



Genç Erişkinlerde Ayak Bileği Hareket Açıklığı, Kas Kuvveti ve Denge Arasındaki İlişki

The Relationship Between Ankle Range Of Motion, Muscle Strength and Balance In Young Adults

Murat Tomruk¹, Melda Soysal Tomruk¹, Emrullah Alkan², Nihal Gelecek³

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Burdur, Türkiye.

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.

³Dokuz Eylül Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, İzmir, Türkiye.

Özet

Amaç: Ayak bileği eklemının yeterli hareket açıklığına sahip olması ve ayak bileği çevresindeki kasların düzgün çalışmasının dengenin sağlanması ve düşmelerin önlenmesi açısından önemli olduğu öne sürülmektedir. Çalışmanın amacı sağlıklı genç erişkinlerde ayak bileği hareket açıklığı, kas kuvveti ve denge arasındaki ilişkileri incelemek ve ek olarak statik ve dinamik dengeyi belirleyen ayak bileği ile ilişkili faktörleri tespit etmektir.

Materyal-Metot: Tanımlayıcı tipte olan çalışmaya 94 sağlıklı genç erişkin alındı. Bireylerin statik ve dinamik dengesi Biodex Denge Sistemi kullanılarak Duyusal Etkileşimli Denge (DED) Testi ve Kararlılık Sınırları Testi (KST) ile değerlendirildi. Dorsifleksiyon hareket açıklığı Ayak Yerde Öne Hamle (AYÖH) Testi ile, dorsifleksör kas kuvveti (DFKK) elle tutulur dinamometre ile ölçüldü. Değişkenler arasındaki ilişkinin analizi için Spearman Korelasyon Analizi, dengeyi belirleyen faktörlerin tespiti için doğrusal regresyon analizi yapıldı.

Bulgular: Sol AYÖH ile DED testi sonuçlarından Gözler Kapalı Sert Zemin Salınım İndeksi (SZ Sİ) arasında pozitif yönde, düşük güçte korelasyon bulundu ($p=0.038$, $r=0.214$). KST skoru ile ise hiçbir değişken arasında anlamlı ilişki tespit edilmedi ($p>0.05$). Regresyon analizi sonuçlarına göre Gözler Açık SZ Sİ'nin tek anlamlı belirleyicisinin sol DFKK olduğu görüldü ($p=0.047$, varyasyonun %4'ü).

Sonuç: Genç erişkinlerde dorsifleksiyon hareket açıklığı ile gözler açık sert zemin statik denge arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulunmaktadır. Çalışmada statik dengenin tek belirleyicisinin sol DFKK olduğu görülmüş, ancak kas kuvveti varyasyonun %4 gibi oldukça düşük bir kısmını açıklamıştır.

Anahtar kelimeler: Denge, Ayak Bileği, Kas Kuvveti, Hareket Açıklığı, Genç Erişkin.

Abstract

Objective: It has been proposed that sufficient range of motion in ankle joint and proper functioning of muscles surrounding ankle are essential for maintaining balance and preventing falls. The aim of the study was to investigate the relationships between ankle range of motion, muscle strength and balance, and to determine ankle-related predictors of both static and dynamic balance in healthy young adults.

Material-Method: 94 healthy young adults were included in this descriptive study. Static and dynamic balance of individuals were assessed using Clinical Test of Sensory Interaction of Balance (CTSIB) and Limits of Stability Test (LOST) of Biodex Balance System, respectively. Dorsiflexion range of motion and dorsiflexor muscle strength (DFMS) were assessed using Weight Bearing Lunge (WBL) Test and hand-held dynamometer, respectively. Spearman Correlation Analysis was used to analyze the relationships among variables, and linear regression analysis was performed to determine predictors of balance.

Results: A positive, weak correlation was found between left WBL and Eyes Closed Firm Surface Sway Index (FS SI) of CTSIB ($p=0.038$, $r=0.214$). No significant relation was found between LOST score and any variables ($p>0.05$). Results of regression analyses showed that only left DFMS was significant predictor of the Eyes Open FS SI ($p=0.047$, 4% of variance).

Conclusions: There is a significant negative relationship between dorsiflexion range of motion and static balance in eyes open firm surface condition in young adults. The only significant predictor of static balance was left DFMS. Nevertheless, muscle strength accounted for only 4 % of the variance, which is a quite low proportion.

Keywords: Postural Balance, Ankle, Muscle Strength, Range of Motion, Young Adult.

Giriş

Denge, vücudun ağırlık merkezini destek yüzeyi içinde tutabilme ve stabil vücut dizilimi ve postürünü koruyabilme yeteneğidir (1). Vücudu yerçekimine göre dengede tutabilmek için duysal ve motor sistemlerin bir arada etkileşimi gerekir

(2). Denge yeteneği, vücudun hareketine göre fizyolojik olarak ikiye ayrılır: statik ve dinamik denge. Statik denge ayakta dik duruş ve oturma sırasında yer çekimine karşı sabit pozisyonun devam ettirilebilmesidir. Dinamik denge ise yürüme ve oturmadan ayağa kalkma gibi aktiviteler sırasında

destek yüzeyinin hareket ettiği anlarda vücudun stabilize edilmesidir (3).

İnsanlarda vücudun ağırlık merkezi göreceli olarak yüksekte olduğundan hem dinamik hem de statik denge yeteneği önemli miktarda enerji harcaması ve de yüksek düzeyde motor kontrol becerisi gerektirir (4). Dik postürün sağlanabilmesi için yeterli düzeyde kas kuvveti gerekir. Özellikle ayak bileği ve diz çevresindeki alt ekstremitte kaslarının düzgün bir şekilde çalışması, postüral stabilitenin sağlanması ve düşmelerin önlenmesi için önemlidir (5).

Dengenin sağlanmasında bir diğer önemli unsur ayak bileği eklemının hareket açıklığıdır. Ayak-ayak bileği kompleksi, vücudun yerle temas eden tek bölümüdür ve denge çoğunlukla ayak bileği eklemında kontrol edilir (6, 7). Ayak bileği eklemının yeterli hareket açıklığı ve esnekliğe sahip olması yürüme, koşma, merdiven çıkma ve çömelme gibi dinamik denge gerektiren fonksiyonel aktivitelerin yerine getirilmesi için oldukça önemlidir (7). Özellikle dorsifleksiyon yönündeki hareket kısıtlılığın ayak bileği burkulması riski ile ilişkili olduğu bilinmektedir (8).

Yaşla birlikte denge yeteneği azaldığından düşme sıklığı artmakta, bu da yaşlı bireyler için ciddi bir morbidite ve mortalite nedeni olmaktadır (9). Bu sebeple dengeyi etkileyen faktörleri araştıran çalışmaların çoğu yaşlı bireylerde yapılmıştır (7, 10-12). Genç bireylerde denge üzerine yapılan çalışmalar ise daha çok ayak bileği yaralanması olan (burkulma, instabilite vb.) hastalara odaklanmış (13, 14), sağlıklı bireylerde denge ile ayak bileği hareket açıklığı ve kas kuvveti arasındaki ilişki yeterince araştırılmamıştır. Çalışmanın ana amacı sağlıklı genç erişkinlerde ayak bileği hareket açıklığı, kas kuvveti ve denge arasındaki ilişkileri incelemek, ikincil amacı ise statik ve dinamik dengeyi belirleyen ayak bileği ile ilişkili faktörleri tespit etmektir.

Materyal-Metot

Araştırma tanımlayıcı tipte bir araştırma olup, Mart ve Ağustos 2018 tarihleri arasında Dokuz Eylül Üniversitesi'nin Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Lisans Programı'nda öğrenim gören üniversite öğrencilerinde yapıldı. Çalışmaya 18-35 yaş arasında olan sağlıklı bireyler alındı. Herhangi bir nörolojik, kas-iskelet sistemi ya da vasküler hastalığı olan bireyler, alt ekstremitelerinin herhangi bir bölgesinde cerrahi operasyon geçirmiş olan bireyler, ayak deformitesi ve pes planusu olan bireyler çalışmadan dışlandı. Ayrıca düzenli egzersiz ve sportif aktivite yapan bireylerin kas kuvveti ve eklem hareket açıklığı daha fazla olup grubun homojenliğini bozabileceğinden, düzenli egzersiz ve sportif alışkanlığı olan ve son 6 ay içinde herhangi bir düzenli egzersiz programına katılmış olan bireyler de çalışmaya alınmadı.

Bireylerin ölçümü yerel üniversitenin Fizyoterapi ve Rehabilitasyon okulunun Denge ve Yürüme Analizi Laboratuvarında yapıldı. Bireylerin tümü hafta içi günlerde, 12.30-13.30 saatleri arasında ölçüldü. Laboratuvarın oda sıcaklığı, ölçümler boyunca 23°C'ye sabitlendi. Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından yapıldı.

Çalışma, 1975 Helsinki Deklarasyonu'nun 2000 yılında revize edilen İnsan Deneyleri Komitesi'nin etik standartlarına uygun olarak gerçekleştirildi. Çalışmanın etik kurul onayı, ilgili üniversitenin Etik Kurulu'ndan, 01.03.2018 tarih ve 3835-GOA protokol numaralı 2018/06-17 karar numarası ile alındı. Araştırmaya alınmadan önce tüm bireylere araştırma hakkında sözlü ve yazılı bilgi verildi ve "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" imzalatılıp, katılımcıların onamaları alındı.

Veri Toplama Araçları

Statik Denge

Statik denge, Biodex Denge Sistemi (12.1" Display 115 VAC) içinde yer alan "Duyusal Etkileşimli Denge (DED) Testi" ile değerlendirildi. DED testi dört farklı duyuşal koşulda ayakta dik durma yeteneği hakkında veri sağlar. Bu koşullar; (I) Gözler açık, sert zemin (GA-SZ), (II) Gözler kapalı, sert zemin (GK-SZ), (III) Gözler açık, yumuşak zemin (GA-YZ) ve (IV) Gözler kapalı, yumuşak zemin (GK-YZ)'dir. Test sırasında denge sisteminin platformu sabittir ve bireyin platforma çıplak ayakla çıkması ve test boyunca yandaki barlara tutunmaması istenir. Testten önce bireyin platform üzerindeki ayak pozisyonu bilgisi cihaza harf, sayı ve derece olarak girilir ve bireyden cihazın ekranında gördüğü kendi ağırlık merkezini ekrandaki hedefin merkezinde tutması istenir (Şekil 1). Her koşul 30 saniye sürer. Koşullar arası 10 saniyelik dinlenme periyotları bulunur. Yumuşak zemindeki koşullar için cihazın sünger yastıkçığı, hastanın ayakları ile platform arasında konur. Sistem, test bitiminde her koşul için ayrı olmak üzere bir Salınım İndeksi (Sİ) değeri verir. Sıfıra yakın değerler daha az salınım olduğunu, dolayısıyla daha iyi statik dengeyi gösterir.



Şekil 1. Duyusal Etkileşim Denge Testi Ekranı (Biodex Denge Sistemi)

m-CTSIB testing: Duyusal Etkileşimi Denge Testi, Tracing (OFF): Takip (KAPALI), Clear Tracing: Takibi Temizle, Test Trial Time (00:10): Test Deneme Süresi (00:10), Trials (1/1): Denemeler (1/1), Sway Index (0.00): Salınım İndeksi (0.00), Condition (1/2): Koşul (1/2), Eyes Closed Firm Surface: Gözler Kapalı Sert Zemin, Trial 1 Complete: Deneme 1 Tamamlandı, Rest Countdown (9): Dinlenme Geri Sayım (9), Back: Geri, STOP: DURDUR.

Dinamik Denge

Dinamik denge, Biodex Denge Sistemi (12.1" Display 115 VAC) içinde yer alan "Kararlılık Sınırları Testi (KST)" ile değerlendirildi. Kararlılık sınırları kişinin dengesini kaybetmeden ve adım almadan herhangi bir yöne istemli olarak gidebildiği maksimum mesafe olarak tanımlanır. Temel olarak kişinin destek yüzeyi sınırlarının dışına çıktığı ağırlık merkezini ne kadar iyi kontrol edebildiğini gösterir. Test sırasında denge sisteminin platformu sabittir ve bireyin platforma çıplak ayakla çıkması ve test boyunca yandaki barlara tutunmaması istenir. Testten önce bireyin platform üzerindeki ayak pozisyonu bilgisi cihaza harf, sayı ve derece olarak girilir. Kişiler kendi ağırlık merkezlerini ekranda siyah nokta olarak görür. Test gerçekleşirken ayakların yerden kesilmemesi, dizlerin bükülmemesi ve siyah noktayı istenen yöne hareket ettirmek için gövde hareketlerinin kullanılması gerektiği anlatılır. Testte farklı yönlerde sekiz (ön, arka, sağ, sol, sağ-ön, sol-ön, sağ-arka, sol-arka) ve ortada bir olmak üzere ekranda görülen dokuz hedef vardır. Testte ortadaki hedeften başlanır, sonrasında diğer hedefler rasgele yanıp söner (Şekil 2). Kişi ağırlık merkezini temsil eden siyah noktayı yanıp sönen hedeflere en kısa sürede ve en az sapma ile yönelerek testi tamamlamaya çalışır. Test üç tekrarlı yapılıp ve ortalama skor kaydedilir. Test skoru ile nöromusküler kontrol doğru orantılı olduğundan yüksek skor daha iyi dengeyi gösterir.

Biodex Denge Sistemi'nin statik ve dinamik dengeyi ölçmede geçerli ve güvenilir olduğu gösterilmiştir (15, 16).



Şekil 2. Kararlılık Sınırları Testi Ekranı (Biodex Denge Sistemi) Limits of Stability Testing: Kararlılık Sınırları Testi, Test Trial Time (0:20): Test Deneme Süresi (0:20), Platform Setting (8): Platform Ayarı (8), Stance (Both): Duruş (Her ikisi), Skill Level: Beceri Düzeyi, Score (1.7): Skor (1.7), Tracing (OFF): Takip (KAPALI), Clear Tracing: Takibi Temizle, Press START to Release Platform: Platformu Serbestleştirmek için BAŞLATMA'ya Basın. Back: Geri, More Options: Daha Fazla Seçenek, Home: Anasayfa

Ayak Bileği Hareket Açıklığı

Ayak bileği eklemının hareket açıklığı olarak dorsifleksiyon hareket açıklığı baz alındı ve Ayak Yerde Öne Hamle (AYÖH) testi ile değerlendirildi. Testte ilk olarak hasta duvar karşısında ayakta pozisyonlandı. Ölçülecek ayağın ikinci parmağı ve topuk ile dizin orta noktası duvara dik olacak şekilde ayarlandı. Ardından hastadan topuğunu yerden kaldırmadan öne hamle yaparak dizini duvara değdirmesi istendi. Hastanın topuğunu kaldırmadan dizini duvara değdirebildiği en uzak mesafe belirlendi. İkinci parmağın ucu ile duvar arasındaki mesafe cm cinsinden ölçüldü. Üç deneme yapıldı ve ortalama değer analiz için kaydedildi. AYÖH testi DFHA'yı ölçmede geçerli ve güvenilir bir testtir (17).

Dorsifleksör Kas Kuvveti

Dorsifleksör (DF) kas kuvveti, elle tutulur dinamometre (Lafayette Hand Held Dynamometer, Model 01165) ile ölçüldü. Hastadan yerden 100 cm yüksekte olan yatağa oturması ve kalça ve diz eklemi 90 derece olacak biçimde ayaklarını sarkıtması istendi. Testten önce hem ısınma hem de hastaya hareketi öğretme amacıyla birkaç kez dirençsiz olarak ayak bileği dorsifleksiyonu hareketi yaptırıldı. Ardından hastadan ayak bileğini yapabildiği en üst sınıra kadar dorsifleksiyona getirmesi ve bu açıda tutması istendi. Bu pozisyonda elle tutulur dinamometre metatars başlarının dorsaline gelecek şekilde yerleştirildi ve hastadan kas gücünü dereceli olarak maksimuma kadar artırması ve dinamometreye karşı en az 6 saniye tutması istendi. Üç ölçüm yapıldı, ölçümler arasında ikişer dakikalık dinlenmeler verildi. Üç ölçümün en yüksek değeri analiz için kg cinsinden kaydedildi. Elle tutulur dinamometrenin dorsifleksör kas kuvvetini ölçmede geçerli ve güvenilir olduğu gösterilmiştir (18).

Demografik ve Klinik Özellikler

Bireylerin yaşı, cinsi, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, beden kütle indeksi (BKİ), dominant alt ekstremitesi ve özgeçmişine ait bilgiler sorgulanıp veri kayıt formuna kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin analizi için "IBM SPSS 25.0 for Windows (International Business Machines Statistical Package for the Social Sciences Inc; Chicago, IL, ABD)" programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğunun tespiti için "Shapiro Wilk Testi" kullanıldı. Bazı verilerde normal dağılım görülmediği için parametrik olmayan testler uygulandı. Sayısal veriler ortanca, minimum ve maksimum değerler ve çeyrekler arası uzaklık ile ifade edildi. Kategorik veriler n (%) şeklinde gösterildi. Ölçülen parametreler arası ilişki düzeyini belirlemede Spearman korelasyon analizi kullanıldı. Korelasyon katsayıları; 0-0,19=çok düşük, 0,20-0,39=düşük, 0,40-0,69=orta, 0,70-0,89=yüksek, 0,90-1,0=çok yüksek korelasyon olarak yorumlandı (19). Çok değişkenli doğrusal regresyon modelleri kullanılarak farklı prediktörlerin statik ve dinamik denge üzerindeki bağımsız etkileri ayrı ayrı incelendi. Model uyumu gerekli rezidüel ve uyum istatistikleri kullanılarak incelendi. Tüm analizlerde p<0,05 (iki yönlü) değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

110 genç erişkin çalışma için tarandı. Alınma ve dışlanma kriterlerine uymayan 16 birey çalışmadan çıkarıldı. Toplamda 94 birey çalışmaya alındı. Bireylerin %52,1'i kadın (n=49), %47,9'u erkekti (n=45). Bireylerin %85,1'i (n=80) sağ dominant, %14,9'u (n=14) sol dominant alt ekstremiteye sahipti. Bireylerin yaş ortancası (min-maks) 22 (19-28), BKİ ortancası 22,3 (16,5-32,1) idi. BKİ'ye göre bireylerin ikisi zayıf, 71'i normal, 18'i hafif şişman, üçü ise birinci derece obezdi. Bireylerin demografik ve klinik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bireylerin demografik ve klinik özellikleri

	Median (min – maks)	Çeyrekler arası uzaklık
Yaş (yıl)	22,0 (19,0 – 28,0)	2,0
BKİ (kg/m ²)	22,3 (16,5 – 32,1)	3,8
AYÖH, sol (cm)	14,0 (7,0 – 34,6)	4,1
AYÖH, sağ (cm)	14,0 (7,5 – 30,6)	4,5
DF kas kuvveti, sol (kg)	28,6 (13,5 – 47,0)	11,7
DF kas kuvveti, sağ (kg)	29,0 (14,0 – 48,6)	9,9
GA-SZ Sİ	0,32 (0,16 – 0,76)	0,13
GK-SZ Sİ	0,74 (0,36 – 2,06)	0,43
GA-YZ Sİ	0,65 (0,00 – 1,51)	0,20
GK-YZ Sİ	2,21 (1,10 – 5,78)	0,59
KST skoru	52,0 (22,0 – 79,0)	13,5

BKİ Beden Kütle İndeksi, AYÖH Ayak yerde öne hamle, DF Dorsifleksör, GA-SZ Sİ Gözler Açık Sert Zemin Salınım İndeksi, GK-SZ Sİ Gözler Kapalı Sert Zemin Salınım İndeksi, GA-YZ Sİ Gözler Açık Yumuşak Zemin Salınım İndeksi, GK-YZ Sİ Gözler Kapalı Yumuşak Zemin Salınım İndeksi, KST Kararlılık Sınırları Testi

Tablo 2. Bireylerin değerlendirme parametreleri arasındaki ilişki

	BKİ	AYÖH, sol	AYÖH, sağ	DF kas kuvveti, sol	DF kas kuvveti, sağ	GA-SZ Sİ	GK-SZ Sİ	GA-YZ Sİ	GK-YZ Sİ	KST skoru
Yaş	r=0,127 p=0,221	r=0,077 p=0,460	r=0,082 p=0,433	r=0,044 p=0,674	r=-0,006 p=0,952	r=-0,136 p=0,190	r=0,051 p=0,623	r=0,153 p=0,142	r=-0,199 p=0,055	r=-0,055 p=0,598
BKİ	-	r=0,214 p=0,038*	r=0,209 p=0,043*	r=0,276 p=0,007*	r=0,368 p<0,001*	r=0,022 p=0,835	r=0,151 p=0,147	r=0,035 p=0,741	r=-0,148 p=0,155	r=0,018 p=0,863
AYÖH, sol	-	-	r=0,941 p<0,001*	r=0,119 p=0,253	r=0,177 p=0,089	r=-0,001 p=0,995	r=0,212 p=0,040*	r=-0,023 p=0,823	r=0,079 p=0,447	r=0,092 p=0,377
AYÖH, sağ	-	-	-	r=0,157 p=0,131	r=0,193 p=0,063	r=-0,007 p=0,946	r=0,158 p=0,129	r=0,048 p=0,646	r=0,067 p=0,520	r=0,089 p=0,393
DF kas kuvveti, sol	-	-	-	-	r=0,901 p<0,001*	r=-0,123 p=0,239	r=0,021 p=0,843	r=-0,117 p=0,262	r=-0,159 p=0,125	r=-0,090 p=0,390
DF kas kuvveti, sağ	-	-	-	-	-	r=-0,098 p=0,348	r=0,024 p=0,815	r=-0,093 p=0,372	r=-0,129 p=0,215	r=0,103 p=0,323
GA-SZ Sİ	-	-	-	-	-	-	r=0,378 p<0,001*	r=0,276 p=0,007*	r=0,035 p=0,737	r=-0,090 p=0,390
GK-SZ Sİ	-	-	-	-	-	-	-	r=0,188 p=0,069	r=0,160 p=0,006*	r=-0,184 p=0,076
GA-YZ Sİ	-	-	-	-	-	-	-	-	r=0,088 p=0,401	r=-0,134 p=0,199
GK-YZ Sİ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r=-0,087 p=0,402
KST skoru	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BKİ Beden Kütle İndeksi, AYÖH Ayak yerde öne hamle, DF Dorsifleksör, Sİ, GA-SZ Sİ Gözler Açık Sert Zemin Salınım İndeksi, GK-SZ Sİ Gözler Kapalı Sert Zemin Salınım İndeksi, GA-YZ Sİ Gözler Açık Yumuşak Zemin Salınım İndeksi, GK-YZ Sİ Gözler Kapalı Yumuşak Zemin Salınım İndeksi, KST Kararlılık Sınırları Testi, *p<0,05, Spearman Korelasyon Analizi.

Bireylerin BKİ ile sağ AYÖH, sol AYÖH, sağ DF kas kuvveti ve sol DF kas kuvveti arasında pozitif yönde, düşük güçte anlamlı ilişkilerin olduğu görüldü. Dorsifleksiyon hareket açıklığı sonuçlarından sol AYÖH, GK-SZ Sİ ile pozitif yönde, düşük güçte anlamlı korelasyon gösterdi. Dinamik denge ölçümü olan KST skoru ile ise hiçbir değişken arasında anlamlı ilişki tespit edilmedi. Bireylerin değerlendirme parametreleri arasındaki ilişki Tablo 2'de gösterilmiştir.

Doğrusal regresyon modeli, statik denge için elde edilen dört koşuldan yalnızca GA-SZ Sİ değeri için oluşturulabildi. Bağımlı değişkenin GA-SZ Sİ olduğu modelde prediktör değişkenleri ise BKİ, sol AYÖH, sağ AYÖH, sol DF kas kuvveti ve sağ DF kas kuvveti olarak analiz gerçekleştirildi. Backward yöntemi seçilerek yapılan analiz sonrası beş basamaklı model oluştu. Son basamakta GA-SZ Sİ'nin anlamlı prediktörü olarak yalnızca sol DF kas kuvveti değişkeni bulundu (p=0,047). Sol DF kas kuvveti, GA-SZ Sİ'deki varyasyonun %4'ünü açıklamaktaydı. Sonuç olarak elde edilen regresyon denklemi:

GA-SZ Sİ=0,434-0,03 x sol DF kas kuvveti olarak belirlendi (Tablo 3).

Tablo 3. GA-SZ Sİ için doğrusal regresyon analizi

Değişkenler	R	R ²	Regresyon Katsayısı (B)	Standardize regresyon katsayısı (Beta)	p
Sabit			0,434		<0,001
DF kas kuvveti, sol (kg)	0,206	0,042	-0,03	-0,206	0,047

GA-SZ Sİ Gözler Açık Sert Zemin Salınım İndeksi, DF Dorsifleksör

Dinamik denge için oluşturulan doğrusal regresyon modelinde ise bağımlı değişken KST skoru, prediktör değişkenleri ise BKİ, sol AYÖH, sağ AYÖH, sol DF kas kuvveti ve sağ DF kas kuvveti olarak analiz gerçekleştirildi. Backward yöntemi seçilerek yapılan analiz sonrası altı basamaklı model oluşturu ancak modele dahil edilen hiçbir parametre son basamakta anlamlı prediktör olarak yer almadı.

Tartışma

Çalışmanın sonuçlarına göre genç erişkinlerde dorsifleksiyon hareket açıklığı ile gözler açık sert zemin statik denge arasında ters yönde anlamlı ilişki olduğu bulunmuştur. Dinamik denge parametreleri ile ise hem dorsifleksiyon hareket açıklığı hem de dorsifleksör kas kuvveti arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır. Oluşturulan regresyon analizinde statik dengenin tek belirleyicisinin sol dorsifleksör kas kuvveti olduğu görülmüş, ancak kas kuvvetinin statik dengedeki varyasyonun %4'ü gibi çok düşük bir kısmını açıkladığı dikkat çekmiştir. Ayrıca BKİ ile eklem hareket açıklığı ve kas kuvveti arasında anlamlı ilişki olduğu belirlenmiştir.

Literatürde sağlıklı bireylerde ayak bileği eklem hareket açıklığı ile denge arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların çoğunun geriatrik bireylerde yapıldığı göze çarpmaktadır. Çünkü bazı çalışmalar yaşlı bireylerde ayak bileği çevresindeki bağların kısılmasına bağlı olarak dorsifleksiyonun kısıtlandığını ve bunun da denge yeteneğini azalttığını öne sürmektedir (1, 10, 20, 21). Ancak sonuçlar hala tartışmalıdır. Spink ve ark. dorsifleksiyon açıklığı ile statik denge arasında anlamlı ilişki olmadığını bildirmişlerdir (7). Bok ve ark. ise yaşlı bireylerde ayak bileği açıklığı ile denge yeteneği arasında negatif yönde ilişki olduğunu bulmuş, dorsifleksiyon açıklığı arttıkça salınımların arttığını, yani dengenin kötüleştiğini bildirmişlerdir (22). Öte yandan Mecagni ve ark. ise 65-87 yaş arasındaki kadınlarda ayak bileği açıklıkları ile denge yeteneği arasındaki ilişkileri araştırmış, denge ile en güçlü korelasyonların sırasıyla inversiyon, dorsifleksiyon ve plantarfleksiyon arasında olduğunu belirtmişler ve aralarında pozitif ilişkiler bulmuşlardır (10). Yani Bok ve ark.'nın bulgusunun aksine hareket açıklıkları arttıkça denge iyileşmiştir (10).

Konu hakkında genç erişkinlerde yapılan az sayıda çalışmanın birinde dorsifleksiyon açıklığı ile statik denge arasında anlamlı ilişki olmadığı bulunmuştur (22). Kim ve ark.'nın yaptıkları çalışmada ise denge ile hem dorsifleksiyon hem de plantarfleksiyon arasındaki ilişki incelenmiş, dengenin yalnızca plantarfleksiyon açıklığı ile ilişkili olduğu ancak bu ilişkinin negatif yönlü olduğu bulunmuştur. Yani plantarfleksiyon açısı arttıkça dengenin kötüleştiği bildirilmiştir (23).

Çalışmamızda statik denge ile ayak bileği eklem hareket açıklığı arasında anlamlı ilişki olduğu görülmüştür. Gözler kapalı sert zemindeki statik denge, sol ayak dorsifleksiyon açısıyla negatif yönde ilişkili bulunmuştur. Yani dorsifleksiyon açısı arttıkça gözler kapalı statik denge azalmaktadır. Ayak bileğinde eklem hareket açıklığının fazla olması genel eklem laksitesinin bir göstergesi olabilir. Genel eklem laksitesi olan bireylerde diz ve ayak bileğindeki reseptörlerden gelen

proprioseptif sinyallerin azaldığı ve dengenin olumsuz yönde etkilendiği bilinmektedir (24-26). Eklem stabilizasyonunu zorlaştıran hipermobilité, özellikle gözü kapalı yapılan yani proprioseptif ve vestibuler sistemden gelen duysal girdiye daha fazla ihtiyaç duyan dengeyi olumsuz etkilemiş olabilir. Literatürdeki iki çalışma da bulgumuzu destekler şekilde eklem hareketinin kısıtlı olduğu durumlarda açıklık ile denge arasında pozitif ilişki olduğunu ancak hareket açıklığının çok fazla olduğu durumlarda eklem bozulan stabilizasyonu nedeniyle bu ilişkinin negatif olduğunu bildirmişlerdir (20, 21).

Öte yandan çalışmamızda statik denge ile ilişkili bulunan eklem hareket açıklığının yalnızca sol ayağın olması, ekstremite dominantlığı ile ilgili olabilir. Literatürdeki çalışmalar non-dominant ayağın statik dengede daha üstün performans gösterdiğini bildirmişlerdir (27). Çalışmamızda bireylerin çoğunun sol non-dominant (%85,1) olduğu göz önünde bulundurulduğunda, sol ayak eklem hareket açıklığının statik denge ile ilişkili bulunmuş olması literatürdeki bulgular ile örtüşmektedir.

Literatürde kas kuvveti ile denge arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmaların sonuçları yaş popülasyonuna göre farklılık göstermektedir. Yaşlı bireylerde yapılan çalışmaların sonuçlarının nispeten tutarlı olduğu görülmekte, alt ekstremite kas kuvveti ile denge yeteneğinin pozitif ilişkili olduğu bildirilmektedir (28). Yaşlılarda ayak bileği kas kuvvetinin düşük olmasının postürsal salınımları artırdığı ve dengeyi kötüleştirdiği öne sürülmektedir (28). Genç erişkinlerde yapılan az sayıda çalışmada ise farklı sonuçlar bulunmaktadır. Kim ve ark. hem plantar hem de dorsifleksör kas kuvvetinin denge yeteneği ile pozitif ilişkili olduğunu, kas kuvveti arttıkça dengenin de iyileştiğini bildirmişlerdir (23). Handrigan ve ark. da diz ekstansör kas kuvvetinin statik denge üzerinde minimal etkisi olduğunu bulmuşlardır (29). Öte yandan Muehlbauer ve ark.'nın yaptığı çalışmada kas kuvveti ile statik ve dinamik denge arasında anlamlı ilişki olmadığı görülmüştür (30). 2015 yılında yapılan bir sistematik derlemede de tüm yaş grupları için alt ekstremite kas kuvveti ile statik ve dinamik denge arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu sistematik derlemede alt ekstremite kas kuvveti tanımı için özel bir kas ya da kas grubu seçilmemiş, çalışmaların primer ölçüt olarak bildirdiği kas kuvveti analize alınmıştır. Çalışmanın sonucuna göre genç erişkinlerde alt ekstremite kas kuvveti ile denge arasındaki korelasyonların zayıf olduğu bu nedenle bu nöromusküler bileşenlerin birbirinden bağımsız olarak ele alınması gerektiği bildirilmiştir (31). Çalışmamızda da dorsifleksör kas kuvveti ile hem statik hem de dinamik denge arasında anlamlı ilişki olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlardan yola çıkarak yaşlılar gibi kas kuvvetinin göreceli olarak düşük olduğu bireylerde kuvvet ile denge ilişkili iken, genç erişkinler gibi kas kuvvetinin normal olduğu bireylerde bu iki değişkenin çok da ilişkili olmadığı düşünülebilir.

Çalışmamızda statik dengeyi belirleyen faktörlerin tespiti için yapılan regresyon analizinde yalnızca gözler açık sert zemin denge için model oluşturulabilmiş ve bu koşuldaki dengenin tek belirleyicisinin sol DF kas kuvveti olduğu bulunmuştur. Bu bulgu aslında korelasyon analizi sonuçlarımızla çelişmektedir.

Nitekim kas kuvveti ile statik denge arasında anlamlı ilişki olmadığı görülmüştür. Ancak kas kuvveti prediktör değişkeni, etkisinin az olacağı tahmin edilse de, yine de regresyon modeline katılmıştır. Sonuç beklenildiği gibidir. Sol DF kas kuvveti statik dengedeki varyasyonun yalnızca %4'ü gibi oldukça düşük bir oranını açıklamıştır. Bu sebeplerle, Muehlbauer ve ark.'nın da önerdiği gibi, genç erişkinlerde dorsifleksör kas kuvveti ile statik dengenin birbirinden bağımsız değişkenler olarak ele alınmasının daha doğru olacağını düşünmekteyiz (31). Bu sonuç ayrıca regresyon modeline katılan faktörler dışında muhtemelen çok sayıda farklı faktörün statik dengede rol oynayabileceğini düşündürmüştür. Her ne kadar ayak bileği çevresi ile ilişkili faktörlerin dengede önemli oranda rol oynadığı bildirilse de, vizüel sistem, vestibüler sistem ve diğer bölgelerle ilişkili faktörlerin dengeyi belirlemedeki rolü göz ardı edilmemelidir (6, 7).

Literatürde BKİ ile denge arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmaların sonuçları çelişkilidir. İki çalışma BKİ ile dinamik dengenin ilişkili olduğunu (32), yüksek BKİ'nin postüral dengeyi sağlamayı zorlaştırdığını bulmuşlardır (32, 33). Benzer biçimde Hue ve ark. da BKİ'si 17,4 ile 63,8 kg/m² arasında değişen 59 erkek ile yaptıkları çalışmada vücut ağırlığının dengenin güçlü bir prediktörü olduğunu, vücut ağırlığındaki artışın dengedeki azalmayla güçlü korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (34). Öte yandan Handrigan ve ark. obezitenin statik dengeyi azalttığı, düşme riski ve düşmeye bağlı yaralanma riskini artırdığı öne sürülmesine rağmen bu bulguların obezite ile doğrudan ilişkili olmadığını vurgulamıştır (29). Çalışmamızda da BKİ ile statik ve dinamik denge arasında ilişki olmadığı görülmüştür. Bulgularımıza benzer şekilde, Hergenroeder ve ark. 120 geriatric bireyle yaptıkları çalışmada bireyleri BKİ'ye göre dört gruba (normal, hafif şişman, obez, ciddi obez) ayırmışlar, ancak gruplar arasında denge açısından fark olmadığını bildirmişlerdir (35). Çalışmamızda BKİ ile eklem hareket açıklığı ve kas kuvveti arasında düşük güçte, pozitif yönde ilişki olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle BKİ arttıkça dorsifleksiyon açıklığı ve dorsifleksör kas kuvveti de artmaktadır. Ancak çalışmamızdaki bireylerin BKİ'si 16,5–32,1 gibi nispeten dar bir aralıkta olduğundan ve birinci derece (30<BKİ<35) obez kategorisinde yalnızca üç birey bulunduğu için BKİ ile ilgili sonuçlarımızın genel popülasyona uyarlanmaması gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalar, ikinci ve üçüncü derece obez genç erişkinleri de değerlendirip BKİ ile denge, eklem hareket açıklığı ve kas kuvveti arasındaki ilişkiyi daha net ortaya koyabilir.

Çalışmamızda statik ve dinamik dengeyi değerlendirmede altın standart olarak kabul edilen bilgisayar destekli denge cihazı ile ölçümlerin yapılmış olması, çalışmanın güçlü yanlarından biridir. Bir diğer güçlü yanı ise bireylerin ölçümlerinin her günün aynı saat diliminde, sıcaklığı sabitlenmiş aynı laboratuvarında, aynı araştırmacı tarafından yapılmış olmasıdır. Böylece çevresel faktörler ve ölçen kişi ile ilgili faktörlerin ölçümler üzerindeki etkisi en aza indirgenmiştir. Ayrıca çalışmamız, bildiğimiz kadarıyla, sağlıklı genç erişkinlerde hem statik hem de dinamik dengeyi belirleyen ayak bileği ile ilgili faktörleri inceleyen ilk çalışmadır.

Ayak bileği çevresindeki reseptörlerden gelen proprioseptif duyunun denge üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (6). Çalışmamızda ise eklem hareket açıklığı değerlendirilmesine rağmen yeniden pozisyonlama hatası gibi testler kullanılarak proprioseptif duyunun değerlendirilmemiş olması, çalışmanın zayıf yanlarından biridir. Çalışmada, literatürdeki çoğu çalışmacının uyguladığı yöntemlerden ve denge ile öne sürülen olası ilişkilerinden köken alınarak dorsifleksiyon hareket açıklığı ve dorsifleksör kas kuvveti değerlendirilmiştir. Ancak bunun yanında plantarfleksör, invertör ve evertör açıklıklar ve kuvvetler de değerlendirilmiş olsaydı, denge ile olan ilişkiler daha kapsamlı analiz edilebilirdi. Çalışmanın bir diğer kısıtlılığı ise genel eklem laksitesi ya da hipermobilitenin değerlendirilmemiş olmasıdır. Beighton-Horan Eklem mobilite indeksi gibi ölçekler kullanılarak eklem laksitesinin değerlendirilmesi, sonuçların daha nesnel yorumlanması için faydalı olabilirdi.

Sonuç

Genç erişkinlerde dorsifleksiyon hareket açıklığı ile gözler açık sert zemin statik denge arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulunmaktadır. Hareket açıklığının fazla olmasının nedeni eklem laksitesi olabileceğinden, bu bireylerde ayak bileği stabilizasyonunu artırmaya yönelik fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları statik dengeyi artırmada etkili olabilir. Öte yandan statik denge gerektiren aktiviteleri sık yapan genç erişkinlerde dorsifleksiyon açıklığını artırma olasılığı olan fizyoterapi yaklaşımları daha dikkatli uygulanmalıdır. Çalışmada dinamik denge ile ise hem ayak bileği hareket açıklığı hem de kas kuvveti arasında ilişki olmadığı görülmüştür. Regresyon analizi sonuçlarına göre statik dengenin tek belirleyicisinin sol dorsifleksör kas kuvveti olduğu belirlenmiş, ancak kas kuvvetinin statik dengedeki varyasyonun %4'ü gibi çok düşük bir kısmını açıkladığı dikkat çekmiştir.

Kaynaklar

1. Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther.* 1987;67(12):1881-5.
2. Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: foundations and techniques*, 6. baskı, Philadelphia: F.A. Davis; 2017.
3. Balci B, Soysal Tomruk M. Denge Eğitimi. In: Gelecek N, editor. *Terapatik Egzersiz Güncel Yaklaşımlar*. İzmir: O'Tıp Kitabevi; 2016. p. 203-21.
4. Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *J Physiol*, 1999;514(3):915-28.
5. Shumway-Cook A, Wollacott MH. *Motor Control: Theory and Practical Applications*, 2. baskı. Baltimore: Williams and Wilkins Inc.; 2001.
6. Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. *Biomed Res Int*, 2015:842-4.
7. Spink MJ, Fotohbabadi MR, Wee E, Hill KD, Lord SR, Menz HB. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in

- older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 2011;92(1):68-75.
8. Pope R, Herbert R, Kirwan J. Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in army recruits. *Aust J Physiother*, 1998;44(3):165-172.
 9. Khanuja K, Joki J, Bachmann G, ve ark. Gait and balance in the aging population: fall prevention using innovation and technology. *Maturitas*, 2018;110:51-6.
 10. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, O'Sullivan SB. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther*, 2000;80(10):1004-11.
 11. Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol*, 1991;46(3):69-76.
 12. Aoyama M, Suzuki Y, Onishi J, Kuzuya M. Physical and functional factors in activities of daily living that predict falls in community-dwelling older women. *Geriatr Gerontol Int*, 2011;11(3):348-57.
 13. Park YH, Park SH, Kim SH, Choi GW, Kim HJ. Relationship between isokinetic muscle strength and functional tests in chronic ankle instability. *J Foot Ankle Surg*, 2019;58(6):1187-1191.
 14. Terada M, Harkey MS, Wells AM, Pietrosimone BG, Gribble PA. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability. *Gait Posture*, 2014;40(1):193-7.
 15. Sherafat S, Salavati M, Takamjani E, Akhbari B, Mohammadirad S, Mazaheri M ve ark. Intrasession and intersession reliability of postural control in participants with and without nonspecific low back pain using the Biodex Balance System. *J Manipulative Physiol Ther*, 2013;36(2):111-8.
 16. Pickerill ML ve Harter RA. Validity and reliability of limits-of-stability testing: a comparison of 2 postural stability evaluation devices. *J Athl Train*, 2011;46(6):600-6.
 17. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Man Ther*, 2015;20(4):524-32.
 18. Kimura M, Ogata Y, Akebi T, Ochi M, Hachisuka K, Saeki S. Development and reliability of a hand-held dynamometer device to measure the ankle dorsiflexor muscle strength. *J Rehabil Assist Technol Eng*, 2018;5:205-16.
 19. Streiner DL, Norman GR, Cairney J. Health measurement scales: a practical guide to their development and use, 5. baskı. Oxford: Oxford University Press; 2015.
 20. Gajdosik RL, Vander Linden DW, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women. *Phys Ther*, 1999;79(9):827-38.
 21. Loram ID, Maganaris CN, Lakie M. The passive, human calf muscles in relation to standing: the non-linear decrease from short range to long range stiffness. *J Physiol*, 2007;584(2):661-75.
 22. Bok SK, Lee TH, Lee SS. The effects of changes of ankle strength and range of motion according to aging on balance. *Ann Rehabil Med*, 2013;37(1):10-6.
 23. Kim SG ve Kim WS. Effect of ankle range of motion (ROM) and lower-extremity muscle strength on static balance control ability in young adults: a regression analysis. *Med Sci Monit*, 2018;24:3168-75.
 24. Sahin N, Baskent A, Cakmak A, Salli A, Ugurlu H, Berker E. Evaluation of knee proprioception and effects of proprioception exercise in patients with benign joint hypermobility syndrome. *Rheumatol Int*, 2008;28(10):995-1000.
 25. Ferrell WR, Tennant N, Sturrock RD, Ashton L, Creed G, Brydson G ve ark. Amelioration of symptoms by enhancement of proprioception in patients with joint hypermobility syndrome. *Arthritis Rheum*, 2004;50(10):3323-8.
 26. Miller HN, Rice PE, Felpel ZJ, Stirling AM, Bengtson EN, Needle AR. Influence of mirror feedback and ankle joint laxity on dynamic balance in trained ballet dancers. *J Dance Med Sci*, 2018;22(4):184-191.
 27. Barone R, Macaluso F, Traina M, Leonardi V, Farina F, Di Felice V. Soccer players have a better standing balance in nondominant one-legged stance. *Open Access J Sports Med*, 2010;2:1-6.
 28. Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC ve ark. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture*, 2003;18(2):101-8.
 29. Handrigan GA, Berrigan F, Hue O, Simoneau M, Corbeil P, Tremblay A ve ark. The effects of muscle strength on center of pressure-based measures of postural sway in obese and heavy athletic individuals. *Gait Posture*, 2012;35(1):88-91.
 30. Muehlbauer, T., A. Gollhofer, and U. Granacher, Association of balance, strength, and power measures in young adults. *J Strength Cond Res*, 2013. 27(3): p. 582-9.
 31. Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Associations between measures of balance and lower-extremity muscle strength/power in healthy individuals across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 2015;45(12):1671-92.
 32. Greve J, Alonso A, Bordini AC, Camanho GL. Correlation between body mass index and postural balance. *Clinics (Sao Paulo)*, 2007;2(6):717-20.
 33. Southard V, Dave A, Douris P. Exploring the role of body mass index on balance reactions and gait in overweight sedentary middle-aged adults: a pilot study. *J Prim Care Community Health*, 2010;1(3):178-83.
 34. Hue O, Simoneau M, Marcotte J, Berrigan F, Dore J, Marceau P ve ark. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait Posture*, 2007;26(1):32-8.
 35. Hergenroeder AL, Wert DM, Hile ES, Studenski SA, Brach JS. Association of body mass index with self-report and performance-based measures of balance and mobility. *Phys Ther*, 2011;91(8):1223-34.