



**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 VE KONSENTRİK KOMBİNE İZOKİNETİK
EGZERSİZİN KUVVET VE PROPRIOSEPSİYON ÜZERİNE ETKİSİ**

Dr. Erdal HANCI

UZMANLIK TEZİ

BURSA – 2014



**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 VE KONSENTRİK KOMBİNE İZOKİNETİK
EGZERSİZİN KUVVET VE PROPRIOSEPSİYON ÜZERİNE ETKİSİ**

Dr. Erdal HANCI

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Ufuk ŞEKİR

BURSA – 2014

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Özet..... | ii |
| İngilizce Özet..... | iii |
| Giriş..... | 1 |
| Gereç ve Yöntem..... | 5 |
| 1. Denekler..... | 5 |
| 1.1. Deneklerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Planı | 5 |
| 2. Ön Testler..... | 6 |
| 2.1. Propriosepsiyon Testleri..... | 6 |
| 2.1.1. Eklem Pozisyon Hissi Testleri..... | 6 |
| 2.1.1.1. Pasif Eklem Pozisyon Hissi Testi | 6 |
| 2.1.1.2. Aktif Eklem Pozisyon Hissi Testi | 7 |
| 2.1.2. Kinestezi Testi..... | 8 |
| 2.2. Bilgisayarlı İzokinetik Kuvvet Testi..... | 8 |
| 3. Egzersiz Programı..... | 9 |
| 4. İstatiksel Analiz..... | 10 |
| Bulgular..... | 12 |
| Tartışma ve Sonuç..... | 27 |
| Kaynaklar..... | 42 |
| Teşekkür..... | 47 |
| Özgeçmiş..... | 48 |

ÖZET

Bu çalışmada fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAİ) olan bireylerin evertör ve dorsifleksör kas gruplarına uygulanan konsentrik ve eksentrik kombine izokinetik egzersizin kuvvet ve propriosepsiyon üzerine etkisini araştırmayı amaçladık.

Çalışmaya 18-40 yaş arasında tek taraflı FAİ olan 9 erkek rekreasyonel sporcu katıldı. FAİ olan ayak bilekleri egzersiz, sağlam taraf ise kontrol grubuna dahil edildi. Deneklere ön testler olarak inversiyon yönünde 10° ve 20°, plantarfleksiyon yönünde ise 15° ve 30° açılarda aktif ve pasif eklem pozisyon hissi testleri, kinestezi testi, 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızda invertör, evertör, plantarfleksör ve dorsifleksör kas gruplarına eksentrik ve konsentrik izokinetik kuvvet testleri yapıldı. Egzersiz grubunun dorsifleksör ve evertör kas gruplarına izokinetik dinamometre kullanılarak 6 hafta süre ile kombine konsentrik/eksentrik egzersiz uygulandı. Bu süre sonrasında ilk testler tekrarlandı.

Egzersiz sonrasında, egzersiz grubunda 1) dorsifleksör ve evertör kaslarda anlamlı eksentrik kas kuvveti artışı saptandı ($p<0.01-0.001$) 2) inversiyon yönünde 10° ve 20° aktif ve pasif eklem pozisyon hissi ve kinestezi değerlerinde anlamlı düzelme gözlemlendi ($p<0.01-0.05$) 3) plantarfleksiyon yönünde 30° aktif ve pasif, 15° pasif eklem pozisyon hissi ve kinestezi değerlerinde anlamlı düzelme ($p<0.01-0.05$) bulundu.

Biz çalışmamızda, FAİ olan ayak bileklerine izokinetik eksentrik-konsentrik kasılma içerikli bir egzersiz programı ile ayak bileğinde motor kuvvet ve propriosepsiyonda önemli gelişmeler kaydedildiğini gösterdik. Bu bulgular ışığında, yaralanmalara predispozisyon oluşturduğu savunulan kuvvet ve propriosepsiyon kayıplarının azaltılarak, yaralanma insidansının ve tedavi giderlerinin azalacağı düşüncesindeyiz.

Anahtar kelimeler: fonksiyonel ayak bileği instabilitesi, eksentrik egzersiz, izokinetik dinamometre, propriosepsiyon.

SUMMARY

Effect of eccentric and concentric combined isokinetic training of ankle evertor and dorsiflexor muscle groups on strength and proprioception in individuals with functionally unstable ankles

The aim of this study was to examine the effect of eccentric and concentric combined isokinetic training of ankle evertor and dorsiflexor muscles on strength and proprioception in participants with functional ankle instability.

Nine male recreational athletes with unilateral functional ankle instability (FAI) (age between 18-40 years) participated in this study. They were assigned to exercise (FAI) and control (unaffected opposite ankle) groups. Firstly, they were tested for active and passive position sense of ankle inversion at 10° and 20°, and plantarflexion at 15° and 30°, kinesthesia, and isokinetic eccentric and concentric peak torque of ankle invertor, evertor, plantarflexor and dorsiflexor muscle groups at 60°/s, 180°/s ve 300°/s angular velocities. The combined eccentric / concentric exercise protocol was applied with isokinetic dynamometer for six weeks to the dorsiflexor and evertor muscles in the exercise group. The initial tests were repeated after the end of this exercise period.

After the exercise period 1) eccentric peak torque values of ankle evertor and dorsiflexors showed a significant increase ($p < 0.01-0.001$), 2) kinesthesia in the inversion direction, and active and passive position sense of ankle inversion at 10° and 20° represented significant improvements ($p < 0.01-0.05$), and 3) kinesthesia in the plantarflexion direction, 30° active and passive, and 15° passive position sense of ankle plantarflexion displayed significant improvements ($p < 0.01-0.05$) in the exercise group.

We showed in our study that a training program consisting of a training program of isokinetic eccentric-concentric contractions applied to the

functionally unstable ankles results in important improvements in strength and proprioception.

In the light of this findings, we conclude that by improving muscle weakness and proprioceptive deficits which are causing predisposition to ankle injuries, the incidence of ankle injuries and treatment costs will reduce.

Key words: functional ankle instability, eccentric exercise, isokinetic dynamometer, proprioception

GİRİŞ

Ayak bileği sportif aktivitelerde en yaygın yaralanan eklemlerden biridir (1,2). Tüm sportif yaralanmalar içinde ayak bileği yaralanmaları %15-20 gibi yüksek oranlarda yer alır (3). Özellikle koşma, öne ve yana sıçrama manevralarının sıkça tekrarlandığı futbol, basketbol, voleybol gibi sporlarda ayak bileği yaralanmalarının sıklığı tüm kas iskelet sistemi yaralanmalarının %25-50'sini oluşturur (4,5). Ayak bileği yaralanmalarının %85'i burkulmalardır ve bunların %85'i ise lateral ayak bileği burkulmalarıdır (6). Rehabilitasyonuna ayrılan efora rağmen ayak bileği burkulmalarının tekrarlanması sık karşılaşılan bir tablodur ve 1/3 oranında günlük aktiviteyi olumsuz yönde etkileyen rezidüel semptomlar gelişir (7). Bu nedenle birçok çalışmada ayak bileği yaralanması için risk oluşturan etkenler araştırılarak olası sakatlıkların meydana gelmeden önlenmesi, ayrıca yüksek tekrarlama ihtimali nedeniyle yaralanma sonrası görülen değişikliklerin saptanıp uygun tedavinin geliştirilmesi amaçlanmıştır (8). Bir ayak bileği burkulmasından sonra %40 oranında tekrarlayan instabilite hissi, boşalma hissi gibi kalıcı semptomlar oluşmaktadır (9,10). Bu durum ilk defa Freeman (11) tarafından Fonksiyonel Ayakbileği İnstabilitesi (FAİ) olarak tanımlanmıştır. FAİ oluşumunda proprioseptif kayıp ve kas güçsüzlüğü sorumlu tutulmuştur (12-20).

Literatürde, FAİ olanlarda kuvvet kaybı konusunda çelişkili sonuçlar vardır. Bazı araştırmacılar evertör (15,17,21) ve invertör (17,18,22) kaslardaki zayıflığın FAİ'nin oluşumunda önemli olduğunu ifade ederken, diğer araştırmalarda (19,20,22-24) evertör kuvvet azlığının olmadığı vurgulanmıştır.

Propriosepsiyon; eklem kapsülü, ligamanlar, kaslar, tendonlar ve deride lokalize mekanoreseptörler aracılığı ile santral sinir sistemine olan kümülatif nöral bilgi girişi olarak tanımlanabilir (25,26). Eşlik eden nöromusküler geribildirim mekanizmaları ile birlikte propriosepsiyon fonksiyonel eklem stabilitesinin oluşumunda ve idamesinde önemli bir rol

oynamaktadır (26). Yaralanma sonrası eklem mekanoreseptörlerinin kısmi afferent ileti kaybına uğradıkları, bunun kronik ayak bileği instabilitesinde anahtar rolü oynadığı ifade edilmiştir (27,28). Proprioepsiyon; eklem pozisyon hissi, kinestezi ve kas reaksiyon zamanı ile değerlendirilir (29,30). Önceki yapılan çalışmaların çoğunda; FAİ olanlarda eklem pozisyon hissi ve kinestezi hataları saptanmış, uzamış peroneal kas reaksiyon zamanı olduğu gösterilmiştir (15,31-39).

Antagonist kas gruplarının koaktivasyonu dinamik eklem stabilitesini etkileyen önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır (40,41). 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 (14). 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 (42). Benzer şekilde, Trevino ve ark. (13) ve Mascaro ve Swanson (43), 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 değişik egzersiz uygulamaları ile ayak bileği kuvveti ve proprioepsiyonundaki değişimi inceleyen araştırmalar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (22,44-47) kuvvet ve/veya proprioepsiyonda düzelmeye işaret ederken, diğerlerinde (48-50) bu değişim gözlenmemiştir. Kaminski ve ark. (48) FAİ olan bireylerin 6 haftalık theraband ile kuvvet ve proprioeptif egzersiz kombinasyonu ile evertör ve invertör kas kuvvetinde artış olmadığını bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada; FAİ olan bireylerin 6 haftalık theraband ve proprioepsiyon egzersizi kombinasyonu ile kas yorgunluğu ve statik denge ölçümlerinde anlamlı iyileşme saptanmamıştır (49). Han ve Ricard (50) sağlıklı bireylerde ve ayak bileği burkulma öyküsü olan bireylerde uygulanan 4 haftalık theraband egzersizi sonrasında evertör kuvvet ve

peroneal kas reaksiyon zamanında anlamlı değişim saptamamışlardır. Bu çalışmaların aksine, Smith ve ark. (44) FAİ olan bireylerde 6 hafta izotonik kuvvet egzersizi ile invertör ve evertör kuvvette artış saptamışlardır. Hale ve ark. (45) kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde 4 haftalık theraband, eklem hareket açıklığı ve nöromusküler kontrol egzersizlerinden oluşan rehabilitasyon programı ile postural kontrolde ve fonksiyonel kısıtlılıkta iyileşme bildirmişlerdir. Benzer bir rehabilitasyon programınının 4 hafta süre ile uygulandığı başka bir çalışmada ise anlamlı kuvvet artışı ve fonksiyonel kısıtlılıkta iyileşme bildirilmiştir (46). Docherty ve ark. (47) 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. (22) FAİ olan sporcularda ayak bileği invertör ve evertör kas gruplarına yönelik 6 hafta süre ile konsentrik modda izokinetik bir egzersiz programı uygulamış ve propriosepsiyonun bir ölçümü olan eklem pozisyon hissi üzerinde ve evertör kuvvette olumlu bir gelişmenin olduğunu göstermiştir. Kuvvetlendirme egzersizleri ile propriosepsiyondaki düzelme arasındaki ilişki araştırmacılar tarafından kas kuvvetindeki artışın kas içiği ve golgi tendon organı duyarlılığını arttırmasına ve böylece propriosepsiyondaki kazanımların elde edildiği şeklinde açıklanmıştır (22,47).

İnversiyon burkulmalarının önlenmesinde anahtar rol, primer evertör olan peroneal kaslardadır (51). İnversiyon stresine plantarfleksiyon eşlik ettiğinde ise tibialis anterior kası önem kazanmakta ve dinamik stabilizasyona katkıda bulunmaktadır (52). Ayak bileğinin ani inversiyon stresine maruziyeti lateral ligamanlar üzerindeki mekanoreseptörlerin aktivasyonu ve peroneal kaslar üzerinde bulunan kas içiği duyarlılığında artış ile sonuçlanır. Peroneal kasların refleks kontraksiyonu ile aşırı inversiyon hareketinin kontrolü sağlanır (53-55). 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 (43) tekrarlayan ayak bileği yaralanmalarınının rehabilitasyonunda eksentrik içerikli izokinetik egzersizlerin faydalı olabileceğini ifade etmektedir.

Genel literatür bilgisine bakıldığında kas içi gerilimi arttırma bakımından eksentrik kasılma içerikli egzersizlerin, kas içiği sensitivitesini ve gama motor nöron aktivasyonunu arttırarak, sensörimotor kontrolü sağlamada daha etkili olacağı ve tekrarlayan ayak bileği yaralanmalarının rehabilitasyon programında eksentrik içerikli izokinetik egzersizlerin faydalı olabileceği düşüncesini ortaya koymuştur (56,57).

Literatürde FAİ olanlarda izokinetik eksentrik egzersiz modelinin uygulanarak ayak bileği evertör ve/veya dorsifleksör kas gruplarındaki kuvvet değişimini ve propriosepsiyondaki gelişimi inceleyen araştırma sayısının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu konuda laboratuvarımızda yapılan ve literatürdeki tek araştırmada Keleş ve ark. (58) 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; propriosepsiyonun 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-konsentrik içerikli izokinetik bir egzersiz programının ayak bileği kaslarının kuvveti ve propriosepsiyonu üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

1. Denekler

Çalışmaya 18-40 yaşları arasında, tek taraflı FAİ olan ve rekreasyonel düzeyde spor yapan 9 denek (ortalama yaş 25.6 ± 4.0 , ortalama boy 175.3 ± 7.3 cm, ortalama kilo 73.6 ± 8.2 kg) 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 8 Mayıs 2012 tarih ve 2012-10/3 no'lu karar ile onaylanmış "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" imzalatılmıştır. Daha sonra, çalışmaya katılan deneklerin FAİ olan ekstremiteleri egzersiz grubu; sağlam ekstremiteleri ise kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi 6 denekte dominant ayak bileğindeydi.

1.1. Deneklerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Planı

Tüm testler Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği AnaBilim Dalı Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Sirkadien ritmin sonuçlar üzerindeki olası etkilerinden kaçınmak amacıyla testler öğleden sonra 14:00-18:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. 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 invertör-evertör kasların ve plantarfleksör-dorsifleksör kasların proprioepsiyon testleri (pasif ve aktif eklem pozisyon hissi testleri, kinestezi testleri) ve izokinetik kuvvet testlerinin yapılması amacıyla laboratuara çağırılmıştır. İlk gün invertör ve evertör kasları değerlendirmek için, önce ayak bileğinde pasif ve aktif eklem pozisyon hissi testleri ve kinestezi testi, sonra izokinetik kuvvet ölçümü yapılmıştır. Kuvvet testlerinin proprioepsiyon ölçümlerine olası olumsuz etkisinden kaçınmak amacıyla proprioepsiyon testleri özellikle kuvvet testlerinden önce yapılmıştır. İkinci gün plantarfleksör ve dorsifleksör kasları değerlendirmek için, sırası ile ayak bileğinde pasif ve aktif eklem pozisyon hissi testi, kinestezi testi ve izokinetik kuvvet ölçümü yapılmıştır. Tüm ölçümler FAİ olan (egzersiz) ve sağlam (kontrol) ayak bileklerinde gerçekleştirilmiştir. Egzersiz grubunu oluşturan FAİ olan ayak bileklerinin evertör ve dorsifleksör kaslarına 6 hafta süre ile haftada 3 gün izokinetik egzersiz programı uygulanmıştır. Altı hafta sonunda ise egzersiz ve kontrol grubunu oluşturan ayak bileklerinde testler 2 farklı günde aynı şekilde tekrarlanmıştır.

2. Ön Testler

2.1. Proprioepsiyon Testleri

2.1.1. Eklem Pozisyon Hissi Testi: Aktif ve pasif eklem pozisyon hissini değerlendirmek amacıyla inversiyon yönünde 10° ve 20°, plantarfleksiyon yönünde ise 15° ve 30° test açıları olarak belirlenmiştir.

2.1.1.1. Pasif Eklem Pozisyon Hissi Testi: Ölçümlerde izokinetik dinamometre cihazı (CSMI Humac Norm, ABD) kullanılmıştır. Her ölçümden önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Denekler cihaza sırtüstü pozisyonda yerleştirilmiştir. Plantarfleksiyon açılarının ölçümü için kalça 30°-40° ve diz 20°-30° fleksiyonda olacak şekilde yerleştirilerek ayak bileği izokinetik dinamometrenin kuvvet platformuna bağlanmıştır. Rotasyon aksı plantarfleksiyon açıları için medial malleolu görececek şekilde ayarlanmıştır. İnversiyon açılarının ölçümü için kalça 90° ve diz 90° fleksiyonda olacak

şekilde iken ayak bileği izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir (Şekil-1). Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görecekle ayarlanmıştır. Tüm test boyunca deneklerin gözleri kapalı tutulmuştur. Ayak bileği, inversiyon ve plantarfleksiyon yönündeki daha önce belirlenen açılardan her birine rastgele şekilde, önce araştırmacı tarafından pasif olarak 1 saniye içerisinde getirilmiştir (Her bir açı için nötralden başlanmıştır). İlgili açıda 5 saniye tutulduktan sonra hemen nötrale getirilmiş olan ayak bileği 0.5°/sn açısal hızda tekrar o açıya doğru izokinetik dinamometre tarafından hareket ettirilirken, denegin o açıya geldiğini hissettiğinde durması ve sesle uyarı vermesi istenmiştir. Her testten önce denegin teste uyumunu arttırmak amacıyla birer deneme yapılmıştır. Her bir açı için testler 3 kere tekrarlanmıştır. Elde edilen değerlerin, hedef açıdan farkı alınarak hesaplamalar yapıldıktan sonra ortalamaları alınmıştır.

2.1.1.2. Aktif Eklem Pozisyon Hissi Testi: Ölçümlerde izokinetik dinamometre cihazı (CSMI Humac Norm, ABD) kullanılmıştır. Her ölçümden önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Denekler cihaza sırtüstü pozisyonda yerleştirilmiştir. Plantarfleksiyon açılarının ölçümü için kalça 30°-40° ve diz 20°-30° fleksiyonda olacak şekilde yerleştirilerek ayak bileği izokinetik dinamometrenin kuvvet platformuna bağlanmıştır. Rotasyon aksı, medial malleolu görecekle şekilde ayarlanmıştır. İversiyon açılarının ölçümü için kalça 90° ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde iken ayak bileği izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir. Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görecekle şekilde ayarlanmıştır. Tüm test boyunca deneklerin gözleri kapalı tutulmuştur. Ayak bileği, inversiyon ve plantarfleksiyon yönündeki daha önce belirlenen açılardan her birine rastgele şekilde, önce araştırmacı tarafından pasif olarak 1 saniye içerisinde getirilmiştir (Her bir açı için nötralden başlanmıştır). İlgili açıda 5 saniye tutularak denegin açığı öğrenmesi istenmiştir. Cihazın açısal hızı 0.5°/sn olarak ayarlanmıştır. Bu testte pasif pozisyon hissi testinden farklı olarak denekten ayak bileğini aktif olarak hareket ettirerek kendisine gösterilen açığı bulmaları istenmiştir. Her testten önce birer deneme yapılmıştır. Her bir açı için testler 3 kere

tekrarlanmıştır. Elde edilen değerlerin, hedef açıdan farkı alınarak hesaplamalar yapıldıktan sonra ortalamaları alınmıştır.

2.1.2. Kinestezi Testi: Ölçümlerde izokinetik dinamometre cihazı (CSMI Humac Norm, ABD) kullanılmıştır. Her ölçümden önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Denekler cihaza sırtüstü pozisyonda yerleştirilmiştir. Plantarfleksiyon açılarının ölçümü için kalça 30°-40° ve diz 20°-30° fleksiyonda olacak şekilde yerleştirilerek ayak bileği izokinetik dinamometrenin kuvvet platformuna bağlanmıştır. Rotasyon aksı plantarfleksiyon açıları için medial malleolu görecektek şekilde ayarlanmıştır. İnversiyon açılarının ölçümü için kalça 90° ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde iken ayak bileği izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir (Şekil-1). Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görecektek şekilde ayarlanmıştır. Ayrı ayrı plantarfleksiyona ve inversiyona 5° kadar gidebilecek bir hareket sınırı belirlenmiştir. Cihaz 0.1°/sn açısal hızda, rastgele şekilde, nötralden plantarfleksiyona veya inversiyona hareket edecek şekilde ayarlandıktan sonra, test süresince gözleri kapalı olan deneğin cihazda hareketin başlatılmasından itibaren hareketi ilk hissettiği an haber vermesi istenmiştir. Nötralden itibaren deneğin uyarı verdiği açıdaki fark hesaplanmıştır. Her testten önce birer deneme yapılmıştır. Her bir açı için test 3 kere tekrarlanıp ortalaması alınmıştır.

2.2. Bilgisayarlı İzokinetik Kuvvet Testi

Testten önce deneklere bisiklet ergometresinde 10 dakika ısınma sonrası her iki ayak bileğine test edilecek eklemeye yönelik 20 saniyelik 2 set germe egzersizi yaptırılmıştır. Deneklerin her iki 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 görecektek şekilde ayarlanmıştır. İnvertör-evertör kas kuvvetleri ölçümü için kalça 90° ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde iken ayak bileği izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir. Rotasyon aksı

inversiyon açıları için subtalar eklemi görecekle 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.

3. Egzersiz programı

Egzersiz grubunda yer alan ayak bileklerine, kontrol grubundan farklı olarak ayak bileği evertör ve dorsifleksör kaslarına izokinetik dinamometrede (CSMI Humac Norm, USA) kombine konsentrik-eksentrik egzersiz programı uygulanmıştır. Egzersizler, test bölümünde ifade edilen pozisyonlara uygun şekilde denek cihaza bağlanarak yapılmıştır. 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn, 240°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda 6 tekrarlı ve setler arasında 20 saniyelik istirahatlerden oluşan programla çalışılmıştır. Bu program, egzersiz grubuna haftada 3 gün ve 6 hafta süreyle uygulanmıştır.



Şekil-1: Deneğin izokinetik dinamometre cihazındaki yerleşimi.

4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmede SPSS istatistik programı (version 16.0) kullanıldı. Tüm parametreleri tanımlamak için ortalama, standart hata ve %95 güven aralığı kullanıldı. Yüzdesel değişim hesaplamalarında $(ES - EÖ) / EÖ \times 100$ formülü kullanıldı. Kolmogorov-Smirnov sınamasına göre normal dağılım göstermeyen parametrelerin (60°/sn, 180°/sn, 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik evertör kuvvet; inversiyon yönünde 10° pasif ve aktif açı bulma, inversiyon yönünde kinestezi, 180°/sn açısal hızda konsentrik dorsifleksör kuvvet, plantarfleksiyon yönünde 15° pasif ve aktif açı bulma testleri) egzersiz öncesi değerlerinin ve yüzdesel değişimlerinin gruplar arasındaki farklılıklarının değerlendirilmesinde "Mann-Whitney U testi"; normal dağılım gösteren diğer parametrelerin egzersiz öncesi değerlerinin ve yüzdesel değişimlerinin gruplar arasındaki farklılıklarının değerlendirilmesinde ise "bağımsız örneklem t-testi" kullanıldı. FAİ ve sağlam ayak bileği gruplarındaki kuvvet ve propriosepsiyon parametrelerinin değişimlerini karşılaştırmak için tekrarlayan ölçümlü 2 (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

Kuvvet

Egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında, egzersiz öncesinde, invertör, evertör, plantarfleksör ve dorsifleksör kas gruplarının 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik ve eksentrik kas kuvvetlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo-1,2,3,4,5,6,7 ve 8; $p>0.05$). Tekrarlayan ölçümlü 2 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; evertör kaslar için 180°/sn açısal hızdaki konsentrik [$f(1, 16) = 8.877, p= 0.009$] ve 60°/sn [$f(1, 16) = 12.643, p= 0.003$], 180°/sn [$f(1, 16) = 16.635, p= 0.001$] ve 300°/sn [$f(1, 16)= 12.703, p= 0.003$] açısal hızlardaki eksentrik; dorsifleksör kaslar için ise 60°/sn açısal hızdaki konsentrik [$f(1,16)= 9.916, p= 0.006$] ve 60°/sn [$f(1,16)= 20.152, p= 0.0001$], 180°/sn [$f(1,16)= 15.956, p= 0.001$] ve 300°/sn [$f(1,16)= 8.220, p= 0.011$] açısal hızlardaki eksentrik kuvvetlerde "grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-3,4,7 ve 8). Diğer kuvvet parametreleri için tekrarlayan ölçümlü 2 (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°/sn açısal hızdaki konsentrik; 60°/sn,180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerlerinde istatistiksel anlamlı artış gözlenmiştir (Tablo-3 ve 4, $p<0.01-0.001$). Egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında, egzersiz ve kontrol gruplarının dorsifleksör kas grubunda 60°/sn açısal hızda konsentrik; egzersiz grubunun dorsifleksör kas grubunda 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerlerinde istatistiksel anlamlı artış bulunmuştur (Tablo-7 ve 8; $p<0.01-0.001$).

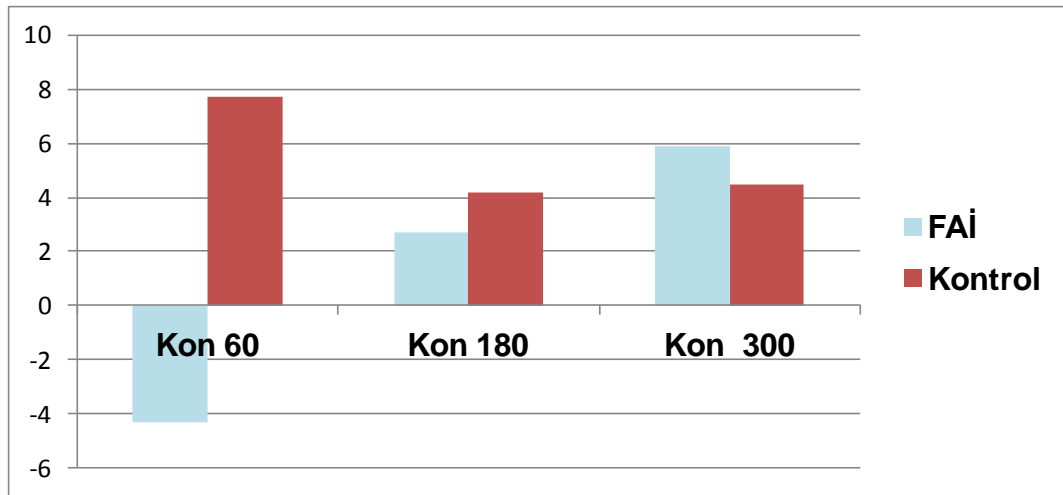
Evertör kas grubunun 180°/sn açısal hızda konsentrik ve 60°/sn,180°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda eksentrik; dorsifleksör kas grubunun 60°/sn açısal hızda konsentrik ve 60°/sn,180°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda eksentrik pik tork ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri egzersiz

ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur (Şekil-4,5,8 ve 9; $p < 0.05-0.001$). Diğer parametrelerin pik tork ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri için istatistiksel anlamlılık saptanmamıştır. (Şekil-2,3,6 ve 7; $p > 0.05$)

Tablo-1: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası invertör kasların konsentrik 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki pik tork değerleri [ortalama \pm standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Kon 60 (Nm) | 25.1 \pm 5.2 (21.1-29.1) | 23.7 \pm 4.0 (20.6-26.8) | 22.9 \pm 4.1 (19.8-26.0) | 24.6 \pm 4.4 (21.2-27.9) | > 0.05 |
| Kon 180 (Nm) | 21.8 \pm 4.7 (18.2-25.4) | 22.0 \pm 3.6 (19.3-24.7) | 21.8 \pm 4.9 (18.0-25.6) | 22.1 \pm 4.1 (18.9-25.3) | > 0.05 |
| Kon 300 (Nm) | 21.1 \pm 4.3 (17.8-24.4) | 21.8 \pm 4.4 (18.4-25.2) | 19.7 \pm 2.9 (17.4-21.9) | 20.1 \pm 4.6 (17.0-24.1) | > 0.05 |

FAİ= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**= Konsentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre

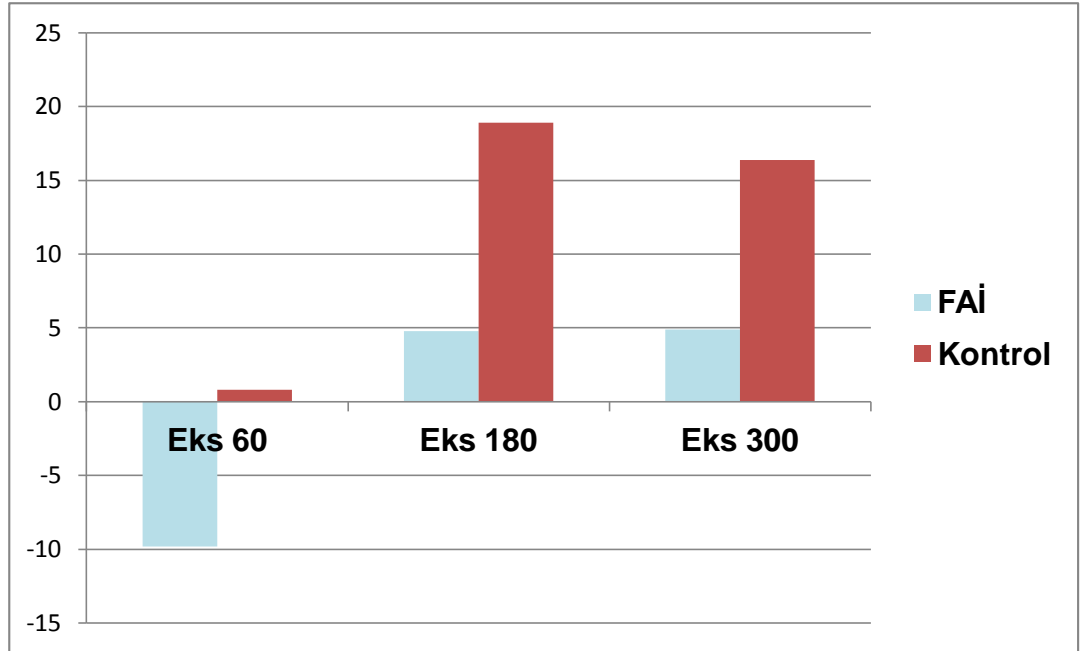


Şekil-2: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında invertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**= Konsentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Tablo-2: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası invertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Eks 60 (Nm) | 35.6 ± 9.7 (28.1-43.0) | 30.3 ± 11.8 (29.1-40.9) | 35.4 ± 9.2 (28.3-42.6) | 35.2 ± 7.8 (29.2-41.2) | > 0.05 |
| Eks 180 (Nm) | 34.2 ± 7.4 (28.5-39.9) | 35.8 ± 7.7 (29.8-41.7) | 31.4 ± 7.7 (25.5-37.4) | 36.1 ± 4.3 (32.8-39.4) | > 0.05 |
| Eks 300 (Nm) | 33.8 ± 9.0 (26.8-40.7) | 34.4 ± 7.1 (29.0-39.9) | 29.4 ± 5.3 (25.4-33.5) | 33.7 ± 3.9 (30.7-36.7) | > 0.05 |

FAİ= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**= Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre

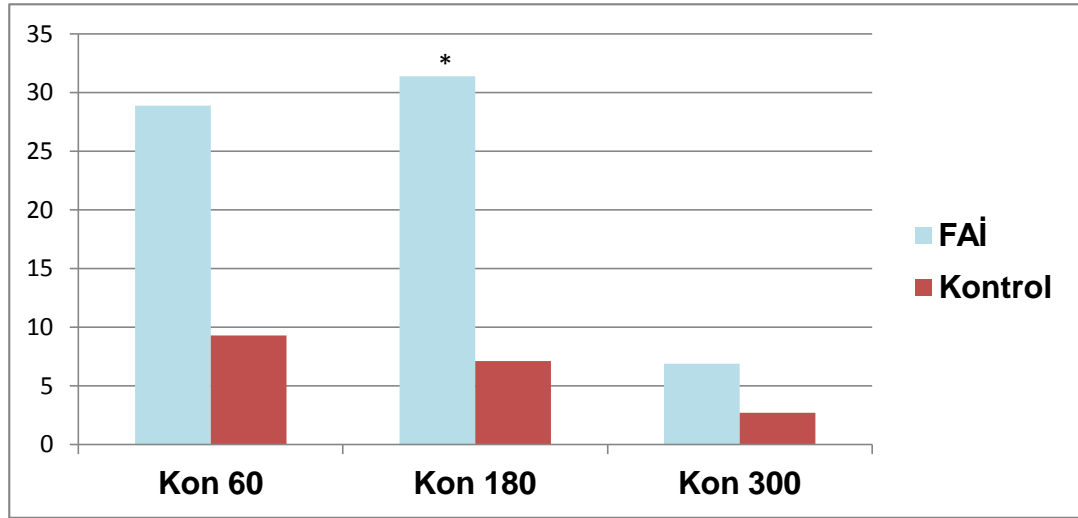


Şekil-3: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında invertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**: Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Tablo-3: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası evertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik pik tork değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Kon 60 (Nm) | 20.4 ± 2.9 (18.2-22.7) | 26.3 ± 6.9 (21.1-31.6) | 20.6 ± 5.2 (16.5-24.6) | 22.0 ± 4.6 (18.4-25.6) | > 0.05 |
| Kon 180 (Nm) | 16.3 ± 3.1 (13.9-18.7) | 21.2 ± 3.8** (18.3-24.1) | 16.7 ± 3.9 (13.7-19.7) | 17.6 ± 3.7 (14.7-20.4) | < 0.01 |
| Kon 300 (Nm) | 15.8 ± 2.9 (13.6-18.0) | 16.5 ± 3.2 (14.1-19.0) | 16.4 ± 4.6 (12.9-19.9) | 16.2 ± 3.6 (13.4-19.0) | > 0.05 |

** p<0.01 (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**= Konsentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre

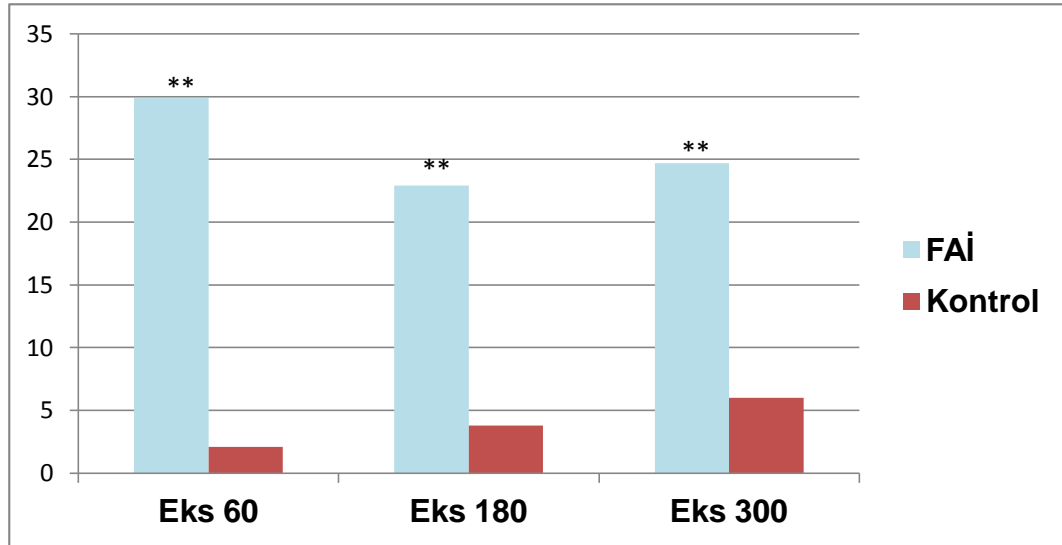


Şekil-4: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında evertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. * p<0.05 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**: Konsentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Tablo-4: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası evertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Eks 60 (Nm) | 28.7 ± 6.8 (23.4-33.9) | 36.2 ± 5.4** (32.1-40.4) | 32.8 ± 6.9 (27.4-38.1) | 33.7 ± 8.4 (27.2-40.2) | < 0.01 |
| Eks 180 (Nm) | 30.3 ± 6.0 (25.7-34.9) | 36.8 ± 4.6*** (33.2-40.3) | 33.8 ± 7.9 (27.7-39.8) | 34.9 ± 7.9 (28.9-40.9) | < 0.001 |
| Eks 300 (Nm) | 30.7 ± 6.6 (25.6-35.7) | 37.7 ± 5.7** (33.3-42.0) | 33.2 ± 10.0 (25.5-40.9) | 34.6 ± 8.6 (28.0-41.1) | < 0.01 |

** p<0.01, *** p<0.001 (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**= Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre

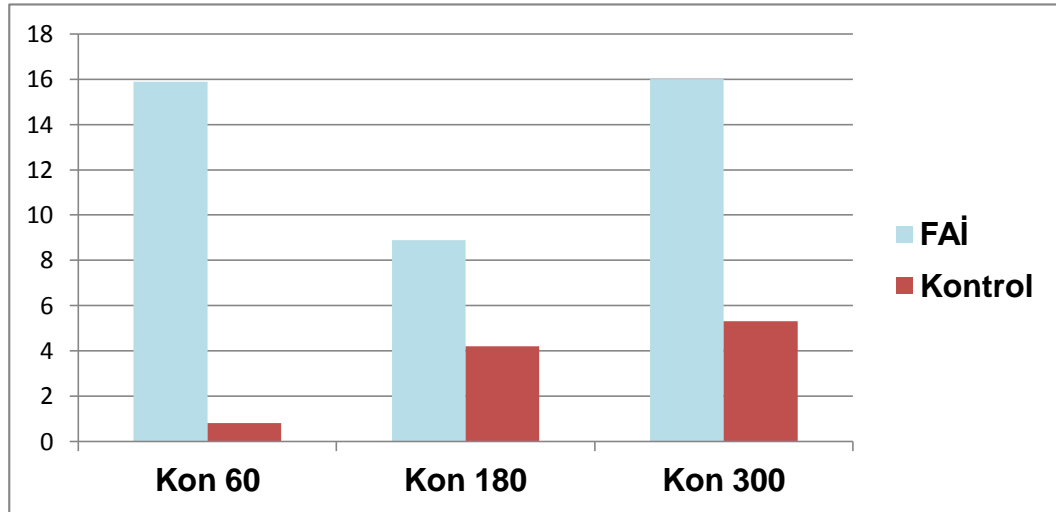


Şekil-5: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında evertör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**: Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Tablo-5: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası plantarflexör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısızlı hızlardaki konsentrik pik tork değeri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Kon 60 (Nm) | 67.0 ± 24.4 (49.7-84.3) | 73.3 ± 18.4 (59.2-87.5) | 59.6 ± 18.5 (45.4-73.8) | 60.9 ± 22.6 (43.5-78.3) | > 0.05 |
| Kon 180 (Nm) | 42.1 ± 14.4 (31.1-53.2) | 44.9 ± 13.5 (34.5-55.3) | 42.8 ± 14.1 (32.0-53.6) | 43.0 ± 10.9 (34.6-51.4) | > 0.05 |
| Kon 300 (Nm) | 36.7 ± 13.2 (26.5-46.8) | 39.6 ± 6.1 (34.8-44.3) | 39.1 ± 12.9 (29.2-49.1) | 39.4 ± 9.3 (32.3-46.6) | > 0.05 |

FAİ= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**= Konsentrik **60**= 60°/sn açısızlı hız **180**= 180°/sn açısızlı hız **300**= 300°/sn açısızlı hız **Nm**: Newton.metre

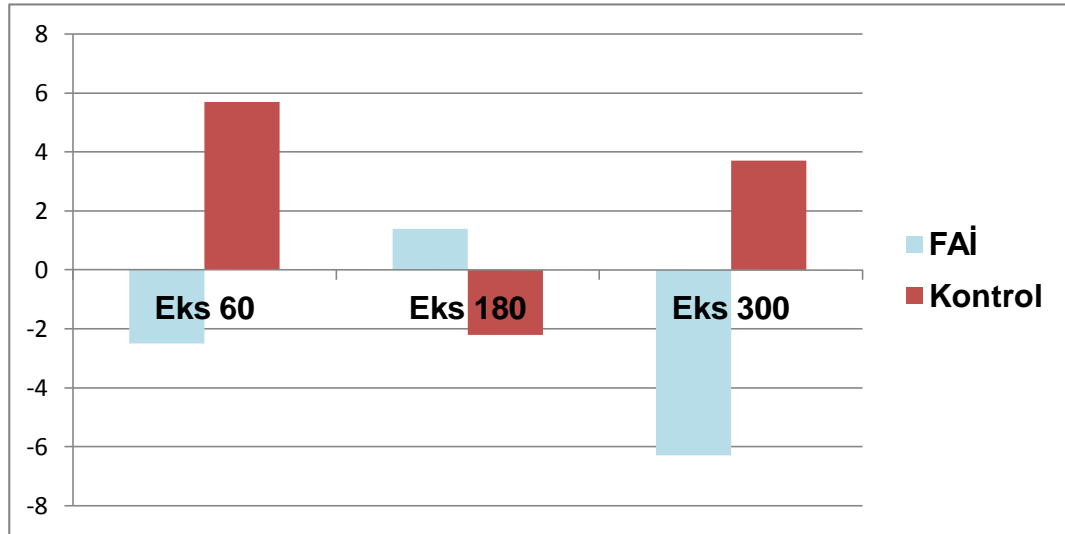


Şekil-6: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında plantarflexör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısızlı hızlardaki konsentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesel değışim değeri. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**: Konsentrik **60**= 60°/sn açısızlı hız **180**= 180°/sn açısızlı hız **300**= 300°/sn açısızlı hız

Tablo-6: FAİ ves sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası plantarflexör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Eks 60 (Nm) | 126.8 ± 29.1 (104.4-149.2) | 121.7 ± 19.5 (106.7-136.7) | 121.7 ± 21.8 (104.9-138.4) | 126.6 ± 18.7 (112.2-140.9) | > 0.05 |
| Eks 180 (Nm) | 122.4 ± 26.3 (102.2-142.7) | 122.0 ± 25.3 (102.5-141.5) | 118.2 ± 22.0 (101.3-135.6) | 114.1 ± 15.2 (102.6-125.8) | > 0.05 |
| Eks 300 (Nm) | 108.4 ± 22.9 (90.8-126.1) | 100.0 ± 36.2 (72.2-127.8) | 118.2 ± 24.7 (99.3-137.2) | 121.9 ± 25.6 (102.2-141.5) | > 0.05 |

FAİ= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**= Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre

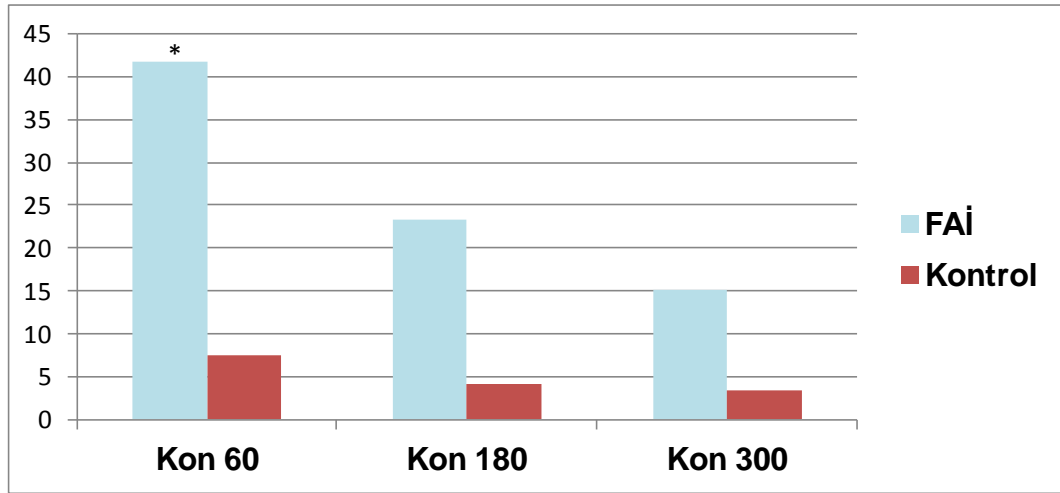


Şekil-7: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında plantarflexör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**: Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Tablo-7: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası dorsifleksör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik pik tork değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Kon 60 (Nm) | 20.2 ± 3.6 (17.4-23.0) | 28.0 ± 5.2** (24.0-32.0) | 22.2 ± 5.1 (18.3-26.2) | 23.6 ± 4.4 (20.2-27.0) | < 0.01 |
| Kon 180 (Nm) | 16.8 ± 1.9 (15.4-18.0) | 20.3 ± 2.6 (18.3-22.3) | 17.2 ± 3.9 (14.2-20.2) | 17.6 ± 3.0 (15.2-19.9) | > 0.05 |
| Kon 300 (Nm) | 16.7 ± 2.4 (14.8-18.5) | 18.8 ± 2.7 (16.7-20.9) | 17.1 ± 3.7 (14.2-20.0) | 17.2 ± 2.1 (15.6-18.8) | > 0.05 |

** p<0.01 (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**= Konsentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre

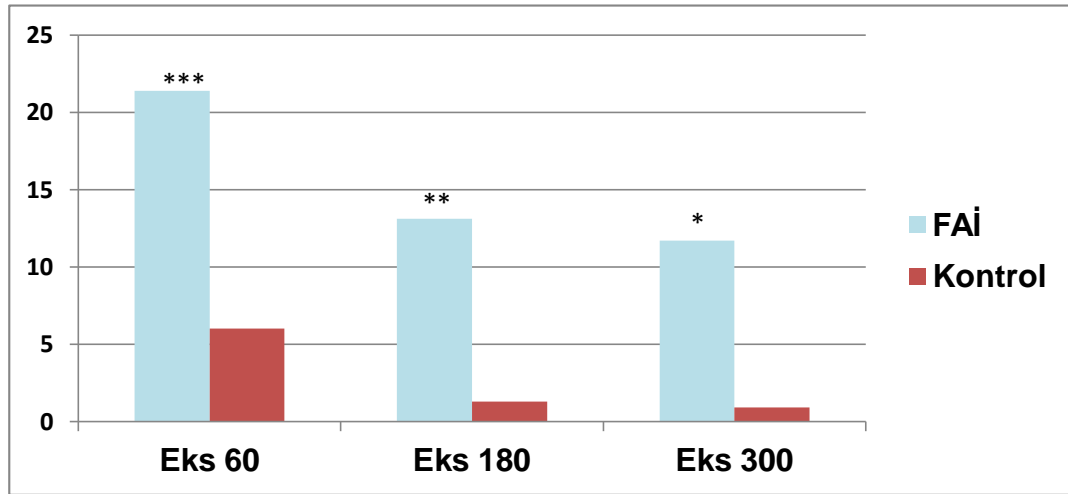


Şekil-8: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında dorsifleksör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki konsentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdeseL değişim değerleri. * p<0.05 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Kon**: Konsentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Tablo-8: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası dorsifleksör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik pik tork değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Eks 60 (Nm) | 45.8 ± 5.1 (41.8-49.7) | 55.4 ± 5.6*** (51.1-59.8) | 49.6 ± 6.1 (44.9-54.2) | 52.3 ± 5.8† (47.9-56.8) | < 0.001 |
| Eks 180 (Nm) | 49.0 ± 6.6 (43.9-54.1) | 59.4 ± 8.1*** (49.2-61.7) | 50.3 ± 7.7 (44.4-56.2) | 50.8 ± 7.3 (45.2-56.4) | < 0.001 |
| Eks 300 (Nm) | 46.4 ± 6.8 (41.2-51.6) | 51.8 ± 8.3** (45.4-58.1) | 51.7 ± 8.0 (45.5-57.8) | 51.8 ± 6.2 (47.0-56.6) | < 0.05 |

** p<0.01, *** p<0.001 (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) ; † p<0.05 (kontrol grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**= Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız **Nm**: Newton.metre



Şekil-9: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında dorsifleksör kasların 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn açısal hızlardaki eksentrik kuvvet ölçümlerinin yüzdesele değişim değerleri. * p<0.05, ** p<0.01, p<0.001 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ**: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **Eks**: Eksentrik **60**= 60°/sn açısal hız **180**= 180°/sn açısal hız **300**= 300°/sn açısal hız

Propriosepsiyon

Açı bulma: Egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında egzersiz öncesinde inversiyon yönünde aktif 20°, aktif 10°, pasif 20° ve pasif 10° eklem pozisyon hissi ölçümlerinde istatistiksel anlamlı fark bulunmuştur (Tablo-9; $p < 0.05-0.01$). Tekrarlayan ölçümlü 2 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; inversiyon yönünde pasif 20° [$f(1, 16) = 7.765, p = 0.013$], pasif 10° [$f(1, 16) = 14.371, p = 0.002$], aktif 20° [$f(1,16) = 5.106, p = 0.038$] ve aktif 10° [$f(1, 16) = 9.007, p = 0.008$] eklem pozisyon hissi ölçümlerinde "grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-9).

"Grup x zaman" etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde, egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında, egzersiz grubunda inversiyon yönünde aktif 20°, aktif 10°, pasif 20° ve pasif 10° eklem pozisyon hissi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş saptanmıştır (Tablo-9; $p < 0.05-0.01$). İversiyon yönünde aktif 20°, aktif 10°, pasif 20° ve pasif 10° eklem pozisyon hissi ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri egzersiz ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur (Şekil-10; $p < 0.05-0.01$).

Egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında egzersiz öncesinde plantarfleksiyon yönünde aktif 30°, pasif 30° ve 15° eklem pozisyon hissi ölçümlerinde istatistiksel anlamlı fark bulunmuştur (Tablo-10; $p < 0.05-0.01$). Plantarfleksiyon yönünde aktif 15° eklem pozisyon hissi ölçümlerinde ise egzersiz ve kontrol grupları arasında istatistiksel anlamlı fark gözlenmemiştir (Tablo-10; $p > 0.05$). Tekrarlayan ölçümlü 2 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; plantarfleksiyon yönünde pasif 30° [$f(1,16) = 7.638, p = 0.014$], pasif 15° [$f(1,16) = 4.760, p = 0.044$] ve aktif 30° [$f(1,16) = 10.223, p = 0.006$] eklem pozisyon hissi ölçümlerinde "grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-10). Plantarfleksiyon yönünde aktif 15° eklem pozisyon hissi ölçümlerinde ise "grup x zaman" etkileşimi göstermemiştir.

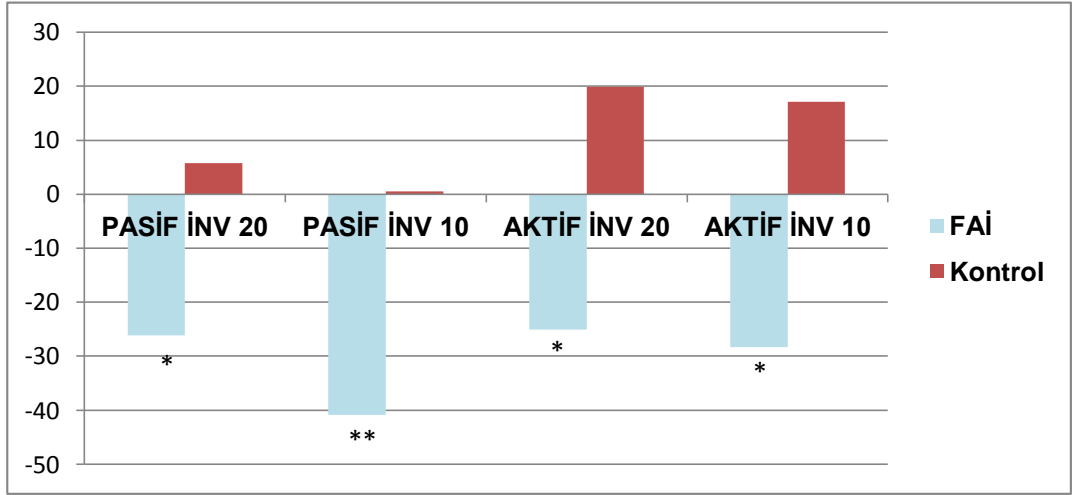
"Grup x zaman" etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde, egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında, egzersiz grubunda plantarfleksiyon yönünde aktif 30°, pasif 30° ve 15° eklem pozisyon değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş saptanmıştır (Tablo-10;

p<0.01). Plantarfleksiyon yönünde aktif 30°, pasif 30° ve 15° eklem pozisyon hissi ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri egzersiz ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur (Şekil-11; p<0.05-0.01).

Tablo-9: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası inversiyon yönünde 10° ve 20° aktif ve pasif eklem pozisyon hissi testi değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Pasif İnv 20° | 3.7 ± 1.1 ^{###} (2.9-4.5) | 2.5 ± 0.6* (2.0-3.0) | 2.4 ± 0.7 (1.8-3.0) | 2.4 ± 0.7 (1.9-2.9) | < 0.05 |
| Pasif İnv 10° | 2.4 ± 0.9 [#] (1.7-3.1) | 1.4 ± 0.6** (0.9-1.8) | 1.6 ± 0.7 (1.0-2.1) | 1.5 ± 0.5 (1.0-1.9) | < 0.01 |
| Aktif İnv 20° | 3.4 ± 1.3 ^{###} (2.4-4.3) | 2.2 ± 0.8* (1.6-2.8) | 1.7 ± 0.8 (1.1-2.3) | 1.7 ± 0.6 (1.2-2.1) | < 0.05 |
| Aktif İnv 10° | 3.0 ± 1.1 ^{###} (2.1-3.9) | 1.9 ± 0.7* (1.3-2.5) | 1.5 ± 0.8 (0.9-2.1) | 1.6 ± 0.6 (1.1-2.1) | < 0.01 |

* p<0.05, ** p<0.01 (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) ; # p<0.05, ### p<0.01 (egzersiz öncesinde fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubu ile sağlam ayak bileği grubu arasındaki) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **İnv**= İnversiyon yönünde **FAİ**= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi

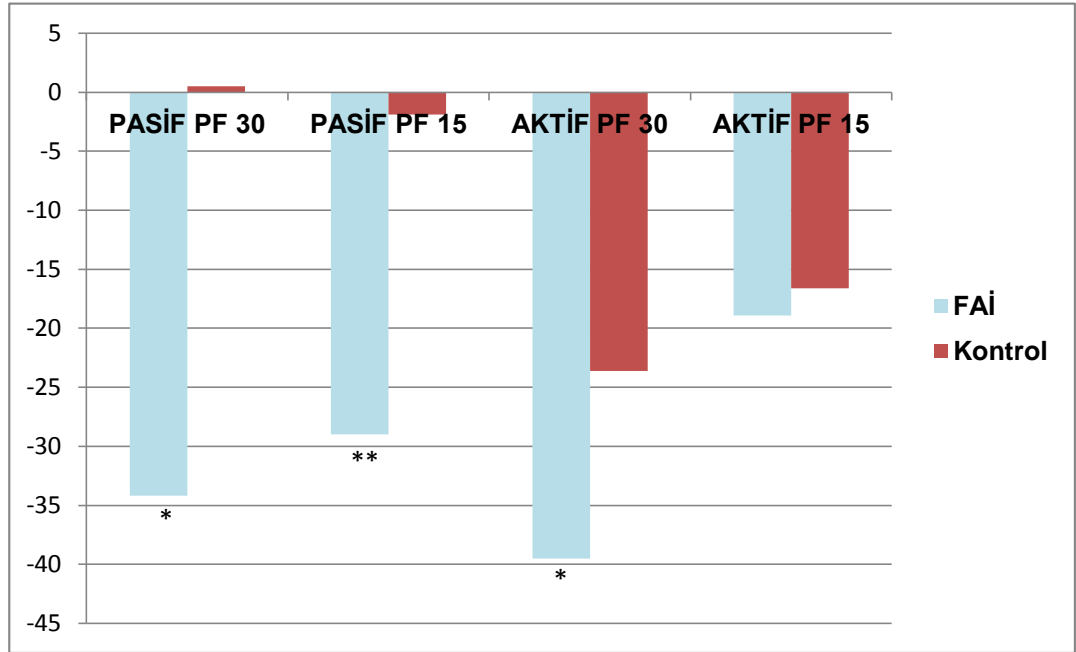


Şekil-10: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında aktif ve pasif eklem pozisyon hissi testlerinde inversiyon yönünde 10° ve 20° açılardan sapma miktarı ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ:** Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **İNV:** inversiyon yönü

Tablo-10: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası plantarfleksiyon yönünde 30° ve 15° aktif ve pasif eklem pozisyon hissi testi değerleri [ortalama ± standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| Pasif PF 30° | 6.1 ± 1.8 ^{##} (4.7-7.5) | 3.9 ± 1.4 ^{**} (2.8-5.0) | 2.2 ± 0.9 (2.5-4.1) | 2.0 ± 0.4 (2.4-3.8) | < 0.05 |
| Pasif PF 15° | 3.3 ± 0.9 [#] (2.6-3.9) | 2.3 ± 0.8 ^{**} (1.7-2.9) | 2.2 ± 0.9 (1.5-2.9) | 2.0 ± 0.4 (1.7-2.3) | < 0.05 |
| Aktif PF 30° | 5.4 ± 2.9 [#] (3.6-7.2) | 2.9 ± 0.8 ^{**} (2.3-3.5) | 3.0 ± 1.2 (2.1-3.9) | 3.4 ± 1.7 (2.1-4.6) | < 0.01 |
| Aktif Pf 15° | 3.1 ± 5.0 (2.0-4.2) | 2.2 ± 1.3 (1.2-3.2) | 2.4 ± 0.9 (1.7-3.1) | 1.9 ± 0.8 (1.2-2.5) | > 0.05 |

** p<0.01 (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) ; # p<0.05, ## p<0.01 (egzersiz öncesinde fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubu ile sağlam ayak bileği grubu arasındaki) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. PF= Plantarfleksiyon yönünde FAİ= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi



Şekil-11: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında aktif ve pasif eklem pozisyon hissi testlerinde inversiyon yönünde 10° ve 20° açılardan sapma miktarı ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri. * p<0.05, ** p<0.01 istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. FAİ: Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi PF: Plantarfleksiyon yönü

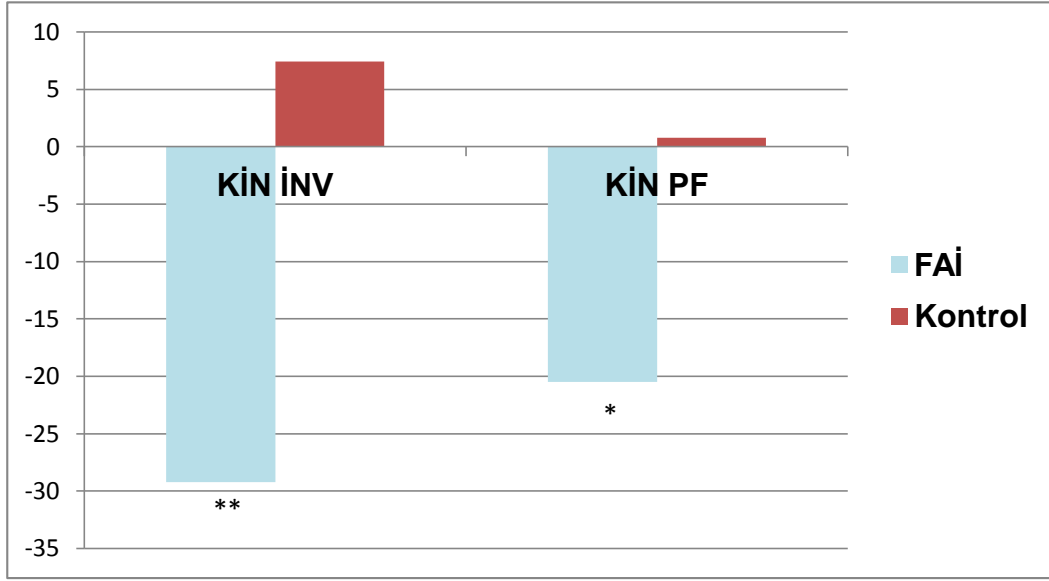
Kinestezi: Egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında egzersiz öncesinde inversiyon ve plantarfleksiyon yönünde kinestezi testi değerlerinde ölçümlerinde istatistiksel anlamlı fark bulunmuştur (Tablo-11; $p<0.05$ - $p<0.01$). Tekrarlayan ölçümlü 2 (grup) x 2 (zaman) ANOVA sonuçları; plantarfleksiyon yönünde [$f(1, 16) = 6.085$, $p= 0.025$] ve inversiyon yönünde [$f(1,16) = 12.981$, $p= 0.002$] kinestezi testlerinde "grup x zaman" etkileşimi göstermiştir (Tablo-11).

"Grup x zaman" etkileşimi saptanan parametrelerin ileri analizinde, egzersiz öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında, egzersiz grubunda plantarfleksiyon ve inversiyon yönünde kinestezi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma saptanmıştır (Tablo-11; $p<0.05$). Plantarfleksiyon ve inversiyon yönünde kinestezi ölçümlerinin yüzdesel değişim değerleri egzersiz ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur (Şekil-12; $p<0.05$ - 0.01).

Tablo-11: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında egzersiz öncesi ve sonrası kinestezi testi değerleri [ortalama \pm standart hata (%95 güven aralığı)]

| | FAİ | | Kontrol | | P değeri (grup x zaman) |
|----------------|--|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Öncesi | Sonrası | Öncesi | Sonrası | |
| KİN İNV | 0.8 \pm 0.2 ^{##} (0.7-0.9) | 0.5 \pm 0.2* (0.4-0.7) | 0.6 \pm 0.1 (0.5-0.7) | 0.6 \pm 0.1 (0.5-0.7) | < 0.01 |
| KİN PF | 0.8 \pm 0.2 [#] (0.6-0.9) | 0.6 \pm 0.2* (0.5-0.7) | 0.6 \pm 0.1 (0.5-0.7) | 0.6 \pm 0.1 (0.5-0.7) | < 0.05 |

* $p<0.05$ (Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubunda egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre) ; # $p<0.05$, ## $p<0.01$ (egzersiz öncesinde fonksiyonel ayak bileği instabilitesi grubu ile sağlam ayak bileği grubu arasındaki) istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **KİN**= Kinestezi **İNV**= İnversiyon yönü **PF**= Plantarfleksiyon yönü **FAİ**= Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi



Şekil-12: FAİ ve sağlıklı ayak bileği gruplarında kinestezi testlerinde inversiyon ve plantarfleksiyon yönlerindeki ölçümlerin yüzdesel değişim değerleri. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ istatistiksel anlamlı farklılığı göstermektedir. **FAİ:** Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi **İNV:** İnversiyon yönü **PF:** Plantarfleksiyon yönü **KİN=** Kinestezi

TARTIŞMA VE SONUÇ

FAİ olan ayak bileğinin evertör ve dorsifleksör kas gruplarına uygulanan konsentrik ve eksentrik kombine izokinetik egzersizin kuvvet ve proprioepsiyon üzerine etkisinin incelendiği bu çalışma sonucunda 1) Egzersiz grubunun dorsifleksör kas grubunda 6 hafta egzersiz süresi sonunda test edilen tüm açısal hızlarda eksentrik ve 180°/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 60°/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 öncesi ile kıyaslandığında egzersiz sonrasında, egzersiz grubunda plantarfleksiyon yönünde 15° pasif, 30° aktif ve pasif eklem pozisyon hissi değerlerinde anlamlı düzelme saptanmıştır; 5) Egzersiz sonrasında, egzersiz grubunda, inversiyon yönünde 10° ve 20° pasif, 10° ve 20° aktif eklem pozisyon hissi değerlerinde anlamlı düzelme gözlenmiştir; 6) Egzersiz sonrasında, egzersiz öncesi ile kıyaslandığında egzersiz grubunun plantarfleksiyon ve inversiyon yönünde kinestezi testi değerlerinde anlamlı düzelme gözlenmiştir. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, FAİ olan deneklerin dorsifleksör ve evertör kaslarına eksentrik egzersiz modeli uygulanarak kuvvet ve proprioepsiyonun 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 yeterince kuvvetli olması gerektiği düşünülür (42,59). Evertör kuvvet kaybı, bu kasların inversiyon burkulmasından korunmayı sağlayan inversiyona direnç ve ayağı tekrar nötral pozisyona getirme yeteneğini azaltır (22). Yapılan çalışmaların bazılarında FAİ olan hastalarda, sağlıklı bireylerle kıyaslandığında evertörlerde eksentrik kuvvet kaybı saptanmıştır (15,17,21). Willems ve ark.

(15) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarla sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 30°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda konsentrik ve eksentrik modda evertör ve invertör kasların kuvvet ölçümünü yapmışlardır. Bahsedilen çalışmada kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde her iki açısal hızda, evertör kasların hem eksentrik hem de konsentrik kuvvetinde kayıp olduğunu bildirmişlerdir (15). Hartsell ve Spaulding (17) ise kronik ayak bileği instabilitesi olanların eversiyon kuvvetini eksentrik modda, 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn ve 240°/sn açısal hızda değerlendirmiştir. Sağlıklı ayak bilekleri ile karşılaştırıldığında evertör kasların eksentrik kuvvetinde anlamlı kayıp olduğunu göstermişlerdir (17). Yıldız ve ark. (21) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarla sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 120°/sn açısal hızda konsentrik ve eksentrik modda evertör ve invertör kasların kuvvet ölçümünü yapmışlardır. Bahsedilen çalışmada kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde evertör kasların eksentrik kuvvetinde kayıp olduğunu bulmuşlardır (21). Tek taraflı FAİ olan bireylerde yaralanan ekstremitenin sağlam karşı taraf ekstremitenin kuvvetiyle kıyaslandığında hem eksentrik hem de konsentrik evertör kas gücü kaybı bulunmamıştır (19,20,22-24,60).

İlginç olarak, bazı çalışmalarda kronik ayak bileği instabilitesi olan bireylerde konsentrik invertör kuvvet kaybı da gösterilmiştir (18,22,61). Ryan (18) inversiyon güçsüzlüğünü; ayak bileği invertörlerinin yaralanma yönünde hareketi başlatma yeteneğinin selektif refleks inhibisyonu ya da peroneal sinirin aşırı gerilimi sonucu, derin peroneal sinir disfonksiyonu sonucunda ortaya çıkmış olabileceği hipotezleri ile açıklamıştır. 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 etkilenmediğini speküle etmişlerdir (18,61). Azalmış invertör kuvvetin, ayak bileğindeki evertör ve invertör kas grupları arasındaki kas dengesizliğinin yansıması olabileceği de öne sürülmüştür (22). Diğer yandan; başka güncel çalışmalarda, yaralanmış ekstremitenin sağlam karşı taraf ekstremitenin kuvvetiyle karşılaştırıldığında konsentrik invertör kas zayıflığı saptanmamıştır (20,21,24).

Önceki bir çalışmada ise FAİ olanlarda sağlıklı bireylerle kıyaslandığında eksentrik plantarflexör kas gücünde azalma saptanmıştır (62). Fox ve ark. (62) plantarflexör kas güçsüzlüğünün; burkulma esnasında gastroknemius-soleus kompleksindeki hasarlanma yada burkulmayı takiben gelişen deafferentasyon (afferent yollarla gelen uyarıların kesilmesi ile) sonucu motor ünite uyarılabilirliğindeki azalma sonucu oluşabileceğini ileri sürmüştür. Aynı çalışmada, invertör, evertör ve dorsiflexör kas gruplarında eksentrik kuvvet kaybı saptanmamıştır (62).

Son yıllarda, izokinetik egzersiz Spor Hekimliği uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır (63). İzokinetik dinamometreler, kas fonksiyonuna ait kuvvet parametrelerinin hızlı sayısallaştırılmasına ve ölçümlerin çeşitli açısız pozisyonlarda (izometrik) ve geniş açısız hız aralıklarında (izokinetik konsentrik ve eksentrik) yapılabilmesine olanak sağlar. İzokinetik dinamometre ile kuvvet ölçümlerinde; dinamometrenin doğruluğu, ölçülen parametrelerin tekrarlanabilirliği, test protokolü, motivasyon, test yapan ve yapılan kişi ile ilişkili faktörler test güvenilirliğini etkileyebilir (64). Deneğin dinamometreye uygun şekilde yerleştirilmemesi, agonistik koaktivasyona bağlı olarak, ölçümlerde farklı değerlerle karşılaşılmasına yol açabilir (65). Cihazdaki kısa kaldıraç kolu ile birlikte kesitsel kas alanının küçük olması, ayak bileği ekleminde deneğin cihaza yerleşimini daha da önemli kılar. Kuvvet testleri arasında verilen mola sürelerinin kısalığı da, testlerdeki kuvvet çıkışını anlamlı şekilde etkileyebilir (65). İzokinetik dinamometrenin, ayak bileği kaslarının izokinetik kuvvet ölçümlerindeki güvenilirliği çeşitli çalışmalarda (30,64,66-69) değerlendirilmiştir. FAİ'de ayak bileği invertör ve evertör kaslarının değerlendirilmesinin önemi gösterilmiştir (21). Aydog ve ark.(68) sağlıklı kişilerde 60°/sn ve 180°/sn açısız hızlarda konsentrik evertör ve invertör kuvvetleri ölçümlerinin yüksek güvenilirlik gösterdiğini tespit etmiştir. Amarel De Noronha ve Borges (67) lateral ayak bileği burkulması olan hastalarda 120°/sn açısız hızda invertör ve evertör kaslar için yüksek güvenilirlik saptamıştır. Benzer olarak Şekir ve ark. (30) FAİ hastalarda evertör ve invertör kaslar için, 120°/sn açısız hızda yüksek güvenilirlik bulmuştur. Bizim çalışmamızda, test protokolünde invertör, evertör, plantarflexör ve

dorsifleksör kas gruplarının eksentrik ve konsentrik kuvvet ölçümleri 60°/sn, 180°/sn ve 300°/sn; egzersiz protokolünde ise evertör ve dorsifleksör kas grupları eksentrik / konsentrik modda 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn, 240°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda yapılmıştır.

Ayak bileği burkulmaları genellikle ayak bileği plantarflexiyondayken inversiyon travmasının eklenmesiyle oluşmaktadır. Bu ani hareket patemi sırasında dorsifleksör ve evertör kaslar eksentrik kasılmaktadırlar. Ayrıca bazı çalışmalarda (15,17,21) FAİ'nde evertör kaslarda eksentrik zayıflık gösterilmiştir. Bu nedenlerden dolayı, her ne kadar rehabilitasyon programlarında ayak bileğinin kas kuvvetini, propriosepsiyonunu ve fonksiyonel kapasitesini geliştiren farklı egzersiz programları mevcut olsa da biz çalışmamızda dorsifleksör ve evertör kaslara eksentrik içerikli bir egzersiz programı uygulamayı düşündük. Bununla beraber, egzersiz programının standardizasyonunu sağlamak için izokinetik sistem kullandık. Ek olarak çalışmamızda; antagonist kasların katkısı olmadan sadece evertör ve dorsifleksör kaslara egzersiz yaptırabilmek amacıyla ve ani inversiyon hareketinin gözleendiği inversiyon burkulmaları esnasında evertör ve dorsifleksör kasların önce eksentrik sonra konsentrik kasılması nedeniyle eksentrik / konsentrik egzersiz kombinasyonu kullanıldı.

Kaminski ve ark. (48) tek taraflı FAİ olan hastalarda, 6 haftalık kuvvet ve propriosepsiyon egzersizin, eversiyon / inversiyon izokinetik kuvvet oranlarına (E/İ) etkisini araştırdıkları çalışmada katılımcıları 4 gruba ayırmışlardır (S= sadece kuvvet, P=sadece propriosepsiyon, B=kuvvet + propriosepsiyon, C=kontrol). S grubu, theraband ile 6 hafta plantarflexör, dorsifleksör, invertör ve evertör kaslara haftada 3 kez belirlenen protokolle egzersiz yapmışlardır. Egzersiz öncesi ve sonrası kuvvet gelişimleri 30°/sn ve 120°/sn açısal hızda konsentrik ve eksentrik olarak test edilmiştir. Ortalama tork ve pik tork kuvvet oranlarının, gruplar arasında anlamlı farklılık göstermediği, 6 haftalık kuvvet ve propriosepsiyon antrenmanının tek taraflı FAİ olan katılımcılarda anlamlı etki yapmadığı gözlenmiştir. Kaminski ve ark. (48) uyguladıkları egzersiz programının kuvvette değişim oluşturabilecek şiddette olamayabileceğini öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte, bahsedilen

çalışmada egzersiz uygulamaları egzersiz lastiği ile uygulanırken testler izokinetik dinamometre ile yapılmıştır. Bu uyumsuzluk egzersizin etkisinin yeterince gösterilememesine yol açabileceği gibi, izokinetik dinamometrenin kullanımında dikkat edilmesi gereken faktörlere yeterli önemin verilmemesi de daha önce de bahsedildiği gibi test ölçümlerini etkileyebilir. Çalışmamızda, egzersiz ve test protokolleri izokinetik dinamometre ile uygulanmıştır. Bununla birlikte, tüm test ve egzersiz uygulamalarının aynı kişi tarafından yapılması ve deneklerin izokinetik dinamometredeki yerleşimlerinin mümkün olduğunca aynı standart ölçülerde olması sağlanarak, sözü edilen olumsuz etkiler minimize edilmeye çalışılmıştır.

Han ve Ricard (50) tek taraflı ayak bileği burkulma öyküsü olanlar ile sağlıklı bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada 4 haftalık elastik direnç egzersizi programının evertör kas kuvveti ve peroneal kas reaksiyon zamanı üzerine etkisini araştırmışlardır. 4 hafta sonrasında her iki grupta da evertör kas kuvvetinde istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadığı bildirilmiştir. Bahsedilen çalışmada kuvvet 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 ölçümleri ise izotonik olarak (1-RM) yapılmıştır ve bu yöntem çalışmamızda kullandığımız izokinetik dinamometre kadar güvenilir değildir. Ayrıca, 4 haftalık egzersiz periyodu kastaki nöral adaptasyonlar için yeterli olsa da kuvvet gelişimi için yeterli olmayabilir. Biz çalışmamızda 6 haftalık eksentrik egzersiz programı sonrasında evertör ve dorsifleksör kaslarda anlamlı kuvvet artışı saptadık.

Smith ve ark. (44) FAİ olan bireylerde theraband ve multiaksiyal ayak bileği egzersiz (MAE) cihazı kombinasyonundan oluşan egzersiz programının evertör kuvvet ve kuvvet hissi üzerine etkisini araştırmışlardır. Egzersiz programı sonrasında MAE cihazı ile değerlendirilen invertör kasların izometrik kuvvetinde %25, evertör kasların izometrik kuvvetinde ise %55 artış bildirmişlerdir. Aynı çalışmada kuvvet hissi ölçümlerinde egzersiz sonrasında anlamlı değişiklik saptanmadığı rapor edilmiştir.

Diğer yandan, Docherty ve ark. (47) FAİ olan hastalarda progresif dirençli kuvvet antrenmanlarının etkisini ele almıştır. Docherty ve ark. (47) tek taraflı FAİ olan bireylerde 6 haftalık progresif-dirençli kuvvet çalışmalarının eversiyon ve dorsifleksiyon kuvvetinde gelişim meydana getirdiğini raporlamıştır. Ancak, bahsedilen çalışmada progresif dirençli protokol olarak, izokinetik uygulama yerine Thera-Band elastik bantlar kullanılmıştır. Ayrıca, Docherty ve ark. (47) yaptığı çalışmada ölçümlerde manuel dinamometre kullanılırken, bizim çalışmamızda izokinetik dinamometre kullanılmıştır. Bahsedilen 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 sağlayamaz. Bu bilgiler, izokinetik egzersiz ve test ölçümlerinin ne kadar fayda sağladığını desteklemektedir.

Ayak bileği dorsifleksör ve plantar fleksör kas kuvvetini manuel ve izokinetik dinamometre ile değerlendiren Andersen ve Jakobsen (70) manuel testlerin kas güçsüzlüğünün sıklığını ve ciddiyetini yeterince gösteremediğini savunmuşlardır.

Lee ve ark. (46) ayak bileği instabilitesi olanlarda 4 haftalık germe, theraband ve nöromusküler kontrol egzersizlerinden oluşan rehabilitasyon programının kuvvet ve fonksiyonelliğe olan etkisi araştırılmıştır. Bahsedilen çalışmada 4 fazdan [Faz 1: germe egzersizleri (gastroknemius, tibialis anterior kaslarına yönelik) + geriye doğru yürüme, Faz 2: theraband egzersizleri (invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslara), Faz 3: izometrik egzersiz + tek bacak sıçrama, Faz 4: denge egzersizleri] oluşan rehabilitasyon programı uygulanmıştır. Rehabilitasyon 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. (22) FAİ olan rekreasyonel sporcu grubunda; propiosepsiyon, 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 programla konsentrik modda izokinetik egzersiz modeli uygulamışlardır. Egzersiz öncesi ve sonrası invertör ve evertör kas kuvvet değerlerini ise hem konsentrik hem de eksentrik olarak 120°/sn açısal hızda ölçmüşlerdir. Hem konsentrik invertör kuvvet hem de konsentrik evertör kuvvet izokinetik egzersiz uygulamaları sonrasında anlamlı artış göstermiştir. Bu sonuçlar FAİ'de kuvvet kazanımında izokinetik egzersizin etkinliğini desteklemektedir. Şekir ve ark.'nın (22) 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 saptamadık. Bununla beraber araştırmamızda evertör ve dorsifleksör kaslar eksentrik egzersiz programı ile 6 hafta boyunca çalıştırılmıştır ve her iki kas grubunda da test edilen açısal hızlarda istatistiksel olarak anlamlı eksentrik kuvvet artışı saptanmıştır.

Keleş ve ark. (58) rekreasyonel düzeyde spor yapan sağlıklı bireylerde; izokinetik eksentrik egzersizin, propiosepsiyonun bir göstergesi olan kas reaksiyon zamanı ve kuvvet üzerine etkisini araştırmışlardır. Rekreasyonel sporcuların dominant ayak bileklerinin invertör ve evertör kas gruplarına, 6 hafta süre boyunca 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn, 240°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda 6 tekrarlı konsentrik-eksentrik modda izokinetik egzersiz modeli uygulamışlardır. Bahsedilen çalışmada egzersiz uygulamaları sonrasında evertör (%19-58) ve dorsifleksör (%16-24) kasların eksentrik kuvvetinde anlamlı artış bildirilmiştir. Aynı egzersiz modelini FAİ olan bireylerde uyguladığımız çalışmamızda ise evertörlerde %13-38, dorsifleksörlerde ise %10-21 artış saptadık.

Uh ve ark. (71) sağlıklı ayak bileği olan 20 gönüllüyü önce egzersiz ve kontrol grubu olarak ikiye ayırmıştır. Egzersiz grubunun dominant ayak

bileklerinin invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslarına izokinetik dinamometre ile 8 hafta süre konsentrik olarak 30°/sn, 60°/sn, 90°/sn ve 120°/sn ve eksentrik olarakta 30°/sn, 60°/sn ve 90°/sn açısal hızlarda egzersiz yaptırılmıştır. 8 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 torqları 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 (71). Bizim çalışmamızda, kontrol grubunun sadece dorsifleksör kaslarının 60°/sn açısal hızdaki eksentrik kuvvetinde artış saptanmıştır, buradan yola çıkarak bizim çalışmamızda anlamlı çapraz etki olmadığı kanısına varılabilir.

2008 Pekin Olimpiyatlarından sonra Mok ve ark. (72) 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°/sn, çim hokeyi sporcusunda ise 1397°/sn açısal hızlarda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Evertör kasların eksentrik olarak yüksek hızlarda çalışma yetersizliğinin klinik olarak günlük yaşam aktivitelerinde önemli olduğunu savunulmaktadır (17). Bununla beraber, ligamentöz yaralanmalar tipik olarak, peroneal kasların yüksek açısal hızdaki harekete cevap olarak eksentrik kasılması sırasında gelişir (73).

Rehabilitasyon programlarında sıkça kullanılan theraband egzersizleri gibi izotonik egzersizler düşük miktarda eksentrik komponent içerseler de izokinetik dinamometrelerin imkan verdiği yüksek açısız hızlarda egzersiz yapma olanağı vermezler. FAİ olanlarda izokinetik egzersizlere dair yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda yapılacak çalışmalarla FAİ olan bireylerdeki değerlerle ilgili daha fazla bilgi sahibi olunarak, çeşitli hastalıkların önlenmesi, tedavisi ve takibinde kullanılacak egzersiz modelleri geliştirilebilir.

Propriosepsiyon

Proprioseptif mekanizma, sporda eklemin uygun fonksiyonu, günlük yaşam aktiviteleri ve bazı mesleki işler için elzemdir (65). Propriosepsiyon, hareketlerin doğru ve hassas şekilde yapılması için gereken nöromusküler kontrolde motor programlamaya ve dinamik stabiliteyi sağlayarak kas refleksine de katkıda bulunur (22). Propriosepsiyonun objektif olarak ölçümü, proprioseptif kaybın erken olarak tanımlanmasının ve yaralanmayla oluşan bu kaybın sayısal olarak gösterilmesine yardım eder (65). Ayak bileği burkulmalarının tekrarlama eğilimin ilk travmada mekanoreseptörler içeren ligaman dokularında oluşan kısmi deafferentasyonla gelişen proprioseptif kayıp yüzünden olduğuna dair yaygın bir kanı vardır (11,28,74). Ayak bileği yaralanmalarını takiben, propriosepsiyon farklı metodlar ve ekipmanlar kullanılarak sıkça değerlendirilmektedir (18,75,76). Bu tekniklerin çoğu ile ayak bileği bölgesinin performansını izole olarak değerlendirilemez ve görsel ve vestibüler sinyalleri, nöromusküler kontrol ve diğer eklemlerin etkisini içerebilir (34). Görsel ve vestibüler inputlar (girdiler) propriosepsiyona katkıda bulunsa da klinik ortopedik bakış açısıyla periferik mekanoreseptörler en önemlileridir (65). Bu mekanoreseptörlerden, görsel ve vestibüler reseptörlerden sağlanan nöral inputların (girdiler) hepsi santral sinir sistemi tarafından motor cevap oluşturmak amacıyla birleştirilir (65). Bu motor cevaplar; motor kontrolün üç seviyesi olan spinal refleks, beyin sapı aktivitesi ve kognitif (bilişsel) progama ile kategorize edilir.

Eklem pozisyonunu nicel olarak yeniden oluşturmak (hem aktif, hem de pasif) ve eklem pozisyonu değişikliklerini tespit edebilmek merkezi sinir

sistemi organizasyonunun en üst seviyesi olan somatosensöriyel kortekstedir.

İzokinetik dinamometrede plantarfleksiyon ve dorsifleksiyon yönünde kinestezi ve eklem pozisyon hissi testlerinin güvenilirliği çalışılmış ve bu testler yüksek güvenilirlikte bulunmuştur (29,77). İzokinetik dinamometre ölçümleri, yük binmeyen pozisyonda yapıldığı için ayak bileğinde izole olarak objektif eklem pozisyon ölçümü sağlar. Lateral ayak bileği burkulmaları inversiyon yönünde geliştiği için, ayak bileği inversiyon hareketi sırasındaki proprioseptif yetenekler önem kazanmıştır (65). Bununla ilişkili olarak, ayak bileği ekleminin, inversiyon yönündeki eklem pozisyon hissi değerlendirmelerinde farklı izokinetik dinamometreler kullanılmıştır (15,78). Sağlıklı deneklerde ve FAİ olan bireylerde, izokinetik dinamometrede 1°/s açısal hızda inversiyon yönündeki 10° ve 20° eklem pozisyon hissi testleri yüksek güvenilirlikte bulunmuştur (30,65).

Kronik ayak bileği instabilitesi olan hastalarda proprioseptif becerilerin azaldığı bazı çalışmalarla gösterilmiştir (15,16,31-39,58). Garn ve Newton (31), Mulloy ve ark. (32) FAİ olan ayak bileklerinin sağlam ayak bilekleri ile karşılaştırıldığında eklemdaki pasif hareketi (kinestezi) saptamadaki zorlukta anlamlı artış bildirmişlerdir. Willems ve ark. (15), Konradsen ve ark. (35), Boyle ve Negus (34), Jerosch ve Bischof (33) FAİ olan ayak bileklerinin eklem pozisyon hissi testlerinde, sağlam olan karşı tarafla kıyaslandığında, anlamlı düzeyde hata fazlalığı saptamışlardır. Konradsen ve Ravn (36), Löfvenberg ve ark. (39), Hopkins ve ark. (38), Menacho ve ark. (37), Keleş ve ark. (58) FAİ'nde ani inversiyon stresine uzamış peroneal reaksiyon cevabı olduğunu ve bu durumun ayak bileğinin musküler kontrolünü kısıtladığını saptamışlardır. Ayak bileği yaralanması olan hastaların esas yönetimin hedefi öncelikle; propriosepsiyon, fonksiyon ve kuvvet kayıplarını tanımlamak, sonra sporcuyu en uygun tedavi yaklaşımı ile en iyi fonksiyonel seviyede spora döndürebilmektir (65). Bu sebeple, ayak bileği eklem yaralanmalarından sonra; invertör ve evertör kasların güçlendirilmesinin yanı sıra, propriosepsiyon, denge ve fonksiyonel kapasiteyi arttıran egzersizler rutin olarak uygulanır (65).

Uzun yıllardır, izokinetik egzersizler spor yaralanmaları sonrası kasları güçlendirmek ve sağlıklı sporcularda kas performansını arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (22). Bizim çalışmamızda FAİ olan ayak bileklerine 6 hafta süre ile uygulanan eksentrik egzersizin kuvvete etkisinin yanı sıra propriosepsiyona etkisi incelenmiştir. Egzersiz sonrasında egzersiz grubunun plantarfleksiyon yönünde 30° aktif ve pasif ile 15° pasif eklem pozisyon hissi değerlerinde anlamlı düzelme gözlenmiştir. Yine, egzersiz sonrasında, egzersiz grubunda, inversiyon yönünde hem 10° ve 20° pasif hem de 10° ve 20° aktif eklem pozisyon hissi değerlerinde istatistiksel anlamlı düşüş saptanmıştır. Egzersiz sonrasında, egzersiz öncesi ile kıyaslandığında egzersiz grubunda plantarfleksiyon ve inversiyon yönünde kinestezi testi değerlerinde anlamlı düzelme gözlenmiştir.

Han ve Ricard (50) tek taraflı ayak bileği burkulma öyküsü olanlar ile sağlıklı bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada 4 haftalık elastik band ile yapılan direnç egzersizi programının evertör kas kuvveti ve peroneal kas reaksiyon zamanı üzerine etkisini araştırmışlardır. 4 hafta sonrasında her iki grupta da peroneal reaksiyon zamanında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadığı bildirilmiştir.

Powers ve ark. (49) tek taraflı FAİ olan hastalarda, 6 haftalık kuvvet ve propriosepsiyon egzersizin, kas yorgunluğu ve statik denge üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada katılımcıları 4 gruba ayırmışlardır (S= sadece kuvvet, P=sadece propriosepsiyon, B=kuvvet + propriosepsiyon, C=kontrol). S grubu, theraband ile 6 hafta plantarfleksör, dorsifleksör, invertör ve evertör kaslara haftada 3 kez egzersiz yapmışlardır. Bahsedilen çalışmada kas yorgunluğunu; bir dakika boyunca tek bacak üzerinde durma pozisyonunda peroneus longus ve tibialis anterior kaslarından elde edilen elektromyografik sinyallerdeki azalma ile değerlendirirken, statik dengeyi ise üç eksenli kuvvet platformu üzerinde bir dakika boyunca tek bacak üzerinde durma esnasında merkezden olan sapmalar ile değerlendirmişlerdir. Kas yorgunluğu ve statik denge ölçümlerinin, gruplar arasında anlamlı farklılık göstermediği, 6 haftalık kuvvet ve propriosepsiyon antrenmanının tek taraflı FAİ olan katılımcılarda anlamlı etki yapmadığı bildirilmiştir.

Hale ve ark. (45) kronik ayak bileği instabilitesi olanlarda 4 haftalık eklem hareket açıklığı, theraband ve nöromusküler kontrol egzersizlerinden oluşan rehabilitasyon programının postural kontrol ve fonksiyonel kapasiteye olan etkisini araştırmıştır. Bahsedilen çalışmada gastroknemius ve soleus kaslarına yönelik germe egzersizleri ile eklem hareket açıklığı; invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslara theraband ile kuvvet, tek bacak üzerinde yerde ve denge topu üzerinde durma egzersizleri uygulanmıştır. Rehabilitasyon programı öncesi ve sonrası postural kontrol üç eksenli kuvvet platformu üzerinde bir dakika boyunca tek bacak üzerinde durma esnasında merkezden olan sapmalar ile değerlendirilirken, fonksiyonel durum ayak ve ayak bileği sakatlık indeksi (FADI) ve yıldız denge testi (SEBT) ile değerlendirilmiştir. Egzersiz öncesinde kronik ayak bileği instabilitesi olan taraf ile sağlam taraf karşılaştırıldığında postural kontrolde ve SEBT değerlerinde anlamlı kayıp gösterilmiştir. Rehabilitasyon programı sonrasında ise postural kontrolde değişiklik gözlenmezken FADI ve SEBT ölçümlerinde istatistiksel anlamlı iyileşme bildirilmiştir.

Lee ve ark. (46) ayak bileği instabilitesi olanlarda 4 haftalık germe, theraband ve nöromusküler kontrol egzersizlerinden oluşan rehabilitasyon programının kuvvet, fonksiyonel kapasiteye olan etkisini araştırmıştır. Bahsedilen çalışmada 4 fazdan [Faz 1: germe egzersizleri (gastroknemius, tibialis anterior kaslarına yönelik) + geriye doğru yürüme, Faz 2: theraband egzersizleri (invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslara), Faz 3: izometrik egzersiz + tek bacak sıçrama, Faz 4: denge egzersizleri] oluşan rehabilitasyon programı uygulanmıştır. Rehabilitasyon programı öncesi ve sonrası fonksiyonel kapasite ayak ve ayak bileği sakatlık indeksi (FADI) ve yıldız denge testi (SEBT) ile değerlendirilmiştir. Rehabilitasyon programı sonrasında FADI ölçümlerinde istatistiksel anlamlı iyileşme gözlenirken, SEBT değerlerinde istatistiksel anlamlı olmayan iyileşme bildirilmiştir.

Docherty ve ark. (47) FAİ olan hastalarda egzersiz bandı kullanarak progresif-dirençli kuvvet antrenmanının etkisini ele almıştır. Docherty ve ark. (47) tek taraflı FAİ olan bireylerde 6 haftalık progresif-dirençli kuvvet

çalışmalarının eversiyon ve dorsifleksiyon kuvvetinde ve eklem pozisyon ölçümlerinde gelişim meydana getirdiğini raporlamıştır.

Diğer yandan, Şekir ve ark. (22) FAİ olan rekreasyonel sporcu grubunda; 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 ile konsentrik modda izokinetik egzersiz modeli uygulamışlardır. Propriosepsiyonu değerlendirmek amacıyla $1^\circ/\text{sn}$ açısal hızda 10° ve 20° inversiyon yönünde pasif eklem pozisyon hissi testi ve tek ayak üzerinde durma denge testi kullanılmıştır. Egzersiz öncesinde her iki testte de FAİ olan hastalarda kayıp saptanmıştır. Ayak bileği eklem pozisyon hissi ve tek bacak üzerinde durma testi değerleri, konsentrik izokinetik egzersizler sonrası sağlam kontrol ayak bilekleri ile benzer seviyede bulunmuştur. Bizim çalışmamızda farklı olarak FAİ olanlarda eksentrik egzersiz modeli uygulanmıştır, bahsedilen çalışmayla benzer olarak 10° ve 20° pasif eklem pozisyon hissi değerlerinde anlamlı düzelme gözlenmiştir. Ayrıca, bizim çalışmamızda eklem pozisyon hissi testlerinde daha hassas değerlendirme imkanı sağlayan $0,5^\circ/\text{sn}$ açısal hızda ölçüm yapılmıştır. Çalışmamızda aktif eklem pozisyon hissi ve kinestezi testleri de kullanılmış, inversiyon yönünde 10° ve 20° aktif eklem pozisyon hissi değerlerinde ve kinestezi testlerinde de istatistiksel anlamlı iyileşme saptanmıştır. Bununla beraber, çalışmamızda FAİ olanlarda plantarfleksiyon yönünde aktif ve pasif açı bulma ve kinestezi testi ölçümlerinde anlamlı düzelme gözlenmiştir. Bu sonuçlarla beraber, bu çalışmada kullanılan eksentrik egzersiz protokolünün proprioseptif beceri ve dengeyi iyileştirdiği söylenebilir.

Keleş ve ark. (58) rekreasyonel düzeyde spor yapan sağlıklı bireylerde; izokinetik eksentrik egzersizin, propriosepsiyonun bir göstergesi olan kas reaksiyon zamanı ve kuvvet üzerine etkisini araştırmışlardır. Rekreasyonel sporcuların dominant ayak bileklerinin invertör ve evertör kas gruplarına, 6 hafta süre boyunca $60^\circ/\text{sn}$, $120^\circ/\text{sn}$, $180^\circ/\text{sn}$, $240^\circ/\text{sn}$ ve $300^\circ/\text{sn}$ açısal hızlarda 6 tekrarlı konsentrik-eksentrik modda izokinetik egzersiz modeli uygulamışlardır. Bahsedilen çalışmada egzersiz

uygulamaları sonrasında peroneus longus ve tibialis anterior kaslarının reaksiyon zamanlarında anlamlı kısalma olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmalarda (45-47,49,50) kuvvet egzersizleri lastik band ile uygulanırken bizim çalışmamızda izokinetik dinamometre ile eksentrik / konsentrik egzersiz modeli kullanılmıştır. Çalışmamızda sadece eksentrik kuvvetin propriosepsiyona etkisini incelemek amacıyla propriosepsiyonu etkileyebilecek başka hiçbir egzersiz uygulanmamış, çalışma boyunca deneklerin sadece rutin aktivitelerini devam ettirmeleri istenmiştir. Kullandığımız egzersiz modelinin daha fazla kuvvet artışı sağlayarak, propriosepsiyonda ve diğer parametrelerde daha fazla kazanım sağlaması beklenen bir sonuçtur.

Propriosepsiyon ve kuvvet ilişkisi

Çalışmamızda, izokinetik eksentrik / konsentrik kombine egzersiz programı sonrasında evertörlerde %13-38, dorsifleksörlerde ise %10-21 artış saptadık. Bu sonuçlar, uygulanan egzersiz protokolünün FAİ olanlarda kuvvet kazanımı sağlamadaki etkinliğini doğrulamıştır. Benzer olarak, Şekir ve ark. (22) izokinetik konsentrik egzersiz ile FAİ olanlarda, Keleş ve ark. (58) ise izokinetik eksentrik/konsentrik egzersiz ile sağlıklı bireylerde kuvvet ve proprioseptif kapasitede iyileşme bildirmişlerdir. Kaslarda kuvvet kazanımı ile propriosepsiyonun afferent yolu (eklem pozisyon hissi ve kinestezi) arasında çeşitli ilişkiler olabilir. Öne sürülen mekanizma; eklem pozisyon hissi ve kinestezi ölçümlerindeki iyileşmenin, kastaki eksentrik kuvvet artışından sonra kas içiği aktivitesindeki artışın sonucu olabileceğidir (22,47). Kas içcikleri, gama motor nöronlardan (statik veya dinamik) uyarı alan gerim reseptörleridir (79). Gama motor nöronlar kas içciklerinin intrafuzal fibrillerini innerve ederler ve bu liflerin duyarlılığını ayarlarlar (79). Birkaç çalışmada, mekanoreseptör veya eklem afferent fibrillerinin stimülasyonuna cevap olarak gama motor nöron artışı olduğu gösterilmiştir (27,80). Dietz ve ark. (81) kas içiğindeki daha büyük gerilmelerin kaslardaki motor nöronlardaki uyarılmada artışı aktive edeceğini; böylece, kas fibrillerindeki konsentrik kontraksiyon gücünü arttıracığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, 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.

Ayak bileği yaralanmaları, sporcuları en sık spordan uzak bırakan durumlardan biridir ve ciddi tedavi maliyetlerine yol açan bir durumdur. Biz alışmamızda, FAİ olanlara izokinetik eksentrik/konsentrik kasılma içerikli bir egzersiz programı ile ayak bileğinde motor kuvvet ve propriosepsiyonda 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. Fong DT, Hong Y, Chan LK, Yung PS, Chan KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med* 2007;7:73-94.
2. Smith RW, Reischl SF. Treatment of ankle sprains in young athletes. *Am J Sports Med* 1986;14:465-71.
3. Boruta PM, Bishop JO, Braly WG. Acute lateral ankle ligament injuries: a literature review. *Foot Ankle* 1990;11:107-13.
4. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med* 1997;5:241-2.
5. Peters JW, Trevino SG, Renstrom PA. Chronic lateral ankle instability. *Foot ankle* 1991;12:182-91.
6. Sheth P, Yu B, Laskowski ER, An KN. Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. *Am J Sports Med* 1997;25:538-43.
7. Garrick JG. Epidemiology of foot and ankle injuries. *Med Sci Sports Exerc* 1987;23:1-7.
8. 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.
9. 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.
10. Löfvenberg R. Proprioceptive reaction in the healthy and chronically unstable ankle joint. *Sportverletz Sportschaden* 1996;10(4):79-83.
11. 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.
12. Refshauge KM, Kilbreath SL, Raymond J. Deficits in detection of inversion and eversion movements among subjects with recurrent ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003;33:166-73.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.

18. Ryan L. Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle. *Aust J Physiother* 1994;40:41-7.
19. Lentell G, Baas B, Lopez D, et al. The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;21:206-15.
20. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;27:264-75.
21. 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.
22. 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.
23. Heitman RJ, Kovaleski J, Gurchiek L. Isokinetic eccentric strength of the ankle evertors after injury. *Percept Mot Skills* 1997;84:258.
24. Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, et al. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:245-50.
25. 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.
26. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. *Sports Med* 1998; 25:149-55.
27. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat* 1967;101:505-32.
28. 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.
29. Deshpande N, Connelly DM, Culham EG, Costigan PA. Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:883-9.
30. 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.
31. Garn SN, Newton RA. Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *PhysTher* 1988;68:1667-71.
32. Mulloy Forkin D, Koczur D, Battle R, et al. Evaluation of kinaesthetic deficits indicative of balance control in gymnasts with unilateral chronic ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;23:245-50.
33. Jerosch J, Bischof M. Proprioceptive capabilities of the ankle in stable and unstable joints. *Sports Exerc Injury* 1996;2:67-71.
34. Boyle J, Negus V. Joint position sense in the recurrently sprained ankle. *Aust J Physiother* 1998;44:159-63.

35. Konradsen L, Magnusson P. Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8:246-51.
36. Konradsen L, Ravn JB. Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthop Scand* 1990;61:388-90.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. Bosien WR, Staples OS, Russell SW. Residual disability following acute ankle sprains. *J Bone Joint Surg* 1955;37:1237-43.
43. Mascaro TB, Swanson LE. Rehabilitation of the foot and ankle. *Orthop Clin North Am* 1994;25:147-60.
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. 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.
49. 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
50. 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.

51. Heckman DS, Reddy S, Pedowitz D, Wapner KL, Parekh SG. Operative treatment for peroneal tendon disorders. *J Bone Joint Surg* 2008;90:404-18.
52. 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.
53. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train* 2002;37(4):364-75.
54. 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.
55. Hopkins TJ, McLoda T, McCaw S. Muscle activation following sudden ankle inversion during standing and walking. *Eur J Appl Physiol* 2007;99:371-8.
56. Esselman PC, Lacerte M. Principles of isokinetic exercise. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 1994;5:255-68.
57. Osternig L. The role of coactivation and eccentric activity in the acl-injured knee. In: Lephart SM and Fu FH (eds). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. USA, Human Kinetics; 2000. 385-92.
58. 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* 2013 Aug 13. doi: 10.1111/sms.12105. [Epub ahead of print]
59. Tropp H. Pronator muscle weakness in functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med* 1986;7:291-4.
60. Kaminski TW, Perrin DH, Gansneder BM. Eversion strength analysis of uninjured and functionally unstable ankles. *J Athl Train* 1999;34:239-45.
61. 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.
62. Fox J, Docherty CL, Schrader J, Applegate T. Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability. *J Athl Train* 2008;43(1):51-4.
63. 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.
64. 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.
65. 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.
66. 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.

67. 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.
68. Aydog E, Aydog ST, Cakci A, Doral MN. Reliability of isokinetic ankle inversion- and eversion-strength measurement in neutral foot position, using the Biodex dynamometer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004;12:478-81.
69. 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.
70. 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.
71. Uh BS, Beynnon 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.
72. 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.
73. Lentell GL, Katzman LL, Walters MR. The relationship between muscle function and ankle stability. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990;11:605-11.
74. Refshauge KM, Kilbreath SL, Raymond J. The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:10-5.
75. Glencross D, Thornton E. Position sense following joint injury. *J Sports Med Phys Fitness* 1981;21:23-7.
76. Isakov E, Mizrahi J. Is balance impaired by recurrent sprained ankle? *Br J Sports Med* 1997;31:65-7.
77. Giorgetti MM, Harris BA, Jette A. Reliability of clinical balance outcome measures in the elderly. *Physiother Res Int* 1998;3:274-83.
78. Aydin T, Yildiz Y, Yildiz C, Atesalp S, Kalyon TA. Proprioception of the ankle: a comparison between female teenaged gymnasts and controls. *Foot Ankle Int* 2002;23:123-9.
79. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Spinal reflexes. In: Butler J, Leowitz H, eds. *Principles of Neural Science*. 4th edn. New York, NY: McGraw-Hill, 2000. 713-36.
80. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. Actions on gamma-motoneurons elicited by electrical stimulation of joint afferent fibres in the hind limb of the cat. *J Physiol* 1986;375:137-52.
81. Dietz V, Schmidtbleicher D, Noth J. Neuronal mechanisms of human locomotion. *J Neurophysiol* 1979;42(5):1212-22.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Hakan Gür, Prof Dr. Bedrettin Akova ve tez danışmanım Prof. Dr. Ufuk Şekir'e; rotasyonlarım süresince eğitimime katkısı bulunan öğretim üyelerine; Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nın tüm personeline ve çalışma arkadaşlarıma;

Her zaman yanımda olan eşime teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

18.02.1984 tarihinde Giresun'da doğdum. İlkokulu ve ortaokulu Giresun'un Tirebolu ilçesinde Kazım Karabekir İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimimi Tirebolu Lisesi'nde tamamladım. 2001 yılında başladığım Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden 2008 yılında başarıyla mezun oldum. Eylül 2008 TUS'ı ile ihtisas hakkı kazandığım Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nda 13.02.2008 tarihinde göreve başladım ve uzmanlık eğitimime halen devam etmekteyim.