak çalıştırabilmesi, hız sağlaması, çalışmalarda kasta güvenli bir şekilde kuvvet artışı sağlaması, kas performansı hakkında ölçülebilen değerler verebilmesi nedeni özellikle kas yaralanmalarının rehabilitasyonunda ve takibinde ve sporcuların antrenmanlarında tercih edilen yöntemler olmuştur (69). İzokinetik dinamometre ile kuvvet ölçümlerinde; dinamometrenin doğruluğu, ölçülen parametrelerin tekrarlanabilir olması, test protokolleri, test uygulayan ve uygulanan birey ile ilişkili faktörler test güvenilirliğini etkileyebilir (69). Ayrıca test esnasında uygulayan kişi sürekli şekilde sözel, görsel geribildirim vermelidir (70). Deneğin cihaza uygun şekilde yerleştirilmemesi ölçümlerde farklı değerlerle karşılaşılmasına sebep olabilir (71). Cihazdaki kısa kaldıraç kolu ile birlikte kesitsel kas alanının küçük olması, deneğin cihazdaki pozisyonunu daha da önemli hale getirir. Kuvvet testleri sırasında setler arası verilen dinlenme sürelerinin kısa olması da, testlerdeki kuvvet değerlerini anlamlı şekilde etkileyebilir (70). İzokinetik dinamometrenin, ayak bileği kaslarının kuvvet ölçümlerindeki güvenilirliği farklı çalışmalarda gösterilmiştir (35, 72-75). FAİ de özellikle ayak bileği invertör ve evertör kaslarının değerlendirilmesi önemlidir (18-20). Bu kaslar için bakılan güvenilirlik çalışmalarından birinde Amarel De Noronha ve ark. (74) lateral ayak bileği burkulması olan hastalarda 120°/s açısal hızda yüksek güvenilirlik saptamıştır. Munn ve ark. (19) da FAİ olan hastalarda, konsentrik ve eksentrik modlarda, hem evertör hem de invertör kaslar için 60°/s ve yüksek 120°/s açısal hızlarda yüksek güvenilirlik gözlemlemiştir. Benzer olarak Şekir ve ark. (35) da FAİ olan hastalarda evertör ve invertör kaslar için, 120°/s açısal hızda yüksek güvenilirlik bulmuştur. Yapılan bu çalışmada, ayak bileği test protokolünde invertör, evertör, plantarfleksör ve dorsifleksör kas gruplarının eksentrik ve konsentrik kuvvet ölçümleri 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda yapılmıştır.

Ayak bileği burkulmaları genellikle ayak bileği plantarfleksiyondayken inversiyon travmasının eklenmesiyle oluşmaktadır. Bu ani hareket paterni

sırasında dorsifleksör ve evertör kaslar eksentrik kasılmaktadırlar. Ayrıca bazı çalışmalarda (16, 17, 25, 62) FAİ'de evertör kaslardaki eksentrik kuvvet kaybı olduğu gösterilmiştir. Bu nedenlerden dolayı, her ne kadar rehabilitasyon programlarında ayak bileğinin kas kuvvetini, propriosepsiyonunu ve fonksiyonel kapasitesini geliştiren farklı egzersiz programları mevcut olsa da bizim çalışmamızda dorsifleksör ve evertör kaslara yönelik eksentrik içerikli bir egzersiz programı uygulamak düşünülmüştür. Bununla beraber, egzersiz programında günlük hayatta ulaşılabilirliğinin kolay, maliyetinin düşük ve kullanımının pratik olmasından dolayı thera-band kullanılmıştır. Ayrıca, egzersiz programının standardizasyonunu sağlamak için bireylere görsel kaynaklar da sağlanmıştır.

Hancı ve ark. (63) yapmış oldukları çalışmada FAİ olan bireylerin ayak bileklerine izokinetik eksentrik-konsentrik kasılma içerikli bir egzersiz programı sonrasında etkilenen ayak bileği sağlam karşı taraf ayak bileği ile karşılaştırıldığında bizim çalışmamıza benzer olarak evertör ve dorsifleksör kas gruplarında anlamlı eksentrik kas kuvveti artışı olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada, egzersiz ve test protokolleri izokinetik dinamometre ile uygulanmıştır. Bizim çalışmamızda ise, egzersiz uygulamaları thera-band ile uygulanırken testler izokinetik dinamometre ile yapılmıştır. Her ne kadar izokinetik dinamometre ile yapılan egzersiz programları standart bir yaklaşıma sahip olsa bizim de çalışmamızda egzersizin etkisinin yeterince gösterilebilmesi için egzersiz programına başlamadan önce FAİ olan bireylerde 6 haftalık kontrol dönemi oluşturulmuştur. Bununla birlikte izokinetik cihazlara günlük hayatta ulaşılabilirliğin zor, pahalı ve uygulayıcıya ihtiyaç olmasından dolayı egzersiz programını thera-band aracılığıyla uygulanmıştır.

Han ve Ricard (53) tek taraflı ayak bileği burkulma öyküsü olanlar ile sağlıklı bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada 2 gün/hafta olacak şekilde 4 haftalık elastik tüp yardımıyla uygulanan egzersiz programının evertör kas kuvveti üzerine etkisini araştırmışlardır. 4 hafta sonrasında egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında evertör kas kuvvetinde istatistiksel anlamlı farklılık

saptanmadığı bildirilmiştir. Bahsedilen çalışmada egzersiz programında elastik tüp kullanılmakla birlikte denekler burkulmuş ayak bileği üzerinde denge sağlarken etkilenmemiş tarafın kalça ekleminden fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon ve adduksiyon hareketini dirence karşı yapmışlardır. Kuvvet testleri ise izotonik olarak (1-RM) yapılmıştır ve bu yöntem çalışmamızda kullandığımız izokinetik dinamometre kadar güvenilir değildir. Ayrıca, 2 gün/hafta olacak şekilde 4 haftalık egzersiz periyodu kastaki nöral adaptasyonlar için yeterli olsa da kuvvet gelişimi için yeterli olmayabilir. Bizim çalışmamızda 6 haftalık eksentrik egzersiz programı sonrasında evertör ve dorsifleksör kaslarda anlamlı kuvvet artışı saptanmıştır. Bununla birlikte bizim çalışmamızda mevcut olan bu çalışmadan farklı olarak açık kinetik zincir egzersizlerden oluşan bir program uygulanmıştır. Bu durum da bireylere geniş bir eklem hareket açıklığında çalışarak kuvvet gelişimi sağlamış olabilir.

Docherty ve ark. (51) FAİ olan hastalarda progresif dirençli kuvvet antrenmanlarının etkisini ele almışlardır. Docherty ve ark. (51) tek taraflı FAİ olan bireylerde 6 haftalık progresif-dirençli kuvvet çalışmalarının eversiyon ve dorsifleksiyon kas kuvvetinde gelişim meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Ancak, bahsedilen çalışmada çalışmada kuvvet ölçümlerinde manuel dinamometre kullanılırken, bizim çalışmamızda izokinetik dinamometre kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan manuel dinamometrenin güvenilirliğine ait veri ortaya koymamışlardır. Manuel dinamometre metodu geçerli ve güvenilir olsa dahi, eklem hareket açıklığının bir noktasındaki kuvvet ölçümü, belirlenmiş bir eklem hareket açıklığı boyunca yapılan ölçüm kadar doğru değerlendirme sağlaması mümkün değildir. Bu bilgiler, izokinetik kuvvet testi ölçümlerinin ne kadar fayda sağladığını desteklemektedir. Buna ek olarak ayak bileği dorsifleksör ve plantar fleksör kas kuvvetini manuel ve izokinetik dinamometre ile değerlendiren Andersen ve Jakobsen (76) manuel testlerin kas güçsüzlüğünün sıklığını ve ciddiyetini yeterince gösteremediğini savunmuşlardır.

Diğer yandan, Lee ve ark. (50) ayak bileği instabilitesi olanlarda 4 haftalık germe, thera-band ve nöromusküler kontrol egzersizlerinden oluşan programın kuvvet ve fonksiyonelliğe olan etkisi araştırılmıştır. Bahsedilen

çalışmada 4 fazdan [Faz 1: germe egzersizleri (dorsifleksör ve plantarfleksör kaslara yönelik) + geriye doğru yürüme, Faz 2: thera-band egzersizleri (invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslara yönelik), Faz 3: izometrik egzersiz + tek bacak sıçrama, Faz 4: denge egzersizleri] oluşan egzersiz programı uygulanmıştır. Egzersiz programı öncesi ve sonrası kuvvet ölçümleri çalışmamızda kullandığımız izokinetik dinamometre ile 30°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda yapılmış olup 30°/sn açısal hızda evertör, invertör ve plantarfleksör kaslarda, 120°/sn açısal hızda ise dorsifleksör kaslarda dahil olmak üzere tüm kas gruplarında anlamlı kuvvet artışı bildirilmiştir.

Şekir ve ark. (24) FAİ olan rekreasyonel sporcularla yapmış oldukları çalışmada; propriosepsiyon, fonksiyon ve kuvvet kayıplarını inceleyerek, izokinetik egzersizin bu parametrelere etkisini araştırmışlardır. Tek taraflı FAİ olan rekreasyonel sporcuların yaralanmış ayak bileklerinin invertör ve evertör kas gruplarına, 6 hafta süre boyunca 120°/sn açısal hızda 3 set 15 tekrardan oluşan konsentrik modda izokinetik egzersiz programı uygulamışlardır. Egzersiz öncesi ve sonrası invertör ve evertör kas gruplarının kuvvet değerlerini ise hem konsentrik hem de eksentrik olarak 120°/sn açısal hızda ölçmüşlerdir. Evertör ve invertör kas gruplarının konsentrik kuvvetlerinde, izokinetik egzersiz uygulamaları sonrasında anlamlı artış olduğunu göstermişlerdir. Bu sonuçlar FAİ'de kuvvet kazanımında izokinetik egzersizin etkinliğini desteklemektedir. Şekir ve ark.'nın (24) çalışmasında egzersiz öncesindeki ilk ölçümlerde invertör kasların konsentrik kuvvetinde gruplar arası fark gözlenirken, bizim çalışmamızda ilk ölçümlerde 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda plantarfleksör, dorsifleksör, invertör ve evertör kas gruplarının eksentrik pik kuvvetleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Bununla beraber araştırmamızda 6 hafta boyunca evertör ve dorsifleksör kaslara yönelik eksentrik içerikli egzersiz programı uygulandıktan sonra her iki kas grubunda da test edilen açısal hızlarda istatistiksel olarak anlamlı eksentrik kuvvet artışı gözlenmiştir.

Uh ve ark. (77) sağlıklı ayak bileği olan 20 gönüllüyü önce egzersiz ve kontrol grubu olarak ikiye ayırmışlardır. Egzersiz grubunun dominant ayak bileklerinin invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslarına izokinetik

dinamometre ile 8 hafta boyunca 30°/sn, 60°/sn, 90°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda konsentrik ve 30°/sn, 60°/sn ve 90°/sn açısal hızlarda eksentrik egzersiz programı uygulanmıştır. Sekiz hafta sonrasında izokinetik pik tork, güç ve dayanıklılık değerlendirilmiştir. Tüm yönlerde, tüm modlarda ve tüm açısal hızlarda, dominant ayak bileği çalışan egzersiz grubunda, dominant ayak bileğinde %8.5; çalıştırılmayan karşı taraf ayak bileğinde %1.5 kuvvet gelişimi gözlenmiştir. Egzersiz periyodu olan 8 hafta boyunca, izokinetik dinamometre ile çalıştırılmayan diğer ayak bileğinde egzersizler boyunca kasılma olmaması için tüm önlemler alınmasına rağmen ve deneklerin hiçbir egzersiz yapmamaları konusunda sıkı şekilde bilgilendirilmesine rağmen çalıştırılmayan ayak bileği, çalışan ayak bileği gibi kuvvet gelişimi göstermiştir. Bu çapraz etki en fazla 120°/sn açısal hızdaki eksentrik inversiyon hareketinde görülmekle beraber hareket yönü, modu ve hızı ile grupların pik torkları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Bu çapraz etkinin olası sebepleri olarak; 1) nöromusküler uyarılabilirliğin artması 2) egzersiz yapmayan tarafa santral inhibitor uyarıların azalması 3) egzersiz yapmayan tarafta egzersiz sırasında fark edilmeyen izometrik kasılmalar gösterilmektedir (77). Bizim çalışmamızda, egzersiz grubunda etkilenmeyen ayak bileğinde plantarfleksör, dorsifleksör, invertör ve evertör kas gruplarının eksentrik kuvvetlerinde hiçbir açısal hızda anlamlı pik tork artışı saptanmamıştır. Buradan yola çıkarak bizim çalışmamızda anlamlı çapraz etki olmadığı sonucuna varılabilir.

Daha önceki çalışmalarda rehabilitasyon programlarında sıkça kullanılan thera-band egzersizleri düşük miktarda eksentrik komponent içermektedirler. Bizim çalışmamızda eksentrik içerikli bir rehabilitasyon programı uygulanmıştır. FAİ olanlarda eksentrik içerikli egzersiz programlarına dair yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda yapılacak çalışmalarla FAİ olan bireylerdeki değerlerle ilgili daha fazla bilgi sahibi olunarak, bu tipte yaralanmaların önlenmesi, tedavisi ve takibinde kullanılacak egzersiz modelleri geliştirilebilir.

Kas Reaksiyon Zamanı

Ayak bileği sensorimotor kontrolünü inceleyen çok sayıda metod vardır. Bu metodlardan biri olan, ani ayak bileği inversiyon analizi ile peroneal kas reaksiyon zamanı ölçümü, ilk kas motor cevabından inversiyon hareketi başlangıcının farkıdır ve yüzeysel EMG ile ölçülür (39). Bizim çalışmamızda tek taraflı FAİ olan deneklerin etkilenen ve sağlam tarafları ile sağlıklı deneklerin dominant taraflarındaki peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanları egzersiz periyodu öncesinde ve sonrasında ölçülmüş ve egzersiz grubuna uygulanan 6 haftalık eksentrik içerikli thera-band egzersizin bahsedilen kasların reaksiyon zamanlarına etkisi araştırılmıştır.

Benesh ve ark. (78) 30 sağlıklı sedanter kişide simülasyon platformu kullanılarak 30° inversiyona düşme sırasında peroneus longus ve brevis kaslarının reaksiyon zamanlarını incelemiştir. Normal kas reaksiyon zamanı peroneus longus için 63 ms, peroneus brevis için 66 ms bulunmuştur. Bahsedilen çalışmada, peroneal kaslar arasındaki bu fark, peroneus brevis kasının daha distal yerleşimli olması dolayısıyla efferentlerin kas aktivasyonu için daha uzun yol izlemesi gerekliliği ile açıklanmıştır. Ayrıca, sağlıklı bireylerde her iki ayak bileğinin kas reaksiyon zamanları birbirine yakın bulunmuş ve cinsiyetler arasında anlamlı fark gözlenmemiştir (78). Bizim çalışmamızda egzersiz öncesi yapılan testlerde nötral pozisyonda 30° inversiyon testinde peroneus longus kas reaksiyon zamanı (PRZ) egzersiz grubunun etkilenen tarafında 96 ms ve sağlam taraflarında 78 ms; sağlıklı kontrol grubunun dominant taraflarında 80 ms bulunmuştur. Löffenberg ve ark. (41) FAİ olan bireylerle sağlıklı kontrol grubunu karşılaştırdıkları çalışmada PRZ'de anlamlı uzama (FAİ olan grupta kas reaksiyon zamanı = 65 ms, sağlıklı deneklerin kas reaksiyon zamanı=49 ms) saptamıştır. Aynı araştırmacıların yaptığı bir başka çalışmada, FAİ olan hastalarla sağlıklı kontrol grubu arasında 15 ms gecikme gözlemlenmiştir (79).

Hopkins ve ark. (40) 42 kişi ile yapmış oldukları çalışmada FAİ (n=12) ve sağlıklı (n=12) deneklerin peroneal kas reaksiyon zamanlarını yürüme pozisyonunda ani inversiyona düşme ile değerlendirmişlerdir. FAİ

olan bireylerin etkilenen tarafları ile etkilenmeyen tarafları ve sağlıklı kontrol grubunun dominant tarafları karşılaştırıldığında PRZ'de anlamlı uzama (FAİ olanların etkilenen taraf kas reaksiyon zamanı = 107 ms, etkilenmeyen taraf kas reaksiyon zamanı=74 ms, sağlıklı deneklerin dominant taraf kas reaksiyon zamanı=85 ms) olduğunu göstermişlerdir (40).

Konradsen ve ark. (38) yaptıkları çalışmada, FAİ olan 15 hastanın peroneal kas reaksiyonlarını 15 sağlıklı bireyle karşılaştırmıştır ve uzamış reaksiyon zamanı gözlemlemiştir (FAİ olan hastaların ortalama kas reaksiyon zamanları=84 ms, sağlıklı deneklerin ortalama kas reaksiyon zamanları=69 ms). Uzamış kas reaksiyon zamanı sebebi olarak, ayak bileği refleks stabilizasyonundaki kısmi deafferentasyon yani proprioseptif defisit gösterilmiştir (38). Li ve ark. (80) ayak bileği dış yan bağ onarımı yaptıkları kronik ayak bileği instabilitesi olan 16 hastayı cerrahi öncesi yüzeysel EMG yardımıyla peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanlarını yürüme pozisyonunda ani inversiyona düşme ile değerlendirmişlerdir. İstabilitesi olan bireylerin etkilenen tarafları ile etkilenmeyen tarafları ve sağlıklı kontrol grubunun dominant tarafları karşılaştırıldığında her iki kasın reaksiyon zamanlarında anlamlı uzama (instabilitesi olanların etkilenen taraf peroneus longus kas reaksiyon zamanı = 111 ms, etkilenmeyen taraf peroneus longus kas reaksiyon zamanı=64 ms, sağlıklı deneklerin dominant taraf peroneus longus kas reaksiyon zamanı=63 ms; instabilitesi olanların etkilenen taraf tibialis kas reaksiyon zamanı = 124 ms, etkilenmeyen taraf tibialis anterior kas reaksiyon zamanı=83 ms, sağlıklı deneklerin dominant taraf tibialis anterior kas reaksiyon zamanı=70 ms) olduğunu göstermişlerdir (80). Aynı çalışmada cerrahi onarımdan 6 ay sonra ölçülen kas reaksiyon zamanlarında da herhangi bir gelişme olmadığı bildirilmiştir (80).

Inversiyon platformlarında EMG cihazı kullanılarak kas reaksiyon zamanı değerlendirilen çalışmaların çelişkili sonuçlarının önemli bir sebebi kas aktivitesi başlangıcının tanımlanmasındaki problemdir. Yapılan çalışmaların bazılarında, reaksiyon zamanı, ilk elektriksel kas aktivitesi ile tilt hareketinin başlangıcı arasındaki fark olarak alınmıştır (78, 81, 82). EMG aktivitesi başlangıcını, daha önce belirlenen istirahat eşiğini aştığı nokta

kabul eden yazarlar, daha uzun reaksiyon zamanı saptamışlardır (83, 84, 85). Bizim çalışmamızda kas reaksiyon zamanı hesabı için; istirahatteki EMG sinyal seviyesinin 2 katını geçen kas aktivitesinin olduğu an değerlendirmeye alınmıştır ve bu değerden, platformda inversiyonun başlangıcını gösteren marker tarafından belirtilmiş süre çıkarılmıştır (Şekil-5). Bununla birlikte 3 kere tekrarlanan ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Literatürde peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanlarını birlikte veya ayrı ayrı inceleyen çalışmalar (40, 55, 57, 86) mevcuttur. Bizim çalışmamızda bu süre EMG cihazı yazılımı ve bilgisayar yardımı ile her bir ölçümde tibialis anterior ve peroneus longus için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çeşitli platform dizaynları, reaksiyon zamanını tanımlamadaki farklılıklar ve az sayıda katılımcıdan oluşan gruplarla çalışılması normal değerlerin geniş bir aralıkta olmasına sebep olur (87). Vücut ağırlığı dağılımı, tilt platformunun açıları ve açılma hızı, kas yorgunluğu, yaş, platformun destek tipi gibi faktörlerin reaksiyon zamanı sonuçlarına önemli etkisi vardır (39, 58, 78, 88). Bizim çalışmamıza tek taraflı FAİ (n=12) olan ve sağlıklı (n=12) 24 kadın rekreasyonel sporcu dahil edilmiştir. Ayrıca FAİ olan bireylerin egzersiz programına başlamadan önceki dönemde de ölçümleri tekrarlanarak, FAİ olan grubun sağlam tarafları ve sağlıklı bireylerin dominant tarafları ile birlikte kontrol grubunda yer alan ölçüm sonuçları genişletilmiştir. Schmidt ve ark. (89) sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmada, PRZ'nin yaşa bağlı olarak olumsuz yönde etkilendiğinin gözlemlemişlerdir. Yaşın bu olumsuz etkisinden kaçınmak amacıyla genç popülasyon tercih edilmiştir, yaş aralığı 18-30 olan denekleri kontrol ve egzersiz gruplarına ayrıldığında gruplar arasında yaş açısından anlamlı istatistiksel fark mevcut değildi.

2008 Pekin Olimpiyatlarından sonra Mok ve ark. (90) inversiyon burkulması olan iki sporcunun (yüksek atlama ve çim hokeyi sporcuları) video kayıtlarından 3 boyutlu kinematik analiz yapmışlar ve burkulmanın her iki sporcu için yere temastan 80 milisaniye sonra; yüksek atlama sporcusunda $1752^{\circ}/sn$ ve çim hokeyi sporcusunda ise $1397^{\circ}/sn$ açısal hızlarda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Lynch ve ark. (83) hız arttıkça daha hızlı kas refleks cevabı gözlemlendiğini ve ayak bileği burkulmaları peroneal kas

reaksiyon zamanı testlerinden daha hızlı olduğunu savunmaktadırlar. Peronel kasların dinamik koruma reaksiyonu ani inversiyondan en az 126 ms sonra gelişir; 54 ms başlangıç EMG aktivitesinin reaksiyon zamanı ve 72 ms kas kuvveti oluşturmak için gereken elektromekanik gecikmedir (56).

Yapılan çalışmalardaki farklı sonuçların bir diğer nedeni de ani inversiyon platformlarındaki tilt açılarının farklılığıdır. Bahsedilen çalışmalarda tilt açıları 18-50° arasında değişmektedir (24, 38, 41, 58, 82, 83, 85). Bizim çalışmamızda tilt açısı olarak 15 ve 30° kullanılmıştır.

Osborne ve ark. (91) çalışmalarında vücut ağırlığının çoğunu test edilen ekstremité üzerine verecek şekilde platform dizayn edip, burkulma durumunu daha gerçekçi taklit etmişlerdir. Bunların dışındaki birçok çalışmada (38, 41, 82-84, 92) ve bizim çalışmamızda iki bacak üzerine eşit ağırlık verilen pozisyonda ayak durma şeklinde yapılmıştır. Bazı araştırmacılar da burkulma durumunu yürüme platformları gibi dinamik testlerle değerlendirmişlerdir (58, 95, 94). Hopkins ve ark. (58) sağlıklı gönüllüler ile yapmış oldukları çalışmada ayakta durur pozisyonda ve yürüme sırasındaki inversiyona düşme sırasındaki kas reaksiyon zamanlarını değerlendirmişlerdir. Bahsedilen çalışmada yürüme sırasındaki burkulma simülasyonlarında ayakta durur pozisyondakine göre reaksiyon zamanları anlamlı olarak daha kısa olarak ölçülmüştür (58). Bu durumu yürüme esnasında daha çok artan kas içiği hassasiyetine ve böylece daha düşük bir eşik değeri ile ani bir inversiyon sonrasında daha erken kas aktivitesine neden olabileceği şeklinde açıklamışlardır (58). Her çalışmada, kullanılan deneysel modele göre farklı standartlar tanımlanmış olmalıdır (78). Ayrıca, ham verilerin istatistiksel analiz yöntemi, reaksiyon zamanı tanımlamasının farklı olması çeşitli sonuçlara yol açabilmektedir (78). Ortalama değerler, yüksek değerlerden ortancaya (mediyan) göre daha fazla etkilense de, birçok araştırmacı Löfvenberg ve ark. (41, 79) nın reaksiyon zamanı bulgularını tanımlamak için kullandığı ortalama değer ve standart sapmayı kabul etmektedir. Bizim de çalışmamız da bu hesaplama yöntemi tercih edilmiştir.

Kas reaksiyon zamanı ölçümü öncesinde deneklerin ısınma egzersizleri yapmasının PRZ'yi kısaltabileceği öne sürülmüştür, bu durumu

ise sinir ileti hızının ısınma ile artış göstereceği düşüncesi ile açıklamışlardır (78). İstatistiksel olarak ispatlanamasa da germe egzersizleri ile PRZ'nin uzayabileceği, bunun sebebinin de proprioseptörlerdeki adaptif etki veya azalmış motor sinir ileti hızı olabileceği savunulmuştur (95, 96). Çalışmamızda, sözü geçen etkilerden ve yorgunluğun etkisinden kaçınmak amacıyla kas reaksiyon zamanı ölçümleri öncesi deneklerin iyi dinlenmiş olmalarına dikkat edilmiştir ve ısınma ve germe egzersizleri yapılmadan test aşamasına geçilmiştir.

Benesh ve ark (78) 15° plantar fleksiyonun, her iki peroneal kasta da anlamlı reaksiyon zamanı kısalmasına neden olduğunu savunmaktadırlar. Bu durum, sağlıklı bireylerde anterior talofibular bağda bir ön gerim oluşması ile ilişkili olabilmektedir. Bu durumu bağdaki proprioseptif yapıların varlığı ile açıklamaktadırlar (78). Lynch ve ark. (83) 10 sağlıklı denekte tibialis anterior, peroneus longus ve brevis kas reaksiyon zamanlarını iki farklı hız (50 ve 200°/s) ve iki farklı açıda (nötral ve 20° plantarfleksiyonda) incelemiştir. Bahsedilen çalışmada inversiyon hareketi hızının ve plantarfleksiyon açısının kasların gecikme cevaplarında anlamlı değişikliklere yol açtığı bulunmuştur. İnversiyon hızı arttıkça PRZ'de kısalma, plantarfleksiyon açısı arttıkça PRZ'de uzama olduğunu göstermişlerdir. Bu sonuçlar, plantarfleksiyon açısı arttıkça koruyucu reflekslerin kaybolduğunu düşündürmektedir (83). Bizim çalışmamızda kas reaksiyon zamanı ölçümleri nötral ve 20° plantarfleksiyonda yapılmıştır ancak kas reaksiyon zamanı ölçümlerinde bu iki pozisyon arasında fark olup olmadığı değerlendirilmemiştir.

Literatürde tedavi uygulamalarının ayak bileği kas reaksiyon zamanları üzerine olan etkisini araştıran çalışmalar mevcuttur (3, 53, 61, 80, 91, 97, 98). Javed ve ark. (97) çalışmalarında 20 FAİ olan hastaları cerrahi ve konservatif tedavi gruplarına ayırmış, konservatif grubuna ortalama 6 hafta süre ile denge egzersizleri uygulamışlardır. Egzersiz programı sonrasında, ayakta durma pozisyonunda 30° inversiyon oluşturan düzenekte reaksiyon zamanı ölçümlerinde anlamlı kısalma gözlemlenmiştir. Cerrahi olarak stabilizasyon uygulanan hastalarda ise 6. ayda yapılan ölçümlerde kas reaksiyon zamanlarında anlamlı bir kısalma gözlemlenmemiştir. Li ve ark. (80)

da ayak bileği dış yan bağ onarımı yaptıkları kronik ayak bileği instabilitesi olan 16 hastayı cerrahi öncesi ve sonrası yürüme pozisyonunda ani inversiyona düşme ile peroneus longus ve tibialis anterior kas reaksiyon zamanlarını değerlendirdiklerinde anlamlı bir değişim olmadığını göstermişlerdir. Han ve Ricard (53) tek taraflı ayak bileği burkulma öyküsü olanlar ile sağlıklı bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada 2 gün/hafta olacak şekilde 4 haftalık elastik tüp yardımıyla uygulanan egzersiz programı sonrasında peroneal kas reaksiyon zamanında anlamlı değişim saptamamışlardır.

Eils ve Rosenbaum (3), FAİ olan bireylerde 6 haftalık denge tahtası egzersizleri sonrası, kontrol grupları ile kıyaslandığında peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının gecikme sürelerinde anlamlı kısalma, eklem pozisyon hissi testlerinde anlamlı gelişme gözlemlemişlerdir. Linford ve ark. (98) çalışmalarında 36 sağlıklı deneği egzersiz ve kontrol gruplarına ayırmış, egzersiz grubuna 6 hafta süre ile denge egzersizleri uygulanmıştır. Egzersiz sonrasında, yürürken ani inversiyon oluşturan platformda reaksiyon zamanı ölçümlerinde egzersiz grubunda anlamlı kısalma saptamışlardır. Osborne ve ark (91). 8 FAİ olan denekte 8 hafta boyunca disk ile denge egzersizleri sonrasında etkilenen taraf ile sağlam taraf ayak bileklerinin ayak bileği burkulmasını simüle eden platform aracılığıyla tibialis anterior, tibialis posterior, peroneus longus ve fleksör digitorum longus kaslarının reaksiyon zamanlarının değişimlerini araştırmışlardır. Egzersiz programı sonrasında etkilenen taraf ve sağlam ayak bileklerinin her ikisinde de tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanlarında anlamlı kısalma olduğu bildirilmiştir. Bu durumu da çapraz etki ile açıklamışlardır (91).

Literatürde eksentrik egzersiz modelinin uygulanarak ayak bileği evertör ve/veya dorsifleksör kas gruplarındaki kas reaksiyon zamanı gelişimini inceleyen araştırma sayısının yetersiz olduğu görülmektedir. Bildiğimiz kadarıyla konu ile ilgili literatürdeki tek araştırmada Keleş ve ark. (61) sağlıklı bireylerin dominant ayak bileği evertör ve dorsifleksör kas gruplarına yönelik 6 hafta süre ile konsentrik ve eksentrik kombine izokinetik egzersiz programı uygulamış ve hem peroneus longus hem de tibialis

anterior kaslarının reaksiyon zamanında anlamlı bir iyileşmenin olduğunu bildirmişlerdir. Biz de çalışmamızda eksentrik içerikli thera-band egzersiz programının FAİ olan bireylerde kas reaksiyon zamanı üzerine olan etkisini araştırdık ve bahsedilen çalışma ile benzer olumlu sonuçları gösterdik. Bu bilgiler ışığında eksentrik içerikli egzersiz programlarının konsentrik içerikli kuvvet ve proprioepsiyon egzersiz programları ile birlikte, ayak bileği burkulmalarındaki koruyucu rolü olduğunu söyleyebiliriz.

Kas Reaksiyon Süresi ve Aktivitesi

Çalışmamızda kas reaksiyon süresi ayak bileği inversiyonunun başladığı noktadan itibaren EMG cevabının oluştuktan sonra tekrardan azalarak istirahatteki EMG sinyal seviyesinin 2 katını yakaladığı süreden, reaksiyon zamanı çıkartılarak hesaplanmıştır. Literatüre bakıldığında kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde kas reaksiyon sürelerini değerlendirilen çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu bağlamda çalışmamız FAİ olan bireylerde egzersizin bu EMG parametresi üzerine olan etkilerini araştıran ilk araştırma olduğunu söyleyebiliriz. Uygulanan eksentrik içerikli egzersiz programının bu bireylerde kas reaksiyon sürelerini etkilemediği görülmüştür. Progresif dirençli uygulanan, farklı hızlarda uygulanan eksentrik içerikli egzersiz modelleri ile daha geniş popülasyonlarda kas reaksiyon sürelerinin değişimi ilerleyen çalışmalarda araştırılabilir.

Ani ayak bileği inversiyon analizi ile ayak bileği kaslarının kas reaksiyon zamanı ile birlikte kasların göstermiş olduğu aktivitelerde bazı çalışmalarda değerlendirilmiştir (58, 99, 100). Jackson ve ark. (99) sağlıklı bireylerle yapmış oldukları çalışmada; yorgunluğun peroneus longus, peroneus brevis ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanı ve amplitüd değerlerine olan etkisini araştırmışlardır. İzokinetik dinamometre yardımıyla oluşturulan kas yorgunluğu sonrasında tekrarlayan 10 ani inversiyon analizi ile tüm kasların inversiyon sonrasındaki vermiş oldukları refleks amplitüd değerlerinde azalma görülürken, kas reaksiyon zamanlarında anlamlı

değişiklik saptamamışlardır (99). Ayrıca verilen bu refleks kas yanıtının ayak bileği burkulmalarını önlemede reaksiyon zamanından daha değerli olduğunu savunmuşlardır (99).

Thain ve ark. (100) sağlıklı aktif bireylerle yapmış oldukları çalışmada tekrarlayan ayak bileği burkulma simülasyonlarının peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanı ve aktiviteleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Arka arkaya gelişen 40 ayak bileği burkulma simülasyonundan ilk 10 ve son 10 simülasyon karşılaştırıldığında peroneus longus kasının ortalama amplitüd değerlerinin azaldığını, her iki kasın da reaksiyon zamanlarının değişmediğini göstermişlerdir (100). Bahsedilen çalışmada kasların pik ve ortalama amplitüd değerleri hesaplanırken inversiyon başladıktan sonra kas aktivitelerinin başladığı an ve sonrasındaki 100 ms kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda reaksiyon süresi olarak tanımladığımız zaman aralığında bu hesaplama yapılmıştır. Ayrıca çalışmamızda deneklerin laboratuvara her gelişinde test ölçümleri öncesinde ayak bileği dorsifleksör ve evertör kas grupları için maksimal izometrik kontraksiyon (MİK) değerleri ölçülüp, EMG ölçümleri MİK değerine göre normalleştirme işlemi yapılmıştır. Hopkins ve ark. (58) sağlıklı gönüllüler ile yapmış oldukları çalışmada ayakta durur pozisyonda ve yürüme sırasındaki inversiyona düşme sırasındaki kas reaksiyon zamanlarını ve kas aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Bahsedilen çalışmada yürüme sırasındaki burkulma simülasyonlarında ayakta durur pozisyondakine göre reaksiyon zamanları anlamlı olarak daha kısa, pik ve ortalama kas aktiviteleri yüksek olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada bizim çalışmamıza benzer şekilde deneklerin test ölçümleri öncesinde ayak bileği dorsifleksör ve evertör kas grupları için maksimal izometrik kontraksiyon (MİK) değerleri ölçülüp, pik ve ortalama kas aktiviteleri MİK değerine göre normalleştirme işlemi yapılmıştır (58). Bizim çalışmamızdan farklı olarak bahsedilen çalışmada kasların pik ve ortalama amplitüd değerleri hesaplanırken inversiyon başladıktan sonra kas aktivitelerinin başladığı an ve sonrasındaki 200 ms kullanılmıştır (58).

Sonuç olarak eksentrik kas kasılması yolu ile oluşturulan kastaki gerilme veya uzama dinamik gama motor nöron aktivitesini arttırabilir.

Böylece, peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının kas içcikleri, beklenmeyen ayak bileği supinasyonunda oluşan gerilmelere daha duyarlı hale gelir. Sonuç olarak eksentrik komponenti olan kuvvet antrenmanlarından kaynaklanan kas içciği duyarlılığındaki artışın ayak bileği propriosepsiyonunda iyileşmeye yol açabileceği öne sürülebilir. Biz çalışmamızda, FAİ olanlara eksentrik kasılma içerikli bir egzersiz programı ile ayak bileğinde motor kuvvet ve propriosepsiyonun bir komponenti olan kas reaksiyon zamanlarında önemli gelişmeler kaydedildiğini gösterdik. Bu bulgular ışığında, yaralanmalara predispozisyon oluşturduğu savunulan kuvvet ve proprioseptif kayıplarının azaltılarak, yaralanma insidansının ve tedavi giderlerinin azalacağı düşüncesindeyiz. Ayrıca ayak bileği yaralanmaları sonrasında proprioseptif egzersizlerle kombine edilerek uygulanmasının rehabilitasyon periyoduna önemli katkılar sağlayacağını umuyoruz. Eksentrik egzersizin fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bireylerin sensörimotor kontrole etkisi ile ilgili daha birçok çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır.

KAYNAKLAR

1. Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports Med* 2014;44:123-40.
2. 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.
3. Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1991-8.
4. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med* 1997;5:241-2.
5. Caulfield B. Functional instability of the ankle joint: Features and underlying causes. *Physiotherapy* 2000;86(8):401-11.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Garn SN, Newton RA. Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Phys Ther* 1988;68:1667-71.
12. Tropp H, Odenrick P. Postural control in single-limb stance. *J Orthop Res* 1988;6:833-9.
13. Lentell GL, Katzmann LL, Walters MR. The relationship between muscle function and ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990;11:605-11.
14. Isakov E, Mizrahi J. Is balance impaired by recurrent sprained ankle? *Br J Sports Med* 1997;31:65-7.
15. Hoffman M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;21:90-3.
16. Tropp H. Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med* 1986;7:291-4.

17. Kaminski TW, Perrin DH, Gansneder BM. Eversion strength analysis of uninjured and functionally unstable ankles. *J Athl Train* 1999;34:239-45.
18. 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.
19. Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, Lee RJ. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:245-50.
20. Holmes A, Delahunt E. Treatment of common deficits associated with chronic ankle instability. *Sports Med* 2009;39(3):207-24.
21. Kaminski TW, Buckley BD, Powers ME, Hubbard TJ, Ortiz C. Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med* 2003;37:410-5.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;27:264-75.
27. Heitman RJ, Kovaleski J, Gurchiek L. Isokinetic eccentric strength of the ankle evertors after injury. *Percept Mot Skills* 1997;84:258.
28. Hubbard TJ, Kramer LC, Denegar CR, Hertel J. Contributing factors to chronic ankle instability. *Foot Ankle Int* 2007;28:343-54.
29. 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.
30. 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.
31. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25:149-55.
32. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat* 1967;101:505-32.

33. 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.
34. Deshpande N, Connelly DM, Culham EG, Costigan PA. Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:883-9.
35. 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.
36. Boyle J, Negus V. Joint position sense in the recurrently sprained ankle. *Aust J Physiother* 1998;44:159-63.
37. Konradsen L, Magnusson P. Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8:246-51.
38. Konradsen L, Ravn JB. Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthop Scand* 1990;61:388-90.
39. Menacho MO, Pereira HM, Oliveira BIR, Chagas LMPM, Toyohara MT, Cardoso JR. The peroneus reaction time during sudden inversion test: systematic review. *J Electromyogr Kinesiol* 2010;20:559-65.
40. Hopkins JT, Brown TN, Christensen L, Palmieri-Smith RM. Deficits in peroneal latency and electromechanical delay in patients with functional ankle instability. *J Orthop Res* 2009;27:1541-6.
41. 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.
42. 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.
43. Dranganich LF, Jaeger RJ, Kralj AR. Coactivation of the hamstrings and quadriceps during extension of the knee. *J Bone Joint Surg* 1989;37:1075-81.
44. Bosien WR, Staples OS, Russell SW. Residual disability following acute ankle sprains. *J Bone Joint Surg* 1955;37:1237-43.
45. Konradsen L, Beynnon BD, Renstrom 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.
46. 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.
47. Mascaro TB, Swanson LE. Rehabilitation of the foot and ankle. *Orthop Clin North Am* 1994;25:147-60.
48. Smith BI, Docherty CL, Simon J, Klossner J, Schrader J. Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *J Athl Train* 2012;47(3):282-8.

49. Hale SA, Hertel J, Olmsted-Kramer LC. The effect of a four week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *J Ortho Sports Phys Ther* 2007;37:303-11.
50. Lee KY, Lee HJ, Kim SE, Choi PB, Song SH, Jee YS. Short term rehabilitation and ankle instability. *Int J Sports Med* 2012;33(6):485-96.
51. Docherty CL, Moore JH, Arnold BL. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. *J Athl Train* 1998;33:310-4.
52. Powers ME, Buckley BD, Kaminski TW, Hubbard TJ, Ortiz C. Six weeks of strength and proprioception training does not affect muscle fatigue and static balance in functional ankle instability. *J Sport Rehabil* 2004;13:201-27.
53. Han KM, Ricard MD. Effects of 4 weeks of elastic-resistance training on ankle-evertor strength and latency. *J Sport Rehab* 2011;20:157-73.
54. Heckman DS, Reddy S, Pedowitz D, Wapner KL, Parekh SG. Operative treatment for peroneal tendon disorders. *J Bone Joint Surg* 2008;90:404-18.
55. Mitchell A, Dyson R, Hale T, Abraham C. Biomechanics of ankle instability. Part 1: reaction time to simulated ankle sprain. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:1515-21.
56. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train* 2002;37(4):364-75.
57. 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.
58. Hopkins TJ, McLoda T, McCaw S. Muscle activation following sudden ankle inversion during standing and walking. *Eur J Appl Physiol* 2007;99:371-8.
59. Abdel-Aziem AA, Draz AH. Functionally unstable ankle effect on eccentric peak torque at two different angular velocities. *Bull Fac Ph Th Cairo Univ* 2010;15:61-7.
60. Negahban H, Moradi-Bousari A, Naghibi S, et al. The eccentric torque production capacity of the ankle, knee, and hip muscle groups in patients with unilateral chronic ankle instability. *Asian J Sports Med* 2013;4:144-52.
61. 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.
62. 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.
63. 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.

64. Ryan L. Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle. *Aust J Physiother* 1994;40:41-7.
65. 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.
66. Swearingen RL, Dehne E. A study of pathological muscle function following injury to a joint. *J Bone and Joint Surgery America* 1964;46,1364.
67. Delahunt E. Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *J Bodyw Mov Ther* 2007; 11:203-13
68. 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.
69. 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.
70. Brown LE. *Isokinetics in Human Performance*. Champaign: Human Kinetics, USA 2000; 3-10.
71. 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.
72. 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.
73. Moller M, Lind K, Styf J, Karlsson J. The reliability of isokinetic testing of the ankle joint and a heel-raise test for endurance. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005;13: 60-71.
74. 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.
75. 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.
76. Andersen H, Jakobsen J. A comparative study of isokinetic dynamometry and manual muscle testing of ankle dorsal and plantar flexors and knee extensors and flexors. *Eur J Neurol* 1997;37:239-42.
77. Uh BS, Beynon BD, Helie BV, et al. The benefit of a single-leg strength training program for the muscles around the untrained ankle. *Am J Sports Med* 2000;28:568-73.
78. Benesh S, Pütz W, Rosenbaum D, Becker H. Reliability of peroneal reaction time measurements. *Clin Biomech* 2000;15:21–8.
79. Löfvenberg R, Karrholm J, Sundelin G. Proprioceptive reaction in the healthy and chronically unstable ankle joint. *Sportverletz Sportschaden* 1996;10:79-83.
80. 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.

81. Karlsson J, Andreasson GO. The effect of external ankle support in chronic lateral ankle joint instability: an electromyographic study. *Am J Sports Med* 1992;20:257–61.
82. Konradsen L, Ravn JB. Prolonged peroneal reaction time in ankle instability. *International Journal of Sports Medicine* 1991;12:290-2.
83. 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.
84. 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.
85. Johnson MB, Johnson CL. Electromyographic response of peroneal muscles in surgical and nonsurgical injured ankles during sudden inversion. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;18:497–501.
86. Palmieri-Smith RM, Hopkins JT, Brown TN. Peroneal activation deficits in persons with functional ankle instability. *Am J Sports Med* 2009;37:982-8.
87. Hodges PW, Bui BH. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 1996;101:511-9.
88. Flevas DA, Bernard M, Ristanis S, Moraiti C, Georgoulis AD, Pappas E. Peroneal electromechanical delay and fatigue in patients with chronic ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(6):1903-7.
89. Schmidt R, Gergrou H, Friemert B, Herbst A, Claes L. The peroneal reaction time (PRT) – reference data in a healthy sample population. *Foot Ankle Int* 2005;26:382–6.
90. Mok KM, Fong DT, Krosshaug T, et al. Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports: 2 cases during the 2008 Beijing Olympics. *Am J Sports Med* 2011;39(7):1548-52.
91. Osborne MD, Chou LS, 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;29:627-32.
92. Myers JB, Riemann BL, Hwang J, Fu FH, Lephart SM. Effects of peripheral afferent alteration of lateral ankle ligaments on dynamic stability. *Am J Sports Med* 2003;31:498-506.
93. Nieuwenhuijzen PHJA, Gruneberg C, Duysens J. Mechanically induced ankle inversion during human walking and jumping. *J Neurosci Methods* 2002;117:133-40.
94. Konradsen L, Voigt M, Hojsgaard C. Ankle inversion injuries. The role of the dynamic defense mechanism. *Am J Sports Med* 1997;25:54-8.
95. Rosenbaum D, Hennig E. The influence of stretching and warmup-exercises on Achilles tendon reflex activity. *Journal of Sports Sciences* 1995;13:481-90.

96. Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Meulstee J, et al. Lowered motor conduction velocity of the peroneal nerve after inversion trauma. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1994;26:877-83.
97. Javed A, Walsh HPJ, Lees A. Peroneal reaction time in treated functional instability of the ankle. *Foot Ankle Surg* 1999;5:159-66.
98. Linford CW, Hopkins JT, Schulthies SS, Frelund B, Draper DO, Hunter I. Effects of neuromuscular training on the reaction time and electromechanical delay of the peroneus longus muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:395-401.
99. Jackson ND, Gutierrez GM, Kaminski T. The effect of fatigue and habituation on the stretch reflex of the ankle musculature. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19(1):75-84.
100. Thain PK, Hughes GT, Mitchell AC. The effect of repetitive perturbations on muscle reaction time and muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol* 2016;30:184-90.

TEŞEKKÜR

Tez konusu seçiminden, tezin çalışma ve yazım aşamalarına kadar geçen tüm sürede bana olan yardımı ve anlayışından dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Ufuk Şekir'e, uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Hakan Gür ve Prof Dr. Bedrettin Akova'ya; rotasyonlarım süresince eğitimime katkısı bulunan öğretim üyelerine; Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nın tüm personeline ve çalışma arkadaşlarıma; benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen canım aileme;

Her zaman yanımda olan çok değerli eşim Ayşe Arslan'a ve hayatımı güzelleştiren bitanecik kızım Güneş Arslan'a teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

03.07.1986 tarihinde Mersin’de doğdum. İlkokulu Mersin’in Tarsus ilçesinde TEV Özel Tarsus İlkokulu’nda, ortaokul ve lise eğitimimi Tarsus Abdulkerim Bengi Anadolu Lisesi’nde tamamladım. 2005 yılında başladığım Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi’nden 2012 yılında başarıyla mezun oldum. Eylül 2012 Tıpta Uzmanlık Sınavı ile ihtisas hakkı kazandığım Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı’nda 19.01.2013 tarihinde göreve başladım ve uzmanlık eğitimime halen devam etmekteyim.

