T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

SAĞLIKLI BİREYLERDE YÜKSEK VE DÜŞÜK AÇISAL HIZLARDA YAPILAN EKSENTRİK EGZERSİZLERİN AYAK BİLEĞİNDE SENSORİMOTOR KONTROL ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Onur EVREN

UZMANLIK TEZİ

BURSA – 2023

T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

SAĞLIKLI BİREYLERDE YÜKSEK VE DÜŞÜK AÇISAL HIZLARDA YAPILAN EKSENTRİK EGZERSİZLERİN AYAK BİLEĞİNDE SENSORİMOTOR KONTROL ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Onur EVREN

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Bedrettin AKOVA

BURSA – 2023

İÇİNDEKİLER

Özet..... ii
İngilizce Özet..... iv
Giriş..... 1
Gereç ve Yöntem..... 6
Gönüllülerin Seçimi ve Çalışma Prensipleri..... 6
Gönüllülerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Planı..... 7
Ön Testler..... 8
Propriosepsiyon Testleri..... 8
Eklem Pozisyon Hissi Testleri..... 8
Pasif Eklem Pozisyon Hissi Testi..... 8
Aktif Eklem Pozisyon Hissi Testi..... 8
Y Denge Testi..... 10
İzokinetik Kuvvet Testi..... 11
Egzersiz Programı..... 12
İstatistiksel Analiz..... 13
Bulgular..... 14
Tartışma ve Sonuç..... 21
Kaynaklar..... 35
Teşekkür 42
Özgeçmiş 43

ÖZET

Bu çalışmada, sağlıklı bireylerde evertör kas grubuna yönelik yüksek ve düşük açısal hızlarda yapılan eksentrik egzersizlerin ayak bileğinde sensorimotor kontrol üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma 18–40 yaşları arasında sağlıklı 20 gönüllü iki gruba ayrılarak gerçekleştirilmiştir. İzokinetik dinamometre ile birinci gruba 180°/s, ikinci gruba 60°/s açısal hızlarda eksentrik egzersiz programı, 4 hafta boyunca yaptırılmıştır. Program öncesinde ve sonrasında Y denge testi, eklem pozisyon hissi ölçümü ve izokinetik kuvvet testleri uygulanmıştır.

Egzersizler sonrasında yüksek hız grubunda sol ayak pasif 10°, sağ ayak aktif 10° ve aktif 20°; düşük hız grubunda ise sol ayak pasif 10° ve 20°, sağ ayak aktif 10° eklem pozisyon hissi ölçümlerinde anlamlı iyileşme gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Y denge testinde, yüksek hız grubunda sol bacak anterior, posterolateral, posteromedial ile sağ bacak anterior ve posterolateral uzanımlarda; düşük hız grubunda ise sol bacak posterolateral ve sağ bacak anterior uzanımlarda anlamlı yükseliş kaydedilmiştir ($p<0,05$). İzokinetik kuvvet testlerinde, yüksek hız grubunda tüm ölçümlerde; düşük hız grubunda ise sol bacak konsentrik 60°/s ve 180°/s, sağ bacak konsentrik 60°/s ve 180°/s ile sağ bacak eksentrik 60°/s açısal hızlarda evertör pik tork değerlerinde anlamlı artış tespit edilmiştir ($p<0,05$). Gruplar arası kıyaslamalarda, Y denge testi sol bacak posterolateral uzanım; kuvvet testi sol bacak eksentrik 60°/s ve sağ bacak konsentrik 60°/s açısal hız evertör pik tork parametrelerinde yüksek hız grubunun düşük hız grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek gelişim kaydettiği belirlenmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, evertör kaslara yönelik eksentrik egzersizlerin sensorimotor kontrol üzerine olumlu etkileri olduğu ve klinikte kullanılabileceği, yüksek hızda eksentrik egzersizlerin kısmen olumlu bir fark yaratabileceği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: peroneal kas kuvveti, eksentrik egzersiz, izokinetik dinamometre, propriosepsiyon.

SUMMARY

A Comparison Of The Effects Of Eccentric Exercises Performed At High And Low Angular Velocities On Sensorimotor Control Of The Ankle In Healthy Individuals

The aim of this study was to investigate the effects of eccentric exercises for the evertor muscle group performed at high and low angular velocities on ankle sensorimotor control in healthy subjects.

The study was carried out by dividing 20 healthy volunteers aged between 18-40 years into two groups. An eccentric exercise program with isokinetic dynamometer at angular velocities of 180°/s in the first group and 60°/s in the second group was performed for 4 weeks. Y balance test, joint position sense measurement and isokinetic strength tests were performed before and after the program.

After the exercises, significant improvement was observed in the left foot passive 10°, right foot active 10° and active 20° joint position sense measurements in the high-speed group and in the left foot passive 10° and 20°, right foot active 10° joint position sense measurements in the low-speed group ($p<0.05$). In Y balance test, there was a significant increase in left leg anterior, posterolateral, posteromedial and right leg anterior and posterolateral reaches in the high-speed group and in left leg posterolateral and right leg anterior reaches in the low-speed group ($p<0.05$). In isokinetic strength tests, a significant increase was found in all measurements in the high-speed group; whereas in the low-speed group, there was only significant increases in the evertor peak torque values at angular velocities of left leg concentric 60°/s and 180°/s, right leg concentric 60°/s and 180°/s and right leg eccentric 60°/s ($p<0.05$). In intergroup comparisons, it was determined that the high-speed group showed a significantly higher improvement than the low-speed group in

the Y balance test left leg posterolateral reach besides left leg eccentric 60°/s and right leg concentric 60°/s angular velocity evertor peak torque parameters in the strength tests.

According to the results of this study, it can be said that eccentric exercises for the evertor muscles have positive effects on sensorimotor control and can be used in the clinic, while high-speed eccentric exercises may make a partial positive difference.

Key words: peroneal muscle strength, eccentric exercise, isokinetic dynamometer, proprioception

GİRİŞ

Ayak bileği sportif faaliyetlerde sık yaralanan eklemlerden birisidir (1,2). Tüm spor yaralanmaları içerisinde ayak bileği yaralanmalarının oranı %15-20 gibi yüksek bir değerdedir (3). Öne veya yana doğru sıçrama ve koşma hareketlerinin sıkça tekrarlandığı voleybol, futbol ve basketbol gibi spor dallarında ise ayak bileği yaralanma oranlarının tüm yaralanmaların içerisinde %25-50 gibi oldukça yüksek değerlere çıktığı belirtilmektedir (4,5). Burkulma, ayak bileği ekleminde görülen en sık yaralanma çeşidi olup bu burkulmaların %85'lik kısmını lateral ayak bileği burkulmaları oluşturmaktadır (6).

Ayak bileği burkulmaları sıklıkla tekrar etmekte ve tekrarlayan travmalar sonucunda kronik ayak bileği burkulması olan bireylerde üçte bir oranında günlük yaşam aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen semptomlar oluşabilmektedir (7). Bu nedenlerle konuyla ilgili birçok çalışmada risk faktörlerinin araştırılması, yaralanmaların henüz ortaya çıkmadan önüne geçilebilmesi, yaralanma sonrası meydana gelen değişikliklerin ve komplikasyonların belirlenmesi ve optimal tedavilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir (8). Tekrarlayan güvensizlik ve instabilite hissiyatı, ayak bileğinde boşalma hissiyatı gibi yakınmalar ayak bileği burkulmaları sonrasında %40'lara varan oranlarda görülmekte ve bu yakınmalar genelde kalıcı olmaktadır (9,10). Freeman (11) bu durumu "fonksiyonel ayak bileği instabilitesi" olarak tanımlamış, burkulma sonrası ayak bileği hareketlerinden sorumlu kaslarda meydana gelen kuvvet ve propriosepsiyon kaybını fonksiyonel ayak bileği instabilitesi gelişiminden sorumlu tutmuştur (12,13). Bu ilk tanımdan sonra günümüze kadar konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bireylerde kuvvet kaybının eşlik edip etmediği sıklıkla araştırılmış olup, sonuçlar birbirleriyle çelişki içermektedir. Evertör (14-16) ve invertör (15,17,18) kas gruplarında meydana gelen kuvvetsizliğin fonksiyonel ayak bileği instabilitesi oluşumuna neden olabileceğini öne süren çalışmaların yanında, fonksiyonel ayak bileği

instabilitesi gelişen bireylerde eversiyon kuvvetinde azalma olmadığını öne süren çalışmalar da literatürde mevcuttur (13,18,19-21).

Propriosepsiyon; muskülotendinöz bileşke, eklem kapsülü, kemikler, ligamentler ve deri üzerinde yerleşmiş olan mekanik reseptörler aracılığıyla toplanarak santral sinir sistemine koordineli ve toplu bir şekilde iletilen duyusal iletiler vasıtasıyla elde edilen "eklem pozisyonu ve hareketi hakkındaki farkındalık" olarak tanımlanabilir (22,23). Nöromusküler geribildirim süreçlerinin de eşlik etmesiyle propriosepsiyon, eklem stabilizasyonunun sağlanması ve sürdürülmesinde asıl rolü üstlenmektedir (23). Ayak bileği burkulmaları sonrasında mekanik reseptörlerde afferent ileti kaybı olduğu gösterilmiş ve bu eksikliğin kronik instabilite sürecine giden yolda en önemli etmen olduğu öne sürülmüştür (24,25). Propriosepsiyonun değerlendirilmesinde öne çıkan üç parametre; kas reaksiyon süresi, eklem pozisyon hissi ve kinestezidir (26,27). Ayak bileği burkulmaları ve kronik instabilite üzerine yapılan çalışmaların birçoğunda eklem pozisyon hissi ve kinestezi değerleri sağlıklı bireylere ve travmatik olmayan ayak bileğine göre düşük bulunmuş, peroneal kasların reaksiyon süresinin uzadığı gösterilmiştir (14,28-36).

Dinamik eklem stabilitesini sağlayan önemli faktörlerden birisi antagonist kasların eş zamanlı aktivasyonudur (37,38). Ani plantar fleksiyon ve inversiyon hareketlerinden korunmak ve karşılaşılan ani inversiyon kuvvetine seri ve güçlü bir şekilde yanıt verebilmek, ayak bileği stabilitesinin sağlanabilmesi için gerekli iki temel husustur (39). Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olgularında altta yatan evertör kas güçsüzlüğüne yönelik çelişkili bulgular olmasına karşın günümüze dek oluşturulan rehabilitasyon programlarında peroneal kaslara yönelik güçlendirme egzersizlerinin mutlaka yer alıyor olmasının temel nedeni budur (40). Trevino ve ark. (41) ve Mascaro ve Swanson (42), bu düşünceye paralel şekilde, tekrarlayan burkulmalardan korunmak ve ayak bileği stabilitesini sağlamak için rehabilitasyon programları hazırlanırken peroneal kasları kuvvetlendirmeye yönelik hareketlere ve denge-propriosepsiyon antrenmanlarına ağırlık verilmesi gerekliliğini dile getirmektedirler. Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olgularında farklı

antrenman programları ile elde edilen kuvvet ve propriosepsiyon değişimlerini karşılaştıran çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalardan bazılarında (18,43-46) kuvvet ve/veya propriosepsiyonda düzelme rapor edilmiş; diğer bir kısım çalışmada ise (47-49) bu değişime rastlanmamıştır. Örneğin, Kaminski ve ark. (47) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan olgularda 6 hafta süre ile direnç bantları ile kuvvetlendirme ve propriosepsiyon egzersizlerini içeren rehabilitasyon programı sonucunda invertör ya da evertör kas kuvvetinde artış olmadığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olgularında 6 hafta süre ile uygulanan, rehabilitasyonda yine direnç bandı ile kuvvetlendirme ve propriosepsiyon egzersizleri kombinasyonunu ihtiva eden bir çalışmada; kas yorgunluğu ve statik denge parametreleri incelenmiş, ancak anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir (48). Han ve Ricard (49) ise ayak bileği burkulma öyküsü olan olgularla sağlıklı bireyler üzerinde 4 haftalık süre boyunca direnç bandı ile uygulanan güçlendirme egzersizleri neticesinde peroneal kas reaksiyon zamanı ve kas kuvvetinde anlamlı bir değişim elde edemediklerini belirtmişlerdir. Bu bulguların aksine, Smith ve ark. (43) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olgularında 6 hafta süre ile uygulanan izotonik kuvvetlendirme egzersizleri neticesinde evertör ve invertör kas kuvvetlerinde anlamlı iyileşme saptamışlardır. Hale ve ark. (44) kronik ayak bileği instabilitesi olguları üzerinde 4 hafta süre boyunca uyguladıkları, direnç bandı ile kuvvetlendirmeye ek olarak nöromusküler kontrolü geliştirmeye ve eklem hareket açıklığını artırmaya yönelik egzersizleri içeren prosedür sonrasında olguların fonksiyonel kısıtlılıklarının azaldığını ve postürel kontrol kabiliyetlerinin arttığını ifade etmişlerdir. Bu çalışma ile eşdeğer bir egzersiz programının yine 4 haftalık süre zarfında uygulandığı benzer bir çalışmada ise, paralel şekilde fonksiyonel kısıtlılıkta azalmaya ek olarak invertör ve evertör kas kuvvetlerinde anlamlı artış bildirilmiştir (45). Docherty ve ark. (46) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan sporcular üzerinde 6 hafta süre ile uyguladıkları ilerleyici kuvvet antrenmanları neticesinde dorsifleksiyon ve eversiyon kuvvetlerinde anlamlı artış, eklem pozisyon hissinde ise iyileşme rapor etmişlerdir. Şekir ve ark. (18) yine fonksiyonel ayak bileği instabilitesi mevcut olan sporcularda,

izokinetik dinamometre ile evertör ve invertör kas gruplarına yönelik 6 hafta süreli uyguladıkları konsentrik egzersiz programı sonucunda, sporcularda anlamlı düzeyde eklem pozisyon hissi ve peroneal kas kuvveti artışları elde etmişlerdir.

Kas kuvvetinin artışına yönelik egzersizler neticesinde propriosepsiyon ölçümlerinde gözlemlenen düzelme, araştırmacılar tarafından kas kuvvetindeki artış ile kas iğciği ve golgi tendon organı duyarlılığında meydana gelen artış ile açıklanmaktadır (18,46). Ayak bileğinin primer evertörleri olan peroneal kaslar, inversiyon tipi burkulmaların önüne geçilmesinde başat role sahiptir (50). Ani inversiyon kuvvetlerine plantar fleksiyonun eşlik ettiği durumlarda ise dinamik stabilizasyonun sağlanmasında tibialis antreior kasları da etkindir (51). Ani gelişen inversiyon stresi, ayak bileği lateral ligamentleri üzerinde bulunan mekanik reseptörlerin aktivasyonuna, bu da peroneal kaslarda kas iğciği sensivitesinde artış ile birlikte peroneal kas refleks kontraksiyonuna neden olur; böylelikle ayak bileğinin aşırı derecede inversiyona gitmesi engellenir (52-54). Peroneal kaslarda meydana gelen bu refleks kasılma, kas boyunun uzaması esnasında gerçekleştiğinden ötürü eksentrik niteliktedir. Bu nedenle ayak bileği burkulmalarının önlenmesinde, eksentrik nitelikte kuvvet egzersizlerinin daha çok fayda gösterebileceği belirtilmektedir. Mascaro ve Swanson (42) bu düşünce ile tutarlı bir şekilde, rekürren ayak bileği burkulmalarının sağaltımında eksentrik içerikte izokinetik egzersizlerin yararlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Literatüre bakıldığında genel olarak eksentrik kasılma içeren egzersizlerin, kas boyunda uzamaya sekonder olarak kas içi gerilim kuvvetlerini konsentrik egzersizlere göre daha iyi artırdığı ve bu nedenle kas iğciği duyarlılığı artışında ve gamma motor nöron aktivasyonunda daha tesirli olabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle eksentrik egzersizlerin sensörimotor kontrolün sağlanmasında ve ayak bileği burkulmalarının önüne geçilmesinde konsentrik egzersizlere göre daha faydalı olabileceği öne sürülmüştür (55,56).

Hartsell ve Spaulding (41) farklı açısal hızlarda yaptıkları çalışmalarda 240°/s açısal hızda meydana gelen ani inversiyon durumunda peroneal kasların eksentrik kasılma kuvvetinde azalma meydana geldiğini

belirtmişlerdir. Bu bilgi ışığında fonksiyonel ayak bileği instabilitesinin önüne geçilmesinde; özellikle yüksek açısal hızlarda meydana gelen hareketlerde kas reaksiyon süresinin kısaltılmasında ve kas kuvvetinin artırılarak stabiliteye katkıda bulunulmasında yüksek açısal hızlarda uygulanan eksentrik izokinetik kuvvetlendirme egzersizlerinin ek fayda sağlayabileceği düşünülebilir. Ancak literatürde yüksek ve düşük açısal hızlarda yapılan eksentrik izokinetik egzersizlerin etkilerinin karşılaştırılmasına yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bilgiler ışığında planlanan bu çalışmada, sık görülen bir durum olan fonksiyonel ayak bileği instabilitesi tedavisinde kullanılan egzersiz programlarının daha efektif hale getirilebilmesi ve yeniden yaralanma riskinin azaltılabilmesi hedefiyle yüksek ve düşük açısal hızlarda yapılacak olan eksentrik egzersizlerin etkinliklerinin karşılaştırması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

1. Gönüllülerin Seçimi ve Çalışma Prensipleri

Çalışmaya 18-40 yaş aralığında, bilinen herhangi bir sağlık problemi olmayan ve rekreasyonel düzeyde spor yapan 14'ü erkek 6'sı kadın olmak üzere toplam 20 gönüllü katılmıştır. Kura ile randomizasyona ek olarak cinsiyete göre tabakalandırma ve ikili gruplar halinde bloklama yöntemiyle 10'arlı iki grup oluşturulmuştur. Çalışmaya dahil edilmeden önce gönüllüler, olası sağlık sorunları açısından sözel ve fiziki olarak değerlendirilmiştir. Tüm katılımcılar genel bir fizik muayeneye tabi tutulmuş, alt ekstremite muayeneleri her iki bacak boyu uzunluğu ölçümü, eklem hareket açıklığı değerlendirmesi, kas kuvveti değerlendirmesi, atrofi değerlendirmesi, bağ muayeneleri ve nörolojik muayeneyi de içerecek şekilde daha ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayak bileği kırığı veya geçirilmiş operasyon öyküsü, vestibuler veya nörolojik hastalık öyküsü, test sürecinde eklemde akut inflamasyon varlığı, son 12 ay içerisinde tedavi gerektiren lateral ayak bileği burkulması öyküsü, son 12 ay içerisinde tekrarlayan boşalma hissi veya instabilite şikayeti mevcut olan gönüllüler çalışmaya dahil edilmemişlerdir. Gönüllülere öncelikle çalışma hakkında sözel olarak ayrıntılı bilgi verilmiştir. Daha sonra çalışmanın ön bilgilendirmesini detaylı biçimde içeren ve Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 22 Haziran 2022 tarih ve 2022-13/30 no'lu karar ile onaylanmış "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" okutulmuş ve imzalatılmıştır. Tüm ön gerekliliklere uygunluk gösteren ve Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu'nu imzalayan gönüllüler çalışmaya dahil edilmişlerdir.

1.1. Gönüllülerin Testlere Hazırlanması ve Çalışma Planı

Tüm testler Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Ana Bilim Dalı Egzersiz Fizyolojisi Laboratuarı'nda yapılmıştır. Sirkadiyen ritmin test sonuçlarında oluşturabileceği olası farklılıkları elimine edebilmek amacıyla tüm testler öğleden sonra 13:00-17:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Gönüllüler, teste tabi tutulacakları günün 24 saat öncesinden itibaren alkol veya ilaç kullanmamaları ve tüketici fiziksel aktivitelerde bulunmamaları hususlarında uyarılmıştır. Çalışmalara başlamadan önce gönüllülerin boy ve kilo ölçümleri yapılmıştır.

Gönüllüler; ayak bileği pasif ve aktif eklem pozisyon hissi, Y denge testi ve izokinetik dinamometre ile kuvvet ölçümü testlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla laboratuvara davet edilmişlerdir. Öncelikle ayak bileği pasif ve aktif eklem pozisyon hissi testleri ve Y denge testi yapılmış, daha sonra kısa bir ısınma ve germe çalışması sonrası izokinetik dinamometre ile kuvvet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Maksimal kas kuvvetinin kullanılması talep edilen izokinetik kuvvet testlerinin propriosepsiyon ölçümlerinde doğurabileceği olası olumsuz etkilerden sakınmak amacıyla denge testleri ve propriosepsiyon ölçümleri her zaman izokinetik kuvvet testlerinden önce yapılmıştır. Tüm testler ve ölçümler gönüllülerin her iki ayak bileğine yönelik gerçekleştirilmiştir. Dört haftalık egzersiz programının tamamlanmasından sonra her iki gruptaki gönüllülerin ayak bileklerinde testler aynı şekilde tekrarlanmıştır.

2. Ön Testler

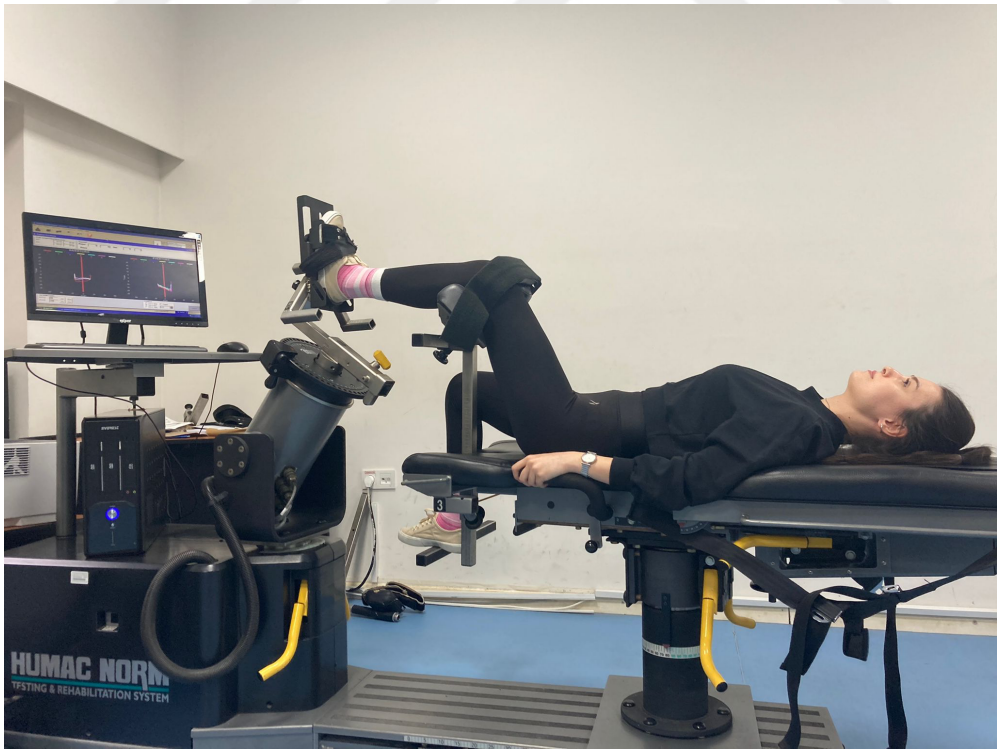
2.1. Propriosepsiyon Testleri

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

2.1.1.1. Pasif Eklem Pozisyon Hissi Testi: Ölçümlerde izokinetik dinamometre cihazı (CSMI Humac Norm, ABD) kullanılmıştır. Her ölçüm öncesinde cihazın kalibrasyonu yeniden yapılmıştır. Ölçümler için gönüllüler cihaza supin pozisyonda yerleştirilmişlerdir. Gönüllülere dizleri 75-90° fleksiyonda ve bacakları yere paralel olacak şekilde pozisyon verilerek ayak bilekleri izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir (Şekil-1). Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görecek şekilde ayarlanmıştır. Gönüllülerden test süresi boyunca gözlerini kapalı tutmaları talep edilmiştir. Öncelikle, ayak bileği inversiyon yönünde daha önce belirlenen açılardan her birine araştırmacı tarafından; nötral pozisyondan başlamak üzere 1 saniye içerisinde pasif olarak getirilmiştir. Gelinen açıda 5 saniye boyunca beklendikten sonra, ayak bileği araştırmacı tarafından tekrar nötral pozisyona getirilmiştir. Sonrasında ayak bileği, devamlı pasif hareket (CPM) modunda çalıştırılan izokinetik dinamometre tarafından o açıya 0,5°/sn sabit açısal hızda hareket ettirilirken, gönüllüden belirlenen açıya geldiğini hissettiğinde durması ve sözel olarak uyarı vermesi istenmiştir. Testlerden önce gönüllünün teste uyumunu arttırmak amacı ile birer deneme gerçekleştirilmiştir. Her bir açı için testler 3'er defa tekrar edilmiştir. Elde edilen değerlerin, hedef açılardan farkları alınarak hesaplamalar yapıldıktan sonra her bir açı için 3 testin ortalaması alınarak sonuçlar kayıt edilmiştir.

2.1.1.2. Aktif Eklem Pozisyon Hissi Testi: Ölçümlerde izokinetik dinamometre cihazı (CSMI Humac Norm, ABD) kullanılmıştır. Her ölçüm öncesinde cihazın kalibrasyonu yeniden yapılmıştır. Ölçümler için gönüllüler cihaza supin pozisyonda yerleştirilmişlerdir. Gönüllülere dizleri 75-90°

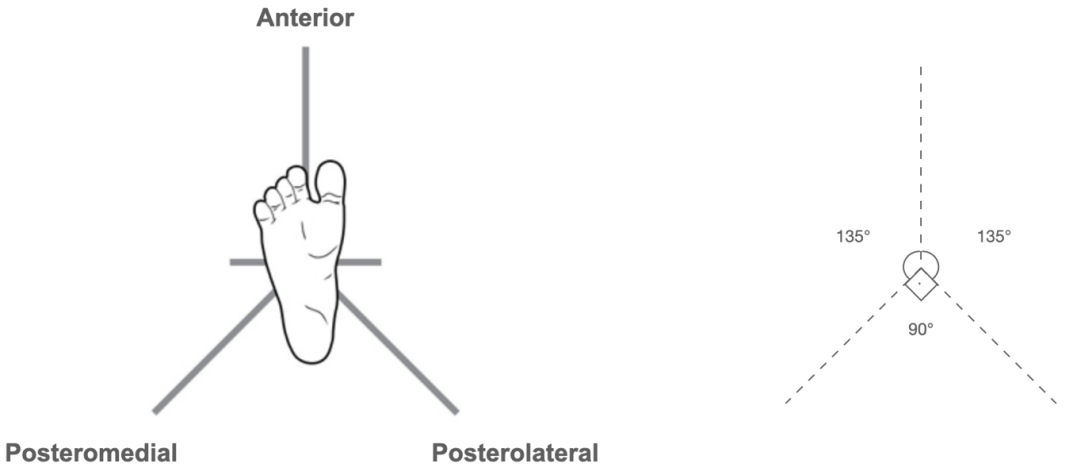
fleksiyonda ve bacakları yere paralel olacak şekilde pozisyon verilerek ayak bilekleri izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir (Şekil-1). Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görecek şekilde ayarlanmıştır. Gönüllülerden test süresi boyunca gözlerini kapalı tutmaları talep edilmiştir. Öncelikle, ayak bileği inversiyon yönünde daha önce belirlenen açılardan her birine araştırmacı tarafından; nötral pozisyondan başlamak üzere 1 saniye içerisinde pasif olarak getirilmiştir. Gelinen açıda 5 saniye boyunca beklendikten sonra ayak bileği araştırmacı tarafından tekrar nötral pozisyona getirilmiştir. Sonrasında, gönüllüden ayak bileğini belirlenen açıya aktif bir şekilde getirmesi, doğru açıya geldiğini hissettiği noktada durması ve sözel olarak uyarı vermesi istenmiştir. Testlerden önce gönüllünün teste uyumunu arttırmak amacı ile birer deneme gerçekleştirilmiştir. Her bir açı için testler 3'er defa tekrar edilmiştir. Elde edilen değerlerin, hedef açılardan farkları alınarak hesaplamalar yapıldıktan sonra her bir açı için 3 testin ortalaması alınarak sonuçlar kayıt edilmiştir.



Şekil-1: Gönüllülerin izokinetik dinamometre cihazındaki yerleşim şekli*

*Gönüllüden fotoğrafın kullanılması için izin alınmıştır.

2.1.2. Y Denge Testi: Dinamik stabilitenin değerlendirilmesi amacıyla yıldız denge testinin kısa ve pratik bir varyasyonu olan Y denge testi uygulanmıştır. Her biri 125 cm uzunluğunda 3 adet beyaz bant küçük açısı 90°, büyük iki eş açısı 135° olacak şekilde yere yapıştırılarak Y şekli oluşturulmuş ve bantların üzerine el ile santimetre cinsinden ölçekler eklenmiştir (Şekil-2). Gönüllüler; bir ayaklarının 2. falanksları koronal planda, metatarsofalangeal eklemleri ise sagittal planda tam orta hatta olacak şekilde düzeneğin merkezine yerleştirilmişlerdir. Gönüllülerden elleri crista iliaca düzeyinde gövdelerine bitişik vaziyette; ölçüm yapılacak ayakları üzerinde dururken diğer ayakları ile sırasıyla anterior, posteromedial ve posterolateral yönlerde her yöne birer kez uzanmaları ve ulaşabildikleri son noktaya ayak parmak uçları ile hafifçe dokunuş yapmaları istenmiştir (Şekil-3). Öncelikle her yöne üçer kez deneme uzanımları gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, üç ayrı yöne yapılan uzanımlar üçer kez tekrar edilerek sonuçlar not edilmiş; her yön için üçer ölçümün ortalama değeri, değerlendirmeler için esas kabul edilmiştir. Testler diğer ayak için de aynı şekilde tekrar edilmiştir. Test esnasında; a) uzanım ayağı ile yere hafifçe dokunmak yerine sert bir şekilde basılırsa, b) uzanım esnasında eller vücuttan ayrılırsa, c) uzanım ayağı başlangıç pozisyonuna dönerken yer ile temas ederse veya başlangıç pozisyonuna getirilemez ise, d) denge ayağı hareket ederse veya denge ayağının topuğu yerden ayrılırsa test geçersiz sayılmış; hareketlerin nizami bir şekilde tekrar edilmesi istenmiştir.



Şekil-2: Y denge testi şematik gösterimi ve sabit ayağın yerleşimi



Şekil-3: Y denge testinde nizami anterior, posterolateral ve posteromedial uzanım*

*Gönüllüden fotoğrafın kullanılması için izin alınmıştır.

2.2. Bilgisayarlı İzokinetik Kuvvet Testi

Testler öncesinde gönüllüler, olası yaralanmaların önüne geçebilmek amacıyla bir dizi ısınma ve germe egzersizine tabi tutulmuşlardır. Bisiklet ergometresinde 10 dakika süre ile pedal çevirerek ısınma sonrasında, gözlem eşliğinde her iki bacak kas gruplarına yönelik 20'şer saniyelik 3'er tekrarlı germe egzersizi yaptırılmıştır (Şekil-4). Gönüllülerin her iki ayak bileği evertör kas kuvvetleri izokinetik dinamometre (CSMI Humac Norm, USA) kullanılarak konsentrik ve eksentrik modlarda test edilmiştir. Her ölçüm öncesinde cihazın kalibrasyonu yeniden yapılmıştır. Ölçümler için gönüllüler cihaza supin pozisyonda yerleştirilmişlerdir. Gönüllülere dizleri 75-90° fleksiyonda ve bacakları yere paralel olacak şekilde pozisyon verilerek ayak bilekleri izokinetik dinamometreye yerleştirilmiştir (Şekil-1). Rotasyon aksı inversiyon açıları için subtalar eklemi görecek şekilde ayarlanmıştır. Gönüllülerin konsentrik ve eksentrik kas kuvvetleri 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlarda 5'er tekrarlı kasılmaları içeren bir protokol ile test edilmiştir. Eklem hareketi nötral pozisyondan itibaren inversiyon hareketi için 25°, eversiyon hareketi için 15° derece ile sınırlandırılmıştır. Gönüllülerden hareketleri ilk tekrardan son tekrara kadar, çıkarabilecekleri maksimum kuvveti uygulayarak yapmaları istenmiş; testler esnasında gönüllüler bu doğrultuda sözel olarak cesaretlendirilmişlerdir.

Her bir açısal hız için test öncesi, gönüllülerin test uygulamalarına maksimum uyum sağlayabilmeleri için öncelikle 3'er tekrardan oluşan deneme hareketleri yaptırılmıştır. Gönüllülere her iki ayak bileği ölçümleri arasında 5'er dakika, farklı açısal hızlar arasında 30'ar saniye, konsentrik ve eksentrik ölçümler arasında ise 10'ar dakika istirahat süresi verilmiştir. Sonuçlar bilgisayarlı izokinetik dinamometrenin yazılımı vasıtasıyla kayıt altına alınmıştır.



Şekil-4: İzokinetik kuvvet testleri öncesinde yapılan germe egzersizleri*

*Gönüllüden fotoğrafın kullanılması için izin alınmıştır.

3. Egzersiz programı

Gönüllülerin ayak bileği evertör kaslarına, izokinetik dinamometrede (CSMI Humac Norm, USA) gruplarına göre iki farklı açısal hızda eksentrik egzersiz programı uygulanmıştır. Gönüllüler test bölümünde ifade edilen pozisyonlara uygun şekilde cihaza bağlanarak egzersizler çalışmacının gözetimi eşliğinde yapılmıştır. 1. Gruptaki gönüllüler 180°/sn, ikinci gruptaki gönüllüler ise 60°/sn açısal hızlarda, bir egzersiz seansında 3 set ve 10 tekrar olacak şekilde evertör kaslarına yönelik izokinetik dinamometre ile eksentrik

egzersiz yapmışlardır. Bu program, her iki egzersiz grubuna da 4 hafta süre ile haftada 3 gün olacak şekilde uygulanmıştır.

4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmede SPSS istatistik programı (version 28.0) kullanılmıştır. Tüm paramatreleri tanımlamak için ortalama değer ve ortalama standart hata değerlerine yer verilmiştir. Yüzdesel değişim hesaplamalarında [(Egzersiz sonrası değer - Egzersiz öncesi değer) / (Egzersiz öncesi değer) X 100] formülü kullanılmıştır. Tüm verilerin dağılımlarının normalliği Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Grup x zaman etkileşimlerinin değerlendirilmesi amacıyla tekrarlayan ölçümlü varyans analizi (Repeated-ANOVA) kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren değerlerin grup içi egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası değerlerini karşılaştırmak için eşleştirilmiş örneklemler t-testi, egzersizler sonrası meydana gelen değişimlerin gruplar arasında kıyaslanması amacıyla ise bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır. Normal dağılım göstermeyen parametrelerde ise, grup içi egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası değerleri karşılaştırmak için Wilcoxon eşleştirilmiş örneklem testi, egzersiz öncesi ve sonrası yüzdesel değişim değerlerinin gruplar arasında karşılaştırılması için Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Katılımcıların Fiziksel Özellikleri

Tablo-1'de çalışmaya katılan gönüllülerin fiziksel özelliklerine yer verilmiştir. Gönüllülerin çalışma başlangıcında kaydedilen fiziksel özellikleri gruplar arasında karşılaştırıldığında; yaş, boy ve kilo parametrelerinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (Tablo-1, $p>0,05$).

Tablo-1: Katılımcıların fiziksel özellikleri

	1. Grup (n=10)	**2. Grup (n=10)**
Yaş	31 (1,7)	29,3 (0,9)
Boy (cm)	176,9 (2,9)	176 (3,2)
Kilo (kg)	79 (4,9)	74,9 (6,9)

Değerler ortalama (ortalama standart hata) şeklinde verilmiştir. **1. Grup :** 180°/s açısal hız grubu, **2. Grup:** 60°/s açısal hız grubu

Eklem Pozisyon Hissi

Ayak bileği aktif ve pasif eklem pozisyon hissi değerleri "grup x zaman" etkileşimi göstermemiştir ($p>0,05$).

İki grubun egzersiz öncesi aktif ve pasif eklem pozisyon hissi ölçümleri karşılaştırıldığında, sol ayak 20 derecelik aktif eklem pozisyon hissinin 180°/s açısal hız grubunda, 60°/s açısal hız grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha iyi olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). Egzersiz öncesi değerlerde diğer ölçüm parametrelerinde ise iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$).

Grupların kendi içlerinde egzersiz sonrası değerleri egzersiz öncesi değerleriyle kıyaslandığında, 180°/s açısal hız grubunda sol ayak pasif 10°, sağ ayak aktif 10° ve aktif 20°; 60°/s açısal hız grubunda ise sol ayak aktif 10°

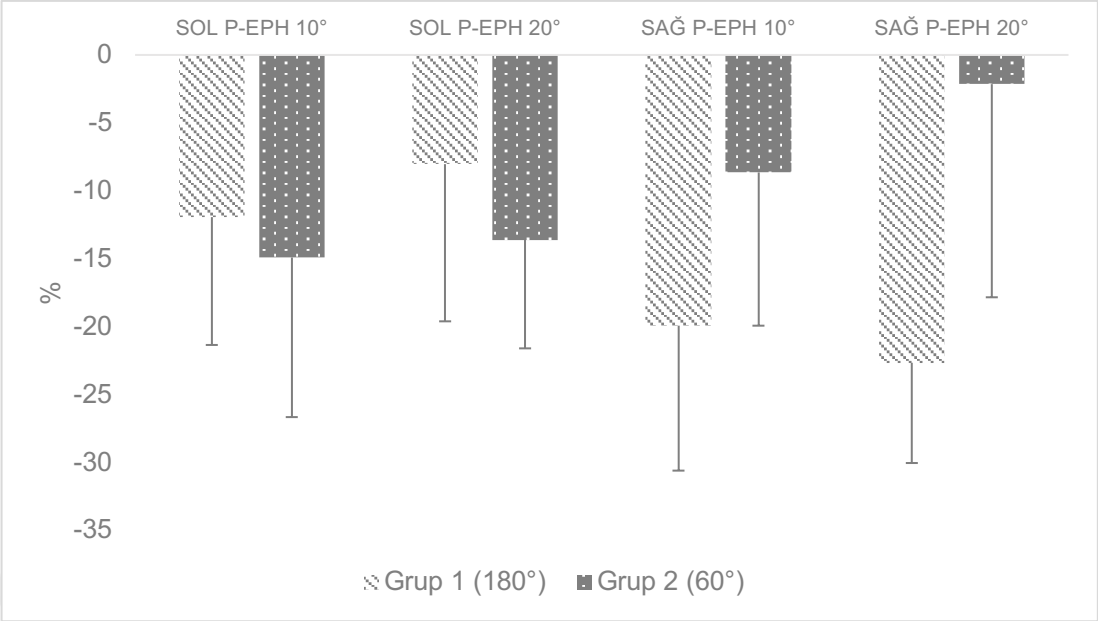
ve 20°, sağ ayak aktif 10° açı bulma ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme olduğu gözlemlenmiştir (p<0,05; Tablo-2).

Tablo-2: Eklem pozisyon hissi ölçümlerinin genel değerlendirmesi

			1. Grup (180°/s)			2. Grup (60°/s)		
			Öncesi	Sonrası	p	Öncesi	Sonrası	p
Sol	Pasif	10°	2,6 (0,39)	2,17* (0,34)	0,028	2,73 (0,43)	1,97 (0,18)	0,059
		20°	3,7 (0,77)	2,93 (0,37)	0,26	4,07 (0,42)	3,33 (0,27)	0,056
	Aktif	10°	1,8 (0,34)	1,64 (0,21)	0,95	2,53 (0,4)	1,5* (0,23)	0,044
		20°	2,93# (0,45)	2,57 (0,26)	0,41	4,8# (0,43)	3,4** (0,21)	0,009
Sağ	Pasif	10°	1,6 (0,16)	1,27 (0,19)	0,058	2,03 (0,23)	1,73 (0,21)	0,107
		20°	3,53 (0,63)	2,8 (0,27)	0,14	3,5 (0,46)	3,03 (0,33)	0,137
	Aktif	10°	2,27 (0,3)	1,43** (0,28)	0,005	2,67 (0,31)	2,0* (0,27)	0,028
		20°	4,0 (0,52)	2,6* (0,3)	0,011	3,8 (0,43)	3,07 (0,19)	0,057

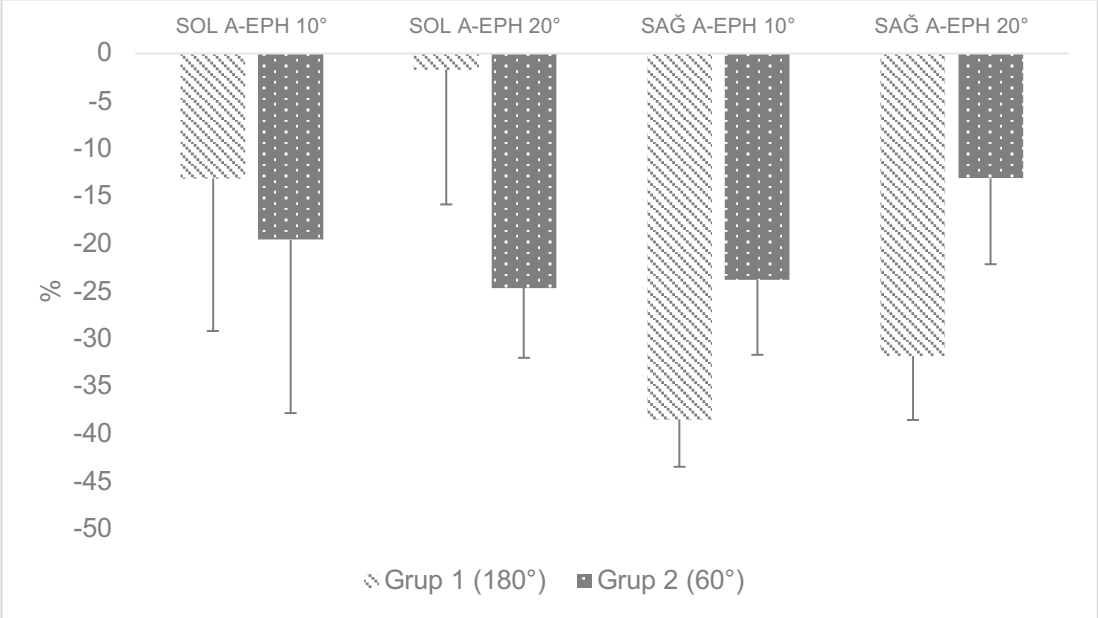
:** p<0,05, *:** p<0,01, **#:** Egzersiz öncesi değerler arasında anlamlı farklılık; p=0,007. Değerler açı derecesi cinsinden ortalama değer (ortalama standart hata) şeklinde sunulmuştur.

Grupların egzersiz süreci sonundaki yüzdesel değişimleri birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında herhangi bir parametrede anlamlı istatistiksel fark saptanmamıştır (p>0,05; Şekil-5 ve Şekil-6).



Şekil-5: Pasif eklem pozisyon hissi yüzdesel değişimleri

P-EPH: Pasif eklem pozisyon hissi



Şekil-6: Aktif eklem pozisyon hissi yüzdesel değişimleri

A-EPH: Aktif eklem pozisyon hissi

Y Denge Testi

Dinamik dengenin değerlendirildiği Y denge testi sonuçlarının "grup x zaman" etkileşimi gösterdiği tespit edilmiştir (p<0,05).

İki grubun egzersiz öncesi Y denge testi ölçümleri karşılaştırıldığında gruplar arasında herhangi bir parametrede istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı saptanmıştır (p>0,05).

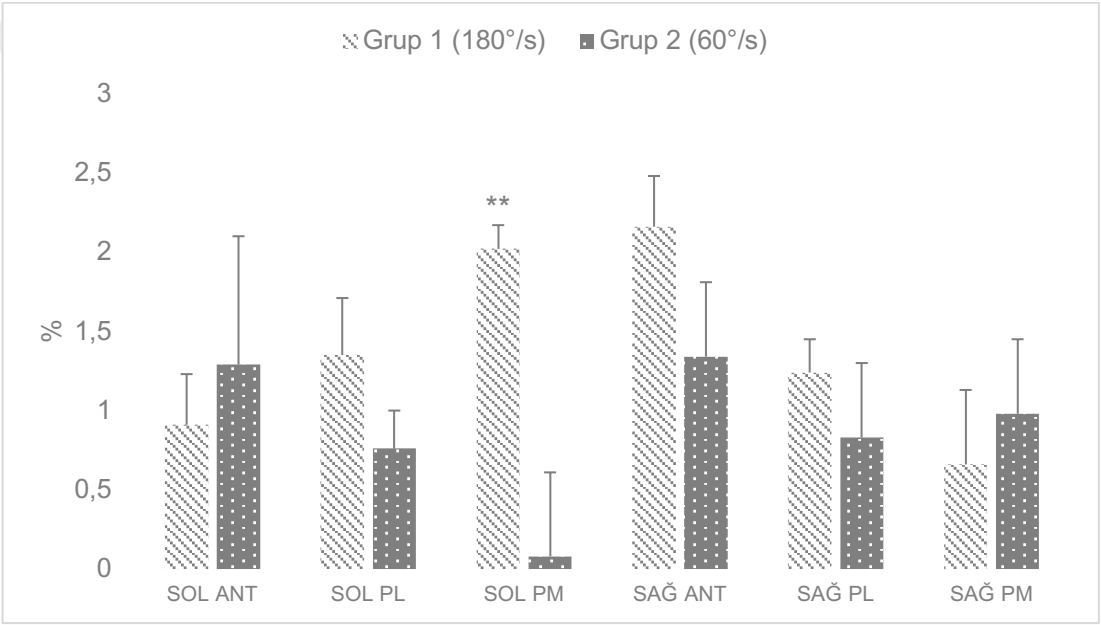
Grupların egzersiz sonrası değerleri, egzersiz öncesi değerleriyle kendi içlerinde karşılaştırıldığında; 180°/s açısal hız grubunda sol bacak anterior, posterolateral, posteromedial; sağ bacak anterior ve posterolateral uzanımlarda egzersiz öncesi değerlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı iyileşme olduğu gözlemlenmiştir (p<0,05; Tablo-3). 60°/s açısal hız grubunda ise sol bacak posterolateral ve sağ bacak anterior uzanımlarda egzersiz öncesi değerlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı iyileşme kaydedilmiştir (p<0,05; Tablo-3).

Tablo-3: Y denge testi ölçümlerinin genel değerlendirmesi

		1. Grup (180°/s)			2. Grup (60°/s)		
		Öncesi	Sonrası	p	Öncesi	Sonrası	p
Sol	ANT	74,43 (2,72)	75,1* (2,73)	0,037	76,9 (2,55)	77,8 (2,45)	0,17
	PL	96,07 (2,72)	97,3* (2,51)	0,017	98,27 (2,91)	99,0* (2,89)	0,013
	PM	97,97 (2,64)	99,93** (2,63)	0,005	100,93 (2,58)	100,97 (2,45)	0,54
Sağ	ANT	75,23 (2,49)	76,87** (2,58)	0,005	77,63 (2,45)	78,64* (2,37)	0,028
	PL	95,6 (2,72)	96,8** (2,8)	0,005	98,2 (3,18)	98,97 (3,05)	0,173
	PM	99,27 (2,55)	99,93 (2,64)	0,14	101,67 (2,86)	102,6 (2,68)	0,05

:** p<0,05, *:** p<0,01, **ANT:** Anterior uzanım, **PL:** Posterolateral uzanım, **PM:** Posteromedial uzanım. Değerler 'cm' cinsinden ortalama değer (ortalama standart hata) şeklinde sunulmuştur.

Grupların egzersiz süreci sonundaki yüzdesel değişimleri incelendiğinde; 180°/s açısal hız grubundaki gönüllülerin sol bacak posterolateral uzanımlarının 60°/s açısal hız grubundaki gönüllülere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek gelişme kaydettiği gözlemlenmiştir (p<0,01). Diğer yönlere doğru olan uzanımlardaki iyileşmelerde ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir (p>0,05; Şekil-7).



Şekil-7: Y denge testi egzersiz sonrası yüzdesel değişimleri

****:** p<0,01, **ANT:** Anterior uzanım, **PL:** Posterolateral uzanım, **PM:** Posteromedial uzanım

İzokinetik Kuvvet Testi

İzokinetik kuvvet testlerinden elde edilen pik tork değeri sonuçlarının "grup x zaman" etkileşimi gösterdiği tespit edilmiştir (p<0,05).

İki grubun egzersiz öncesi 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda ölçülen konsentrik ve eksentrik izokinetik kuvvet değerleri arasında gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir (p>0,05).

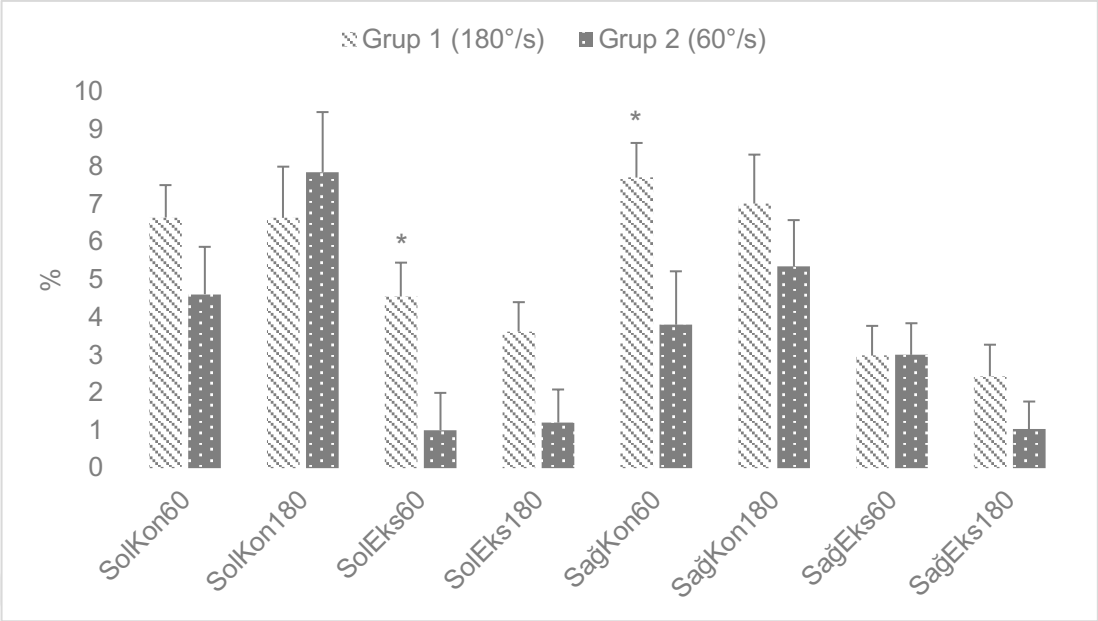
Yapılan ileri analizlerde, 180°/s açısal hız grubundaki katılımcıların tüm ölçümlerde; 60°/s açısal hız grubundaki katılımcıların ise sol bacak konsentrik 60°/s ve 180°/s, sağ bacak konsentrik 60°/s ve 180°/s ve sağ bacak eksentrik 60°/s açısal hızlarda ölçülen izokinetik kuvvet pik tork değerlerinin egzersiz öncesi verilere kıyasla egzersizler sonrasında anlamlı düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir (p<0,05; Tablo-4).

Tablo-4: İzokinetik kuvvet testi ölçümlerinin genel değerlendirmesi

			1. Grup (180°/s)			2. Grup (60°/s)		
			Öncesi	Sonrası	p	Öncesi	Sonrası	p
Sol	Kon	60°	27,6 (2,2)	29,4‡ (2,33)	<0,001	27,5 (3,17)	28,5** (3,09)	0,004
		180°	23,8 (1,97)	25,3‡ (2,02)	<0,001	22,6 (2,73)	24,1‡ (2,74)	<0,001
	Eks	60°	41,8 (3,42)	43,5‡ (3,35)	<0,001	42,7 (4,53)	42,9 (4,33)	0,62
		180°	38 (3,29)	39,2‡ (3,21)	<0,001	39,3 (4,27)	39,7 (4,2)	0,31
Sağ	Kon	60°	28,6 (2,6)	30,6‡ (2,6)	<0,001	29,1 (2,57)	30* (2,48)	0,02
		180°	25 (2,27)	26,6‡ (2,33)	<0,001	24,6 (2,22)	25,8‡ (2,24)	<0,001
	Eks	60°	43,8 (3,68)	44,9‡ (3,57)	<0,001	44,4 (4,02)	45,6* (4,0)	0,013
		180°	40,2 (3,35)	41** (3,23)	0,003	41 (3,72)	41,4 (3,72)	0,27

:** p<0,05, *:** p<0,01, **‡:** p<0,001, **Kon:** Konsentrik kuvvet, **Eks:** Eksentrik kuvvet. Değerler Newton-metre cinsinden ortalama değer (ortalama standart hata) şeklinde sunulmuştur.

Egzersiz sonrası kuvvet değerlerindeki yüzdesel değişimler gruplar arasında karşılaştırıldığında; sol bacak eksentrik 60°/s ve sağ bacak konsentrik 60°/s açısal hızlardaki ölçümlerde 180°/s açısal hız grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Şekil-8).



Şekil-8: Egzersiz sonrası yüzdesel kuvvet değişimleri

***:** p<0,05, **Kon:** Konsetrik kuvvet, **Eks:** Eksentrik kuvvet

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ayak bileği invertör ve evertör kas gruplarına uygulanan farklı iki açısal hızda izokinetik eksentrik egzersizin sağlıklı bireylerde sensorimotor kontrol üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada;

1) 180° açısal hız grubunda sol ayak pasif 10°, sağ ayak aktif 10° ve 20°; 60° açısal hız grubunda sol ayak pasif 10° ve 20°, sağ ayak aktif 10° eklem pozisyon hissi ölçümlerinde anlamlı düzeyde iyileşme olduğu, diğer tüm eklem pozisyon hissi ölçümlerinde ise kümülatif bir iyileşme olduğu ancak bunların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, gruplar arasında yapılan kıyaslamada herhangi bir parametrede bir grubun ötekine göre anlamlı düzeyde fark göstermediği saptanmıştır.

2) 180° açısal hız grubunda Y denge testinde sol bacak anterior, posterolateral, posteromedial; sağ bacak anterior ve posterolateral uzanımlarda egzersiz öncesi değerlere göre anlamlı ilerleme kaydedilmiştir. 60° açısal hız grubunda ise sol bacak posterolateral, sağ bacak anterior uzanımlarda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme olduğu görülmüştür. 180° açısal hız grubunda sol bacak posteromedial uzanımda elde edilen iyileşmenin 60° açısal hız grubuna kıyasla anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği gözlenmiştir.

3) Her iki grupta da kümülatif olarak tüm ölçüm parametrelerinde konsentrik ve eksentrik evertör kuvvet artışı olduğu, 180° açısal hız grubunda bu artışın tüm ölçüm parametrelerinde anlamlı düzeyde olduğu, 60° açısal hız grubunda ise tüm konsentrik parametreler ve sağ bacak 60° eksentrik evertör kuvvet artışının egzersiz öncesi düzeylere göre anlamlılık gösterdiği saptanmıştır. Gruplar arasında yapılan kıyaslamada ise herhangi bir parametrede iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, farklı açısal hızlarda yapılan ayak bileği eksentrik egzersizlerinin sensorimotor kontrol üzerine etkilerini karşılaştırarak inceleyen ilk çalışmadır.

Proprioseptif becerilerin objektif olarak ölçülebilmesi, propriosepsiyon kaybının erken biçimde tanımlanabilmesine ve nicel olarak ortaya konulabilmesine olanak tanır (57). Yaygın kanıya göre, ilk travmatik burkulma esnasında mekanik reseptörler içeren ligamentöz dokularda meydana gelen parsiyel deafferentasyon sonucu gelişen propriosepsiyon kaybı, ayak bileği burkulmalarının tekrarlama eğilimine neden olmaktadır (11, 25, 58). Burkulmaların akabinde propriosepsiyon becerilerinde meydana gelen kayıplar, değişik ekipman ve metotlar kullanılarak sıkça değerlendirilmektedir (17, 59, 60). Ancak bu tekniklerin çoğu görsel ve vestibüler girdileri, genel nöromusküler kontrol mekanizmalarını ve değerlendirme altında olmayan diğer eklemlerin etkilerini de içerebileceğinden dolayı ayak bileği eklemi propriosepsiyonunu izole olarak değerlendirmekten uzaktır (31). Ekleme yük binmeyen açık zincir pozisyonunda değerlendirme yapmaya olanak sağlayan izokinetik dinamometre ölçümleri, ayak bileği propriosepsiyon becerisinin ölçümünde izole ve objektif veriler sağlar. Ayak bileği burkulmalarının çoğunlukla inversiyon yönünde gelişmesi nedeniyle inversiyon hareketi esnasındaki proprioseptif becerilerin ölçümü önem kazanmış, bu değerlendirmelerde çeşitli izokinetik dinamometreler kullanılagelmiştir (14, 57, 61). Sağlıklı bireylerde ve fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda yapılan çalışmalarda, izokinetik dinamometre ile inversiyon yönünde 1°/s açısal hızda yapılan 10° ve 20° açı bulma testleri yüksek güvenirlikte bulunmuştur (27, 57). Bu bilgiler doğrultusunda, çalışmamızda proprioseptif becerilerin değerlendirilmesi için izokinetik dinamometre ile inversiyon yönünde 10° ve 20°'lik açılarda eklem pozisyon hissi ölçümlerine yer verilmiştir.

Literatürdeki birçok çalışma, fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda ayak bileği propriosepsiyon becerilerinde azalma olduğunu ortaya koymuştur (14, 28-36, 62, 63). Garn ve Newton (28) ve Mulloy ve ark. (29), fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bireylerde instabilite olan ayağı sağlıklı taraf ile karşılaştırmış, instabilite olan tarafın pasif hareketi fark etme kabiliyeti olan kinestezi skorlarının sağlam tarafa göre anlamlı düzeyde düşük olduğunu bildirmişlerdir. Willems ve ark. (14), Jerosch ve Bischof (30), Boyle ve Negus

(31), Konradsen ve ark. (32) yine benzer kurgu ile yaptıkları çalışmalarında instabilite mevcut olan ayak bileklerinde eklem pozisyon hissi testlerinde anlamlı derecede hata fazlalığı olduğunu belirtmişlerdir. Konradsen ve Ravn (33), Menacho ve ark. (34), Hopkins ve ark. (35), Löfvenberg ve ark. (36), Keleş ve ark. (63) ayak bileği instabilitesinde inversiyon yönünde uyguladıkları ani stres esnasında peroneal kas reaksiyon süresinin uzamış olduğunu saptamış, bu durumun ayak bileğinin musküler stabilizasyonunu kısıtlıyor olabileceğini dile getirmişlerdir.

İzokinetik egzersizler, spor yaralanmaları sonrasında kas kuvvetini artırmak ve sağlıklı sporcularda performans gelişimi amacıyla uzun yıllardır kullanılmaktadır (18). Bizim çalışmamızda, sağlıklı bireylerin ayak bileklerine 4 hafta süre ile uygulanan eksentrik egzersizlerin kuvvet değişimine olan etkisinin yanı sıra propriosepsiyon becerilerinde meydana getirebileceği olası değişimler de incelenmiştir. Her iki açısal hız grubunda yapılan eksentrik egzersizler sonrasında propriosepsiyon değerlerinde birtakım ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler kaydedilmiştir. Bu bulgular, Hancı ve ark.'nın (64) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda yaptıkları, kombine izokinetik egzersizlerin eklem pozisyon hissi ve kinestezi üzerine etkilerine dair elde ettikleri sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Söz konusu çalışmada evertör ve dorsifleksör kas grupları yönelik kombine eksentrik/konsentrik egzersizler 60°/sn, 120°/sn, 180°/sn, 240°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda 6 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde yapılmış ve benzer şekilde inversiyon yönünde aktif ve pasif 10° ve 20° açı bulma testlerinde anlamlı iyileşme kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Keleş ve ark. (63), rekreasyonel düzeyde spor yapan sağlıklı bireylerde evertör ve dorsifleksör kas gruplarına yönelik 6 hafta süre ile uyguladıkları izokinetik kombine eksentrik/konsentrik egzersizler sonrasında pasif 10° ve 20° açı bulma testlerinde anlamlı iyileşme olduğunu gözlemlemişlerdir. Docherty ve ark. (46) ise tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda 6 hafta boyunca egzersiz bandı ile yapılan progresif kuvvet egzersizleri neticesinde eklem pozisyon hissi ölçümlerinde gelişim meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Öte yandan, Şekir ve ark. (18) tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan 24 rekreasyonel sporcuda kuvvet, propriosepsiyon ve fonksiyon kayıplarını incelemiş, izokinetik egzersizin bu parametrelere olan etkisini araştırmışlardır. İnstabilite olan ayak bileklerinin evertör ve invertör kas gruplarına 6 hafta süre ile konsentrik izokinetik egzersiz yaptırmış, propriosepsiyonu değerlendirmek amacıyla inversiyon yönünde 1°/s açısal hızda 10° ve 20° pasif eklem pozisyon hissi testini uygulamışlardır. Egzersizler öncesinde sağlıklı ayak bileklerine göre anlamlı derecede düşük bulunan proprioseptif beceriler, konsentrik izokinetik egzersizler sonrası sağlıklı taraf ile benzer seviyede bulunmuştur. Bizim çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak sağlıklı bireyler üzerinde eksentrik egzersiz modeli uygulanmış, pasif 10° ve 20° eklem pozisyon hissi değerlerinde düzelme gözlenmiş olmasına karşın pasif ölçümlerden yalnızca sol ayak bileği 10° parametresindeki değişim anlamlı düzeye ulaşmıştır. Bu farklılık konsentrik egzersizlerin pasif eklem pozisyon hissine daha yüksek katkı sağlayabileceği ya da mevcut propriosepsiyon kaybı olan instabil ayak bileklerinde egzersizlerin verimliliğinin daha yüksek olabileceği anlamına gelebilir. Ancak, bahsi geçen çalışmadaki egzersiz süresinin bizim çalışmamızdan daha uzun olduğu ve bizim çalışmamızda eklem pozisyon hissini daha hassas değerlendirme imkânı sağlayan 0,5°/s açısal hızın kullanıldığı da belirtilmelidir.

Çalışmamızda ayrıca iki farklı açısal hız grubunun propriosepsiyon ölçümlerinde birbirine göre anlamlı bir farklılık göstermediğini gözlemledik. Literatürde eksantrik egzersiz esnasında maksimum tork seviyelerine 30 ila 60°/s açısal hızlarda ulaşıldığı, 60°/s üzerindeki açısal hızlarda ise maksimal tork değerinin plato yaptığını belirten çalışmalar mevcuttur (65-68). 60°/s ve 180°/s'lik açısal hızlarda yapılan eksentrik egzersizler ile elde edilen maksimal pik tork değerlerinin birbirleri ile benzer seviyelerde olması, propriosepsiyon ölçümlerinde anlamlı bir farklılık saptanmamasının bir nedeni olabilir. Bir diğer açıklama ise her iki grupta da egzersizlerin aynı açı menzilinde (40°) yapılmış olması nedeniyle kaslarda oluşan gerilme ve uzamanın aynı boyutlarda olmasıdır.

Kuvvet artışı ile propriosepsiyonun afferent yolu arasında çeşitli ilişkiler olabilir. Öne sürülen mekanizma, propriosepsiyon becerilerindeki iyileşmenin kastaki eksentrik uyarılma ile kas iğciği aktivitesinde meydana gelen artıştan kaynaklandığıdır (18, 46). Kas iğcikleri, statik veya dinamik olarak gama motor nöronlardan düzenli uyarı alan gerim reseptörleridir (69). Gama motor nöronlar kas iğciklerinin intrafuzal fibrillerini innerve ederek bu liflerin duyarlılığını ayarlarlar (69). Mekanik reseptörler veya eklem afferent fibrillerinin stimülasyonu ile gama motor nöronlarda artış olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (24, 70). Dietz ve ark. (71) kas iğciklerinde oluşturulacak daha büyük gerilmelerin, motor nöronların uyarılmasında daha fazla artışa neden olarak kas fibrillerinin konsentrik kontraksiyon gücünü artıracağını belirtmişlerdir. Bu nedenle, eksentrik kasılma ile kasta oluşturulan gerilme ve uzama, dinamik gama motor nöron aktivitesini arttırabilir. Sonuç olarak, eksentrik kuvvet egzersizlerinden kaynaklanan kas iğciği sensivitesindeki artışın ayak bileği propriosepsiyonunda iyileşmeye yol açabileceği söylenebilir.

Sensorimotor sistem, sportif aktivitelerde hareketlerin algılanması, uygulanması ve düzenlenmesinde görev almakta olup sportif performansın üst düzeyde sürdürülebilmesi ve olası yaralanmaların önlenmesinde önem arz etmektedir (72). Sportif aktiviteler esnasında dış faktörler nedeniyle bozulan denge, ağırlık merkezinin uygun bir şekilde yeniden konumlandırılmasıyla tekrar elde edilir. Denge kabiliyeti düşük olan atletler, bozulan dengelerini yeniden sağlayabilmek için kas fibrillerini daha fazla kullanır, birim zamanda daha fazla enerji harcayarak daha erken yorulur ve bu da motor kontrol kabiliyetinde azalma ile sonuçlanır (73). Yorgunluk ise, kas iğciği deşarj eşiğini artırarak afferent geri bildirimi bozmak suretiyle propriyoseptif ve kinestetik becerileri zayıflatır (74). Böylelikle, denge kontrolü hem afferent hem de efferent yoldan etkilenerek yaralanma olasılığı artar (75).

Arnold ve ark. (76) ayak bileği ve denge ilişkisi üzerine 23 çalışmayı inceledikleri meta analizde, fonksiyonel ayak bileği instabilitesinin sporcularda statik ve dinamik dengeyi etkilediği sonucuna varmışlardır. Statik veya dinamik denge ölçümlerinin birbirine karşı anlamlı bir üstünlüğü olmadığını belirtmiş, ancak dinamik denge testlerinde standart sapmanın daha düşük olduğunu

gözlemlemişlerdir. Bizim çalışmamızda da dinamik denge testlerinden kullanım kolaylığı ile öne çıkan yıldız denge testinin pratik bir varyasyonu olan Y denge testi kullanılmıştır. Yıldız denge testinin testler arası ve uygulamacılar arası güvenirliğinin yüksek olduğunu bildiren çalışmalar literatürde mevcuttur (77, 78). Gabriner ve ark. (79) ise yıldız denge testinde posteromedial ve posterolateral yönlere uzanımda peroneal kasların aktif olduğunu göstermişlerdir.

Doherty ve ark. (80) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastaların, yıldız denge testinde anterior, posterolateral ve posteromedial yönlerde uzanımlarının ayak bileği burkulması öyküsü olan asemptomatik bireylere ve sağlıklı kontrollere göre anlamlı bir şekilde düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Olmsted ve ark. (81) tek taraflı kronik ayak bileği instabilitesi olan 20 hasta ile 20 sağlıklı birey üzerinde yaptıkları yıldız denge testlerinde instabil ayak bileği üzerinde yapılan uzanımların sağlam tarafa ve kontrol grubuna göre anlamlı derecede kısa olduğunu belirtmişlerdir.

Ayak bileği dinamik dengesinin geliştirilebilir olduğunu gösteren birçok çalışma literatürde mevcuttur. Cain ve ark. (82) 22 kronik ayak bileği hastasını 2 eşit gruba randomize ederek bir gruba 4 hafta boyunca haftada 3 gün biyomekanik ayak bileği platformu ile denge egzersizleri vermişlerdir. Çalışmanın sonucunda yıldız denge testinde egzersiz grubunda kontrol grubuna göre anlamlı iyileşme rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Hale ve ark. (83) kronik ayak bileği instabilitesi olan 27 kişiyi iki gruba randomize ederek egzersiz grubuna 4 hafta süre ile haftada 2 gün olmak üzere tek ayak üzerinde denge tahtası, sıçrama ve egzersiz bandı ile kalça egzersizleri yaptırmış, çalışmanın sonunda egzersiz grubunda yıldız denge testi değerlerinde anlamlı iyileşme saptamışlardır. Yine Cruz-Diaz ve ark. (84) kronik ayak bileği instabilitesi mevcut olan 70 kişiyi egzersiz ve kontrol gruplarına randomize ederek egzersiz grubuna 6 hafta boyunca, haftada 3 gün progresif denge egzersizleri yaptırmış, çalışmanın sonunda egzersiz grubunun yıldız denge testi uzanım mesafelerinin kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Sefton ve ark. (85) kronik ayak bileği instabilitesi olan 20 kişiye 6 hafta süre ile haftada 6 gün boyunca denge tahtası

egzersizleri yaptırmış, 9 sağlıklı gönüllüyü ise kontrol grubuna dahil etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda egzersiz grubunda statik denge testlerinde kontrol grubuna göre anlamlı fark gözlemlenmezken, dinamik dengenin ölçüldüğü yıldız denge testi sonuçlarında anlamlı iyileşme rapor edilmiş, sportif aktivitelerde dinamik dengenin daha önemli olduğu vurgulanarak yaralanmaları önleme açısından dinamik dengenin geliştirilmesinin daha değerli olacağı belirtilmiştir. Hale ve ark. (44) kronik ayak bileği instabilitesi mevcut olan 25 hastayı egzersiz ve kontrol gruplarına randomize etmiş, 17 sağlıklı gönüllüyü ise sağlıklı kontrol grubu olarak çalışmaya dahil etmişlerdir. 4 hafta süre ile kuvvet, germe, denge ve fonksiyonel hareketlerden oluşan egzersiz programının uygulandığı grup, çalışmanın sonunda her iki kontrol grubuna kıyasla yıldız denge testi lateral, posterolateral ve posteromedial uzanım parametrelerinde anlamlı iyileşme kaydetmiştir.

Diğer yandan, Hall ve ark. (86) kronik ayak bileği instabilitesi mevcut olan 39 kişiyi 3 ayrı gruba randomize etmiş, 1. gruba lastik bant ile kuvvet egzersizleri, 2. gruba propriosaptif nöromusküler fasilitasyon (PNF) egzersizleri vermiş ve 3. grubu kontrol grubu olarak belirleyerek egzersiz yaptırmamışlardır. 6 hafta süre ile haftanın 3 günü belirlenen egzersizlerin yaptırıldığı çalışmanın sonucunda çalışmacılar, egzersiz gruplarında kontrol grubuna göre yıldız denge testi anterior, posterolateral ve posteromedial uzanımlarda anlamlı bir değişiklik saptamamışlardır. Wright ve ark. (87) kronik ayak bileği instabilitesi olan 40 hastayı 2 gruba randomize ederek bir gruba egzersiz bandı ile kuvvet, diğer gruba ise denge tahtası egzersizlerini 4 hafta süre ile uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda yıldız denge testinde her iki grupta da posteromedial uzanımlarda çalışma öncesine kıyasla artış saptanmış, gruplar arasında ise anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Bizim çalışmamızda, sağlıklı bireylerde 4 haftalık süre ile uygulanan farklı iki açısal hızda izokinetik eksentrik egzersizlerin dinamik denge üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla Y denge testi kullanılmıştır. Çalışmamızda yukarıdaki çalışmalardan farklı olarak izokinetik dinamometre aracılığıyla eksentrik egzersizler uygulanmış, herhangi bir denge egzersizine yer verilmemiştir. Katılımcılar da bu konuda bilgilendirilerek egzersiz süreci

boyunca başka hiçbir çalışma yapmamaları konusunda uyarılmış, bu sayede evertör kaslara yönelik eksentrik egzersizlerin denge üzerine olan pür etkilerini inceleme şansı edinilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde her iki grupta da kümülatif uzanım değerlerinde artış olmakla birlikte, 180°/s açısal hız grubunda 6 parametreden 5'inde anlamlı farklılık gözlemlenirken, 60°/s açısal hız grubunda bu sayı 2'de kalmıştır. Gruplar arasında yapılan kıyaslamada her ne kadar yalnızca sol bacak posteromedial uzanımda 180°/s açısal hız grubu lehine anlamlı farklılık gözlemlenmiş olsa da, sonuçlar yüksek açısal hızda yapılan eksentrik egzersizlerin dinamik denge gelişimi üzerine daha etkili olabileceğini düşündürmektedir. Y denge testinde iki grup arasındaki farkın eklem pozisyon hissi ölçümlerinden daha belirgin bir şekilde ortaya çıkması, yüksek açısal hız grubunda elde edilen görece daha yüksek kuvvet artışları neticesinde dinamik dengenin daha iyi etkilenmiş olabileceği ile açıklanabilir. Bir diğer dikkat çekici nokta ise yalnızca invertör ve evertör kas gruplarına egzersiz yaptırılmış olmasına karşın anterior uzanımlarda kaydedilen gelişmelerdir. Bunun nedeni ise egzersizler sonrasında dinamik stabilitede elde edilen kazanımların yanı sıra, izokinetik egzersizler öncesi düzenli olarak yapılan germe egzersizleri olabilir. Sonuç olarak evertör kas gruplarına yönelik eksentrik egzersizlerin dinamik dengeyi iyileştirmede etkili olduğu söylenebilir.

Antagonist kas gruplarının koaktivasyonu, dinamik eklem stabilitesinin tesis edilmesinde önemli bir faktördür. Fonksiyonel ayak bileği instabilitesinde bu nedenle peroneal kasların invertör mekanizmaya karşı koyabilmek için yeterince kuvvetli olması gerektiği düşünülmektedir (40, 88). Evertör kuvvetin yeterli olmadığı durumlarda, burkulma esnasında oluşan ani inversiyona direnç ve dolayısıyla ayağı nötral pozisyona yeniden getirebilme yeteneği azalır (18). Literatürdeki çalışmaların bazılarında fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda, sağlıklı kontrollere kıyasla evertör grup kaslarda eksentrik kuvvet kaybı olduğu belirlenmiştir (14-16). Willems ve ark. (14) tek taraflı kronik ayak bileği instabilitesi olan hastaların instabil ayak bilekleri ile sağlıklı ayak bileklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, evertör ve invertör kas gruplarının 30°/sn ve 120°/sn açısal hızlarda konsentrik ve eksentrik kuvvetlerini ölçmüş ve her iki açısal hızda da evertör grup kasların konsentrik

ve eksentrik kuvvetinde kayıp olduğunu saptamışlardır. Hartsell ve Spaulding (15) ise benzer dizaynlı bir örneklemde eksentrik eversiyon kuvvetini 60°/s, 120°/s, 180°/s ve 240°/s açısal hızlarda değerlendirmiş, instabil ayak bileklerinde sağlıklı ayak bileklerine kıyasla anlamlı düzeyde evertör eksentrik kuvvet kaybı olduğunu göstermişlerdir. Abdel-Aziem ve ark. (89) 20 kronik ayak bileği instabilitesi olan hasta ile 20 sağlıklı gönüllüyü karşılaştırdıkları çalışmada instabilite olan ayak bileklerinde evertör kas grubunda anlamlı düzeyde eksentrik kuvvet kaybına ek olarak 60°/s ve 120°/s açısal hızlarda eversiyon/inversiyon eksentrik kuvvet oranlarında da sağlıklı kontrollere göre anlamlı düşüklük olduğunu belirtmişlerdir. Yıldız ve ark. (16) kronik ayak bileği instabilitesi olan 8 hasta ile 9 sağlıklı gönüllüyü dahil ettikleri çalışmalarında 120°/s açısal hızda invertör ve evertör grup kasların konsentrik ve eksentrik modda kuvvet ölçümünü yapmış, kronik ayak bileği instabilitesi olan hastalarda evertör eksentrik kuvvet kaybı olduğunu bildirmişlerdir. Santos ve Liu (90) 21 fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hasta ile 16 sağlıklı gönüllüyü karşılaştırdıkları çalışmada, instabilite olan hastaların etkilenen ayak bileklerinde anlamlı düzeyde izometrik evertör kuvvet kaybı olduğunu rapor etmişlerdir.

Bunun yanında, Hancı ve ark. (64) ise tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bireylerde, etkilenen ayak bileği ile sağlam tarafı karşılaştırmış, evertör ve dorsifleksör kas gruplarında anlamlı düzeyde bir eksentrik kuvvet farkı olmadığını gözlemlemişlerdir. Literatürde bu çalışmaya benzer şekilde, tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bireylerde etkilenen tarafın sağlam taraf ile kıyaslandığı ve konsentrik ya da eksentrik evertör kas kuvvetinde kayıp saptanmadığı çalışmalar da mevcuttur (13, 18-21, 91).

Ayak bileği kuvvet ölçümlerinde izokinetik dinamometrenin güvenirliği çeşitli çalışmalarca (27, 92-96) değerlendirilmiştir. Aydog ve ark. (95) sağlıklı bireylerde yapılan konsentrik invertör ve evertör kuvvet ölçümlerinde, 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda yüksek güvenirlik tespit etmişlerdir. Amarel De Noronha ve Borges (94) ise lateral ayak bileği burkulması olan hastalarda invertör ve evertör kaslara yönelik 120°/s açısal hızda ölçümlerde yüksek güvenirlik

saptamışlardır. Munn ve ark. (21) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda, konsentrik ve eksentrik ölçümlerde, evertör ve invertör kaslar için 60°/s ve 120°/s açısal hızlarda yüksek güvenirlik rapor etmişlerdir. Benzer olarak Şekir ve ark. (27) fonksiyonel ayak bileği instabilitesinde invertör ve evertör kaslarda, 120°/s açısal hızda yapılan ölçümlerde yüksek güvenirlik saptamışlardır. Çalışmamızda, egzersiz programının ve ölçümlerin standardizasyonunu sağlayabilmek amacıyla izokinetik dinamometre kullanılmıştır. Egzersiz programlarında yüksek ve düşük açısal hızlar olarak güvenirlikleri test edilmiş olan 60°/s ve 180°/s hızları tercih edilmiş; izokinetik kuvvet testi protokolünde de aynı açısal hızlar kullanılmıştır. Bununla birlikte, tüm test ve egzersiz uygulamaları aynı çalışmacı tarafından yapılmış ve gönüllülerin izokinetik dinamometrede yerleşimlerinin mümkün mertebe aynı ölçülerde olması sağlanarak, olası olumsuz etkiler minimalize edilmeye çalışılmıştır.

Kaminski ve ark. (47) tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan katılımcıları kuvvet, propriosepsiyon, kuvvet + propriosepsiyon ve kontrol grupları olmak üzere 4 gruba randomize ettikleri çalışmalarında kuvvet egzersizleri olarak 6 hafta süre ile haftada 3 gün egzersiz bandı ile ayak bileği 4 yöne güçlendirme programını tercih etmişlerdir. Çalışmada egzersiz programı öncesi ve sonrasında kuvvet değişimleri 30°/s ve 120°/s açısal hızlarda konsentrik ve eksentrik modda test edilmiş, ortalama tork ve pik tork değerlerinin gruplar arası anlamlı bir farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Çalışmacılar bunu, uyguladıkları programın kuvvet değişimi oluşturabilecek şiddette olmayabileceğine dayandırmışlardır.

Docherty ve ark. (46) ise tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda progresif dirençli kuvvet antrenmanlarının etkisini ele aldıkları çalışmalarında, katılımcılara 6 hafta süre ile egzersiz bandı ile progresif kuvvet programı uygulamış, egzersizler sonrasında eversiyon ve dorsifleksiyon kuvvetinde gelişim meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Şekir ve ark.'nın (18) propriosepsiyon kısmında da yer verilen, tek taraflı fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan 24 rekreasyonel sporcu üzerinde kuvvet, propriosepsiyon ve fonksiyon kayıplarını inceledikleri, izokinetik

egzersizin bu parametrelere olan etkilerini araştırdıkları çalışmada; etkilenen taraf ayak bileklerinin invertör ve evertör kas gruplarına 6 hafta süre ile haftada 3 gün, 120°/s açısal hızda ve 3 set 15 tekrar şeklinde konsentrik izokinetik egzersiz modeli uygulanmış; egzersizler öncesi ve sonrasında invertör ve evertör kas kuvveti değerleri, konsentrik ve eksentrik olarak 120°/s açısal hızda ölçülmüştür. Egzersiz programı sonrasında invertör ve evertör konsentrik kuvvette anlamlı artış rapor edilirken, eksentrik kuvvet değerlerinde ise anlamlı düzeyde artış kaydedilmemiştir. Bu çalışmanın aksine, pür eksentrik egzersiz modelini uyguladığımız çalışmamızda ise her iki açısal hız grubunda eksentrik kuvvet artışının yanı sıra konsentrik kuvvette de anlamlı artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak pür eksentrik egzersizlerin, konsentrik egzersizlerin aksine, zıt eşleniği olan konsentrik kuvvette de artış meydana getirebileceği söylenebilir.

Keleş ve ark. (63), sağlıklı bireylerde izokinetik eksentrik egzersizlerin kas reaksiyon zamanı ve kuvvet üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaya katılan rekreasyonel sporcuların dominant ayak bileklerinin invertör ve evertör kas gruplarına, 6 hafta süre ile haftada 3 gün, 60°/s, 120°/s, 180°/s, 240°/s ve 300°/s açısal hızlarda 6'şar tekrarlı kombine konsentrik/eksentrik izokinetik egzersiz modelini uygulayan araştırmacılar, çalışmanın neticesinde evertör kasların eksentrik kuvvetinde %19 ila %58 düzeylerinde anlamlı artış olduğunu bildirilmişlerdir. Aynı egzersiz modelini fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda uygulayan Hancı ve ark.'nın (64) çalışmasında ise evertör kas grubunda %13 ila %38 aralığında anlamlı eksentrik kuvvet artışı elde etmişlerdir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde eksentrik egzersiz komponenti olan bu araştırmaların sonuçları, çalışmamız ile tutarlılık göstermekle birlikte; elde edilen eksentrik kuvvet artışı yüzdeleri bizim çalışmamıza (%2,4-7) kıyasla daha yüksektir. Bunun nedeni uygulanan egzersiz programlarının içerikleri; konsentrik komponentin de eklenmiş olması ve/veya çalışmamızda yer verilen egzersiz süresinin (4 hafta) bu çalışmalarda uygulanan süreden daha kısa olması olabilir.

Uh ve ark. (97) sağlıklı 20 gönüllüyü egzersiz ve kontrol gruplarına randomize etmiş; egzersiz grubundaki 5 katılımcının dominant ayak

bileklerinin, diğer 5 katılımcının ise non-dominant ayak bileklerinin invertör, evertör, dorsifleksör ve plantarfleksör kaslarına yönelik 8 hafta süre ile haftada 3 gün izokinetik dinamometre ile kombine konsentrik/eksentrik egzersiz yaptırmışlardır. Egzersiz grubundaki katılımcıların kontralateral ayak bileklerine ve kontrol grubuna ise hiç egzersiz yaptırılmamış; katılımcılar bu hususta sıkı bir şekilde bilgilendirilerek program haricinde ekstra bir egzersiz yapmamaları sağlanmıştır. 8 haftalık sürenin sonunda izokinetik pik tork, güç ve dayanıklılık parametrelerinin değerlendirildiği çalışmada kontrol grubunda beklenildiği üzere üç parametrede de herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Egzersiz grubunda elde edilen pik tork değişim sonuçları ise oldukça şaşırtıcıdır. Egzersiz yaptırılan ayak bileklerinde tüm yönlere, ölçümlenen tüm açısal hızlarda ve tüm egzersiz modlarında elde edilen pik tork artışları; dominant taraf egzersiz grubunda ortalama %8,5 ve non-dominant taraf egzersiz grubunda ortalama %9,3 olarak kaydedilmiş; ilginç şekilde bu katılımcıların egzersiz yaptırılmamış olan kontralateral ayak bileklerinde de sırasıyla ortalama %1,5 ve %3,5 kuvvet gelişimi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çapraz etkinin en belirgin olarak 120°/sn açısal hızdaki eksentrik inversiyon testinde görüldüğü belirtilmiştir. Çalışmacılar, bu çapraz etkinin ortaya çıkmasına neden olabilecek başlıca üç unsurun üzerinde durmuş; bunları nöromusküler fasilitasyondaki gelişim, egzersiz yapmayan tarafa yönelik santral inhibitor uyarıların azalması ve egzersizler esnasında kontralateral tarafta meydana gelen ancak fark edilmeyen izometrik kasılmalar olarak sıralamışlardır. Egzersizleri her iki ayak bileğine yönelik yaptırdığımız çalışmamızda bu tarz bir çapraz etkinin söz konusu olup olmadığını söylemek çalışma tasarımı gereği mümkün olmasa dahi, muhtemel bir çapraz etkinin çalışmamızdaki kuvvet artışlarına katkıda bulunmuş olabileceği düşünülebilir. Ancak, bahsi geçen bu çapraz etkinin en belirgin olarak rutin aktivitelerde sıklıkla kullanılmayan inversiyon ve eversiyon yönlerinde gözlemlenirken, sık kullanılan dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon yönlerinde bu etkilerin daha zayıf kalması da hesaba katıldığında, elde edilen sonuçların gerçek bir kuvvet artışından ziyade egzersiz yaptırılan taraf kasları aracılığıyla edinilen öğrenme etkisinden de kaynaklanıyor olabileceği unutulmamalıdır.

Ligamentöz yaralanmalar tipik olarak peroneal kasların yüksek açısal hızdaki harekete cevap olarak eksentrik kasılması sırasında gelişir (98). Rehabilitasyon programlarında sıkça kullanılan egzersiz bantları ile yapılan izotonik egzersizler, az miktarda eksentrik komponent içerseler dahi eksentrik kuvveti geliştirmek açısından yeterli olmamaktadırlar. Yüksek açısal hızlarda eksentrik egzersizler ancak izokinetik dinamometreler yardımıyla yapılabilmektedir. Yüksek açısal hızlarda yapılan izokinetik egzersizlerin peroneal kas kuvveti gelişimine ve dolayısıyla fonksiyonel ayak bileği instabilitesinin önlenmesinde/tedavisinde sağlayabileceği faydalar üzerine yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu konuda ilerde yapılacak olan çalışmalarla, sağlıklı bireylerin yanı sıra fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan hastalarda da yüksek hızda yapılan eksentrik egzersizlerin olası getirilerine yönelik daha fazla bilgi sahibi olunarak, ayak bileği fonksiyonel instabilitesinin önlenmesi ve tedavisinde kullanılacak modern egzersiz modelleri geliştirilebilir.

Çalışmanın olumlu yönleri olarak gerek egzersizlerde gerekse kuvvet ve propriosepsiyon ölçümlerinde izokinetik dinamometrenin kullanılması neticesinde elde edilen standardizasyon, tüm egzersizlerin ve ölçümlerin aynı çalışmacı tarafından yürütülmesi, ilave değişkenler olmaksızın pür eksentrik egzersizin farklı açısal hızlardaki etkilerinin kuvvet artışının yanı sıra denge ve propriosepsiyon gibi ikincil parametrelerin üzerindeki etkilerinin de incelenmesine ve birbirleri ile karşılaştırılabilmesine olanak vermesi söylenebilir.

Çalışmanın kısıtlılıkları olarak ise egzersiz yaptırılmayan bir kontrol grubunun olmaması, istatistiksel değerlendirmeler açısından görece kısıtlı sayılabilecek olan katılımcı sayısı, her iki ayak bileğine egzersiz yaptırılıyor olması neticesinde katılımcılar özelinde objektif kontrol değerlendirmelerinin yapılamaması, burkulmalarda önemli diğer bir yapı olan tibialis anterior kasının çalışmaya dahil edilmemiş olması, ölçümlerin ve egzersizlerin yalnızca iki farklı açısal hız ile sınırlandırılması, çalışma konusunun ana hedef kitlesi olan fonksiyonel ayak bileği instabilitesi olan bireylerin yerine araştırmaların sağlıklı gönüllüler üzerinde yürütülmüş olması, kaslardaki nöral adaptasyonlar için

yeterli olsa dahi kuvvet gelişimi açısından yeterli olmayabilecek olan 4 haftalık egzersiz süresi, çalışma sonucu elde edilen etkilerin uzun dönemdeki olası değişimlerinin değerlendirilememiş olması ile çalışmanın yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesi süreçlerinin aynı araştırmacı tarafından yapılmış olması sıralanabilir. Aynı zamanda, çalışma başlangıcında planlanmış olan peroneal kas reaksiyon zamanı değişimlerinin incelenmesi fikrinin çalışma esnasında elektromiyografi cihazında meydana gelen teknik aksaklıklardan dolayı sonuçlandırılamaması ve çalışmaya dahil edilememesi de ana eksikliklerden biri olarak dile getirilmelidir.

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler neticesinde yüksek ve düşük hızlarda yapılan izole eksentrik egzersizlerin peroneal kas kuvveti, denge ve propriosepsiyon parametreleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu, yüksek açısal hızda yapılan eksentrik egzersizlerin düşük açısal hızda yapılan eksentrik egzersizlere göre kuvvet ve dinamik denge üzerine daha olumlu etkiler gösterebileceği söylenebilir. Çalışmanın kısıtlılıkların ve eksikliklerin her birinin ayrı ayrı ele alınarak daha geniş ve özellikli popülasyonlarda yapılacak olan ileri araştırmalarla, sportif rehabilitasyonda en sık karşılaşılan durumlardan biri olan fonksiyonel ayak bileği instabilitesinin önlenmesi ve tedavisinde eksentrik egzersizlerin rolü konusunda yeni bilimsel kazanımlar elde edilebilecektir.

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;31:42937.
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. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. J Orthop Sports Phys Ther 1995;27:264-75.
14. 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.
15. 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.
16. 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.

17. Ryan L. Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle. Aust J Physiother 1994;40:41-7.
18. 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.
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. Heitman RJ, Kovaleski J, Gurchiek L. Isokinetic eccentric strength of the ankle evertors after injury. Percept Mot Skills 1997;84:258.
21. Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, et al. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. Med Sci Sports Exerc 2003;35:245-50.
22. 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.
23. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. Sports Med 1998; 25:149-55.
24. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. J Anat 1967;101:505-32.
25. 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.
26. Deshpande N, Connelly DM, Culham EG, Costigan PA. Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. Arch Phys Med Rehabil 2003;84:883-9.
27. Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B et al. 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.
28. Garn SN, Newton RA. Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. PhysTher 1988;68:1667-71.
29. 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.
30. Jerosch J, Bischof M. Proprioceptive capabilities of the ankle in stable and unstable joints. Sports Exerc Injury 1996;2:67-71.
31. Boyle J, Negus V. Joint position sense in the recurrently sprained ankle. Aust J Physiother 1998;44:159-63.
32. Konradsen L, Magnusson P. Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2000;8:246-51.
33. Konradsen L, Ravn JB. Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. Acta Orthop Scand 1990;61:388-90.
34. Menacho MO, Pereira HM, Oliveira BIR et al. The peroneus reaction time during sudden inversion test: systematic review. J Electromyogr Kinesiol 2010;20:559-65.

35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. Bosien WR, Staples OS, Russell SW. Residual disability following acute ankle sprains. J Bone Joint Surg 1955;37:1237-43.
41. Trevino SG, Davis P, Hecht PJ. Management of acute and chronic lateral ligament injuries of the ankle. Orthop Clin North Am 1994;25:116.
42. Mascaro TB, Swanson LE. Rehabilitation of the foot and ankle. Orthop Clin North Am 1994;25:147-60.
43. 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.
44. 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.
45. Lee KY, Lee HJ, Kim SE et al. Short term rehabilitation and ankle instability. Int J Sports Med 2012;33(6):48596.
46. 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.
47. 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.
48. 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
49. 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.
50. Heckman DS, Reddy S, Pedowitz D, Wapner KL, Parekh SG. Operative treatment for peroneal tendon disorders. J Bone Joint Surg 2008;90:404-18.

51. 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.
52. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. J Athl Train 2002;37(4):364-75.
53. 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.
54. Hopkins TJ, McLoda T, McCaw S. Muscle activation following sudden ankle inversion during standing and walking. Eur J Appl Physiol 2007;99:371-8.
55. Esselman PC, Lacerte M. Principles of isokinetic exercise. Phys Med Rehabil Clin North Am 1994;5:255-68.
56. Osternig L. The role of coactivation and eccentric activity in the aclinjured knee. In: Lephart SM and Fu FH (eds). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. USA, Human Kinetics; 2000. 385-92.
57. Yildiz Y, Sekir U, Hazneci B et al. Reliability of a functional test battery evaluating functionality, proprioception and strength of the ankle joint. Turk J Med Sci 2009;39:115-23.
58. 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.
59. Glencross D, Thornton E. Position sense following joint injury. J Sports Med Phys Fitness 1981;21:23-7.
60. Isakov E, Mizrahi J. Is balance impaired by recurrent sprained ankle? Br J Sports Med 1997;31:65-7.
61. 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.
62. 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.
63. Keles SB, Sekir U, Gur H, Akova B. Eccentric/concentric training of ankle evertor and dorsiflexors in recreational athletes: Muscle latency and strength. Scand J Med Sci Sports. 2014;24(1):e29-e38.
64. Hanci E, Sekir U, Gur H, Akova B. Eccentric training improves ankle evertor and dorsiflexor strength and proprioception in functionally unstable ankles. Am J Phys Med Rehabil 2016; 95:448-58.
65. Colliander EB, Tesch PA. Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. Acta Physiol Scand. 1990;140(1):319.
66. Lacerte M, deLateur BJ, Alquist AD, Questad KA. Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. Arch Phys Med Rehabil. 1992;73(11):1059-62.
67. Westing SH, Seger JY, Karlson E, Ekblom B. Eccentric and concentric torque-velocity characteristics of the quadriceps femoris in man. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1988;58(1-2):100-4.

68. Westing SH, Seger JY. Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females. Int J Sports Med. 1989;10(3):175-80.
69. 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.
70. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. Actions on gamma-motoneurones elicited by electrical stimulation of joint afferent fibres in the hind limb of the cat. J Physiol 1986:375:137-52.
71. Dietz V, Schmidtbleicher D, Noth J. Neuronal mechanisms of human locomotion. J Neurophysiol 1979:42(5):1212–22.
72. Özgürbüz C. Spor hekimliğinde sensorimotor sistem. Spor Hekim Derg. 2013:91-9.
73. Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 2000;10(3):123–45.
74. de Vries JS, Kingma I, Blankevoort L, van Dijk CN. Difference in balance measures between patients with chronic ankle instability and patients after an acute ankle inversion trauma. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2010;18(5):601-6.
75. Hrysomallis C, McLaughlin P, Goodman C. Balance and injury in elite Australian footballers. International Journal of Sports Medicine. 2007;28(10):844–7.
76. Arnold BL, De La Motte S, Linens S, Ross SE. Ankle instability is associated with balance impairments: A meta-analysis. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(5):1048-62.
77. Hertel J, Miller S, Denegar C. Intratester and intertester reliability during the star excursion balance test. J Sport Rehabil. 2000;9:104–16
78. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. J Orthop Sports Phys Ther. 2006;36:911–9.
79. Gabriner ML, Houston MN, Kirby JL, Hoch MC. Contributing factors to Star Excursion Balance Test performance in individuals with chronic ankle instability. Gait Posture. 2015;41(4):912-6.
80. Doherty C, Bleakley C, Hertel J et al. Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2016;24(4):1086-95.
81. Olmsted LC, Garcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. J Athl Train. 2002;37(4):501–6.
82. Cain MS, Garceau SW, Linens SW. Effects of a 4-week biomechanical ankle platform system protocol on balance in high school athletes with chronic ankle instability. J Sport Rehabil. 2017;26(1):1-7.

83. Hale SA, Fergus A, Axmacher R, Kiser K. Bilateral improvements in lower extremity function after unilateral balance training in individuals with chronic ankle instability. J Athl Train. 2014;49(2):181-91.
84. Cruz-Diaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez M, Contreras F, Martínez-Amat A. Effects of 6 Weeks of Balance Training on Chronic Ankle Instability in Athletes: A Randomized Controlled Trial. Int J Sports Med. 2015;36(9):754-60.
85. Sefton JM, Yarar C, Hicks-Little CA, Berry JW, Cordova ML. Six Weeks of Balance Training Improves Sensorimotor Function in Individuals With Chronic Ankle Instability. J Orthop Sport Phys Ther. 2011;41(2):81-9.
86. Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. J Athl Train. 2015;50(1):36- 44.
87. Wright CJ, Linens SW, Cain MS. A randomized controlled trial comparing rehabilitation efficacy in chronic ankle ınstability. J Sport Rehabil. 2017;26(4):238-49.
88. Abdel-Aziem AA, Draz AH. Chronic ankle instability alters eccentric eversion/inversion and dorsiflexion/plantarflexion ratio. J back Musculoskelet rehabil 2014; 27(1):47-53.
89. Santos MJ, Liu W. Possible Factors Related to Functional Ankle Instability. J Orthop Sport Phys Ther. 2008;38(3):150-57.
90. Kaminski TW, Perrin DH, Gansneder BM. Eversion strength analysis of uninjured and functionally unstable ankles. J Athl Train 1999;34:239-45.
91. Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, et al. Relation between isokinetic muscle strength and functional capacity in recereational athletes with chondromalacia patellae. Br J Sports Med. 2003;37(6):475-479.
92. 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.
93. 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.
94. Amarel NM, Borges NG Jr. Lateral ankle sprain: isokinetic test reliability and comparison between invertors and evertors. Clin Biomech 2004;19:868-71.
95. 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.
96. 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.
97. 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.
98. Lentell GL, Katzman LL, Walters MR. The relationship between muscle function and ankle stability. J Orthop Sports Phys Ther 1990;11:605-11.

TEŞEKKÜR

Eğitimciliği, karakteri ve akademik vizyonu ile tüm öğrencilerine örnek olan, her cümlesinden yeni bir şey öğrendiğim ve asistanı olduğum için kendimi şanslı hissettiğim Prof. Dr. Hakan Gür'e,

Asistanlığa adım attığım ilk günden son güne kadar desteğini her daim hissettiğim, bana spor hekimliğini sevdiren, doktorluğunu, sporculuğunu ve akademisyenliğini örnek aldığım, bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar büyük emeği olan, bana sonsuz destek ve anlayış gösteren tez danışmanım ve anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Bedrettin Akova'ya,

Klinik bilgilerimin çoğunu bana ilk elden öğretmesinin yanında ilk bilimsel yayınımı yapmama da vesile olmuş olan, çalışkanlığı ve titizliğini örnek aldığım, bizlere hocadan öte bir ağabey gibi yaklaşan Prof. Dr. Ufuk Şekir'e,

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan ve hayata bakış açımı değiştiren, bana verdiği eğitimden ötürü bir ömür boyu minnettar olacağım değerli hocam Uz. Dr. Şahap Nurettin Erkoç'a,

Asistanlığım süresince bilgilerini benden esirgemeyen tüm değerli hocalarıma, birlikte çalışmaktan keyif duyduğum ve türlü dostluklar edindiğim tüm asistan arkadaşlarıma, beni asla yalnız bırakmayan değerli mezun abi ve ablalarıma, başta bölümümüzdekiler olmak üzere desteklerini her daim hissettiğim tüm üniversite personellerine, ayrıca değerli abim Öğr. Gör. Tuncer Topsaç'a ve değerli dostum Dr. Serhan Sarıoğlu'na,

Fedakârlıklarıyla beni bu günlere getiren, benden hiçbir şeyi esirgemeyen, kendim olmamı ve değerli hissetmemi sağlayan, bu satırların teşekkür etmek için asla yetmeyeceği değerli annem ve babama,

Hayatıma anlam katan, mesafelerin bizi yakınlaştırdığı, hep yanımda olduğunu ve olacağını bildiğim, çalışma süresince onun olan vaktimden harcadığım için mahcubiyet duyduğum biricik sevgilim Sinem'e,

Ve Gece'ye, minnetlerimi ifade ederim.

ÖZGEÇMİŞ

tarihinde doğdum. İlkokulu Antakya Bedii Sabuncu İlköğretim Okulu'nda ve Özel Hatay Doğuş İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu Özel Hatay Doğuş İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimimi ise Ankara Fen Lisesi'nde tamamladım. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi'nden 2014 yılında mezun oldum. 30.07.2019 tarihinde Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nda başladığım uzmanlık eğitimime başladım.