



ISSN: 2651-4451 • e-ISSN: 2651-446X

Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation

2023 34(1)55-63

Yusuf TOPAL, PT, MSc.¹
Gizem İrem KINIKLI, PT, PhD¹
Sibel BOZGEYİK, PT, PhD¹
Hande GÜNEY DENİZ, PT, PhD¹

¹ Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve
Rehabilitasyon Fakültesi

Correspondence (İletişim):

Yusuf TOPAL
Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve
Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara, Türkiye
Telefon: +90 507 945 50 91
E-posta: fztyusuftopal@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-4685-1746

Gizem İrem KINIKLI
E-posta: cguvendik@hotmail.com
ORCID: 0000-0003-1013-6393

Sibel BOZGEYİK
E-posta: sibelbozgeyikk@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4156-6900

Hande GÜNEY DENİZ
E-posta: hndgny@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8315-8465

Received: 31.10.2021 (Geliş Tarihi)
Accepted: 2.12.2022 (Kabul Tarihi)



Content of this journal is licensed under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ALT EKSTREMİTE KAS KUVVETİ, KALÇA EKLEM HAREKET AÇIKLIĞI VE SUBTALAR AÇININ DİNAMİK DENGE İLE İLİŞKİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

ÖZ

Amaç: Sağlıklı bireylerde alt ekstremitte kas kuvveti, kalça eklemi hareket açıklığı ve subtalar açının dinamik denge ile olan ilişkisini belirlemek.

Yöntem: Çalışmamıza 69 sağlıklı ve gönüllü birey (yaş=22,17±1,25 yıl; 47 kadın, 22 erkek) dahil edildi. Bireylerin dinamik dengeleri Y denge testi (YDT), alt ekstremitte kas kuvvetleri el dinamometresi, kalça eklem hareket açıklıkları ve subtalar açıları ise universal gonyometre ile değerlendirildi.

Sonuçlar: YDT ile alt ekstremitte kas kuvvetleri ve kalça eksternal rotasyon hareket açıklıkları arasında pozitif anlamlı bir ilişki vardı ($p<0,05$). Kademeli çoklu doğrusal regresyon analizi, hamstring kas kuvvetinin, dominant bacak YDT kompozit skorunun %22 varyans, non-dominant bacak YDT kompozit skorunun %32 varyans ile anlamlı ve bağımsız belirleyicisi olduğunu gösterdi.

Tartışma: Hamstring kas kuvveti, sağlıklı bireylerde dinamik dengenin bir belirleyicisi olarak bulundu. Hamstring kas kuvvetinin bilateral olarak geliştirilmesi sağlıklı bireylerde dinamik dengeye de katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Alt Ekstremitte, Hamstring Kasları, Kas Kuvveti, Postüral Denge

RELATIONSHIP OF LOWER EXTREMITY MUSCLE STRENGTH, RANGE OF HIP MOTION AND SUBTALAR ANGLE WITH DYNAMIC BALANCE

ORIGINAL ARTICLE

ABSTRACT

Purpose: To determine the relationship between lower extremity muscle strength, hip joint range of motion, and subtalar angle with dynamic balance in healthy individuals.

Methods: Sixty-nine healthy and volunteer individuals (age=22.1±1.25 years; 47 females, 22 males) were included in our study. Dynamic balances of the individuals were evaluated with the Y balance test (YBT), lower extremity muscle strengths were evaluated with a hand-held dynamometer, hip joint range of motions and subtalar angles were evaluated with a universal goniometer.

Results: There was a positive significant correlation between lower extremity muscle strength, hip external rotation range of motions and, YBT ($p<0.05$). Stepwise multiple linear regression analysis showed that hamstring muscle strength was a significant and independent predictor of the dominant leg YBT composite score with 22% of the variance and the non-dominant leg YBT composite score with 32% of the variance.

Conclusion: Hamstring muscle strength was found to be a predictor of dynamic balance in healthy individuals. Improvement of hamstring muscle strength bilaterally may also contribute to dynamic balance in healthy individuals.

Key Words: Hamstring Muscles, Lower Extremity, Muscle Strength, Postural Balance

GİRİŞ

Postüral kontrol ölçümleri, yaralanmaların önlenmesi ve rehabilitasyonda nöromusküler fonksiyon seviyelerinin belirlenmesi açısından önemli bir araçtır. Minimal hareketle bulunduğu pozisyonu koruma “statik postüral kontrol”; istenilen bir hareketi yaparken istikrarlı bir şekilde pozisyonunu koruma ise “dinamik postüral kontrol” olarak tanımlanır (1). Dinamik postürün korunması genellikle bireylerin destek yüzeyinden ödün vermeden fonksiyonel görevi tamamlamasını içerir. Dinamik postüral kontrolün sağlanması için propriosepsiyon, eklem hareket açıklığı ve kuvvetin yanı sıra sabit ve dik kalma yeteneği gereklidir (2). Dinamik postüral kontrol, sağlıklı bireylerde performansı artırmak amaçlı yapılan bir egzersiz programı sonrası yaralanma riskini azaltmak için önemli bir ölçüm olabilir (1). Zayıf bir postüral kontrol ise yaralanma riskiyle yakından ilişkilidir (3,4). Literatürde, kalça kas kuvvetleri, ayağın anatomik farklılıkları ile fonksiyonel hareketlerdeki bozukluklar ya da kalçanın internal-eksternal rotasyonlarının (İR-ER) dinamik dengeyle yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (1,5). Ayağın fonksiyonel hareketleri sırasında subtalar açıda meydana gelen supinasyon ve pronasyon hareketlerinin fonksiyonel önemi de literatürde vurgulanmıştır (6).

The Star Excursion Balance Test (SEBT) sporcuların dinamik postüral kontrol sistemlerini değerlendiren önemli bir testtir (3). SEBT birey tek bacağı üzerinde dengede iken, diğer bacağı ile 8 farklı yönde ulaşabildiği maksimum uzaklığı test eden bir testtir (1). Daha sonraları uygulama kolaylığı açısından SEBT’in sadece 3 yönünü içeren (anterior (A), posteromedial (PM), posterolateral (PL)) Y-Denge Testi (YDT) geliştirilmiştir. Nispeten ucuz, taşınabilir, kolay ve eğitim gerektirmeyen YDT ise klinikte yaralanma, yeniden yaralanma ve asimetriye bağlı riski tayin etmede oldukça etkili biçimde kullanılan bir testtir (1,7,8). Literatürde, alt ekstremitte kas kuvveti, kalça eklem hareket açıklığı ve subtalar açının YDT ile ilişkisini değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada amaç, sağlıklı bireylerde alt ekstremitte kas kuvveti, kalça eklem hareket açıklığı ve subtalar açının dinamik denge ile olan ilişkisini araştırmaktır.

YÖNTEM

Bu kesitsel çalışma, Ocak 2020-Eylül 2020 tarihleri arasında 69 sağlıklı gönüllü birey ile Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi’nde gerçekleştirildi. Çalışma için gerekli etik onay 03.12.2019 tarihinde 2019/28-37 karar numarası (GO 19/1144) ile Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’ndan alındı.

Çalışmamıza bilinen bir hastalığı olmayan, 69 (21-27 yaş aralığı) gönüllü birey (47’si kadın, 22’si erkek) dahil edildi. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri; nörolojik, sistemik romatolojik hastalığı olan; lumbal bölge, pelvik bölge ve alt ekstremitede cerrahi öyküsü bulunan ve testleri tamamlamaya engel bir hastalığı bulunan bireyler olarak belirlendi. Çalışmaya katılmadan önce bireyler çalışma hakkında bilgilendirildi ve yazılı onamları alındı. Çalışmanın güç analizi G*Power 3.1.9.2 (versiyon 3.1.9.2 Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Almanya) programıyla yapıldı. Çalışmaya, Gordon ve ark. çalışmasındaki sol kalça ER kuvveti ve sol PM uzanma arasındaki ilişki kullanılarak, 0,36 etki genişliğinde, $p < 0,05$ düzeyinde, %90 güç elde edebilmek için 63 sağlıklı gönüllü birey alınması öngörüldü (9). Çalışmayı bırakma riski %20 olarak belirlendi. Bu sebeple çalışmaya 75 birey dahil edilerek başlandı ve çalışma sırasında 6 birey farklı nedenlerle çalışma dışı bırakıldı.

Bireylerin yaş, boy, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi, alt ekstremitte dominantlığı, bacak uzunluğu gibi demografik bilgileri kaydedildi. Alt ekstremitte dominantlığı topa vurduğu ayak olarak belirlendi (10).

Y Denge Testi: YDT, dinamik dengeyi değerlendirmek için kullanılan SEBT’in sadece 3 uzanma yönünü (A, PM ve PL) içeren modifiye edilmiş biçimidir (11). Posterior uzanma yönleri, anteriorla 135° yapacak şekilde konumlandırıldı. Yere bu açılara uygun olacak şekilde belirgin bantlar çekilerek bireylerden elleri bellerinde sabit, tek bacak üzerinde diğer bacaklarıyla uzanabildikleri en iyi mesafeye uzanarak geri dönmeleri istendi. Test sırasında bireylerden yumuşak spor ayakkabı giymeleri istendi. Bireylerden 3 yöne de 6 deneme yapmaları istenerek teste alışmaları sağlandı (12). Deneme tekrarları sonrasında 1’er dk mola verildi. Test sırasında her yön için 3’er uzanma gerçekleştirilerek (aralarında 30’ar sn dinlenme) aritmetik ortalamaları “cm” cinsinden kaydedildi. Sonuçların bireylerin bacak boyu

uzunluklarından etkilenmemesi için veriler “(mesafe/ bacak uzunluğu) × 100” formülü ile normalize edildi. Bireyler sabit bacakları üzerindeki duruşu koruyamadıklarında, uzanma ayağıyla yere bastıklarında ve/veya geri dönüşte başlangıç pozisyonuna dönemediklerinde deneme iptal edilip tekrar edildi (3). Test, her 3 yön için bireylerin dominant ve non-dominant bacakları için tekrar edildi. Üç uzanma yönü dışında bunların ortalaması ((YDTA+YDTPM+YDTPL) / 3 / bacak uzunluğu × 100) alınarak YDT kompozit (Kom) skoru oluşturuldu.

Alt Ekstremitte Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi: Kuadriseps femoris, hamstring kas grubu ve kalça stabilite izometrik testi (HipSIT) ölçümleri maksimum kas kuvvetini ölçen, taşınması kolay, kullanımı basit, ucuz ve hafif olan el dinamometresi (A MicroFet 2 hand-held dynamometer (Model-01165, Lafayette Instrument Company, Lafayette IN, USA)) kullanılarak yapıldı. Çalışmaya alınan bireyler, ölçümlere başlamadan önce testin uygulanış tekniğiyle ilgili sözel olarak bilgilendirildi. Hareketin doğru yapılabilmesini sağlamak amacıyla testten önce bireylerden değerlendircinin eline doğru submaksimal kasılma yapmaları istendi. Ölçümler için izometrik kas kasılmasını gerektiren “break test” tekniği uygulandı. Break test tekniği sırasında ölçümü yapan kişi, dinamometre ile maksimum kas kuvvetini aşır ilgili eklemde kasın izometrik kasılmasını bozup gevşeme oluşuncaya kadar kuvvet uyguladı (13).

Kuadriseps femoris kas kuvveti oturma pozisyonunda (Kalça 90°, diz ise semi-fleksiyon pozisyonunda) eller göğüs üzerinde çaprazlanmış olacak şekilde ölçüldü. El dinamometresi, test sırasında ayak bileğinin ön yüzeyine yerleştirilerek ölçüm yapıldı (14).

Hamstring kas grubu kuvvet ölçümü yüzükoyun yatış pozisyonunda (Kalça nötr pozisyonu, diz fleksiyonu 90°) yapıldı. El dinamometresi, ayak bileğinin proksimal arka yüzeyine yerleştirilerek ölçüm yapıldı (15).

HipSIT testi, kalça kas gruplarının kuvvetinin, bu kasların tek tek ölçülmesine göre daha işlevsel olmasını sağlayarak daha üç boyutlu bir değerlendirme fırsatı sağlayan bir testtir (16). Bu ölçüm yöntemiyle kalça ekstansörleri, eksternal rotatörleri ve abduktörleri beraber değerlendirilebilmektedir. Bu ölçüm için bireylerden değerlendirilecek alt ekstremitte üstte olacak şekilde istirdiyde pozisyonun-

da (Kalça 45°, dizler ise 90° fleksiyonda, topuklar temas halinde), yan yatması istendi. Topukların teması bozulmadan kalça abduksiyon, ER'e alındı. El dinamometresi diz lateralinin 5 cm üstüne gelecek şekilde yerleştirilerek ölçüm yapıldı. Kalça bölgesinde farklı bir hareket ortaya çıkmaması için bölge esnek olmayan bir bantla sabitlendi (16).

Kuadriseps femoris, hamstring kas grubu ve HipSIT testinin her birinin kuvvet ölçümü için, 30 sn dinlenme aralıkları ile 3 ardışık ölçüm yapıldı ve en iyi değer kaydedildi. Ölçümler, dominant ve non-dominant alt ekstremiteler için tekrarlandı.

Kalça Eklem Hareket Açıklığının Değerlendirmesi: Çalışmada kalça İR ve ER eklem hareket açıklıkları kullanıldı. Ölçümler “universal gonyometre” kullanılarak gerçekleştirildi. Bireyler ölçümler için yüzükoyun pozisyonda, dizleri 90° fleksiyonda ve yatak kenarında olacak şekilde uzandılar. Gonyometrenin pivot noktası tuberositas tibia, hareketli kol tibia kristası olarak belirlendi. Sabit kol yere dik olacak şekilde tutularak, hareketli kol tibia kristası ile hareket ettirilerek ölçümler gerçekleştirildi. Bireylerin kalçalarında ölçüm esnasında yukarı doğru hareket açığa çıkmamasına dikkat edildi (17).

Subtalar Açının Değerlendirilmesi: Subtalar açısı, distal bacak uzun eksenini ve arka ayak uzun eksenini arasındaki açı olarak tanımlanmaktadır ve subtalar eklem pozisyonu ile ilgili bilgi vermektedir (18). Subtalar açısı, bireyler ayakta eklem üzerine vücut ağırlığı binerken ve yüzükoyun yatış pozisyonunda eklem üzerinde ağırlık olmadan “universal gonyometre” ile değerlendirildi. Eklem üzerinde vücut ağırlığı binen ölçüm, bireyler yerden yüksek bir platform üzerinde sırtı değerlendiriciye dönük şekilde ayakta dururken yapıldı. Ekleme vücut ağırlığı binmeyen ölçüm ise bireyler bir tedavi masası üzerinde ayakları masadan sarkacak şekilde yüzükoyun pozisyonda yatarken yapıldı.

İstatiksel Analiz

İstatiksel analiz ve hesaplamalar için SPSS 20.0 (IBM SPSS for Mac version, Chicago, ABD) programı kullanıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak değerlendirildi. Dominant ve non-dominant bacak ölçümleri arasındaki farkı belirlemek amacıyla normal dağılımlar için Bağımsız Örneklem t testi, normal dağılmayanlar için ise Mann-Whitney U testi kullanıldı. Korelas-

Tablo 1. Bireylerin Demografik Özellikleri

n=69	X± SS (min.- maks.)
Yaş (yıl)	22,17±1,25 (21-27)
Vücut Ağırlığı (kg)	63,52±12,55 (46-105)
Boy (m)	1,69± 0,09 (1,52-1,92)
VKİ (kg/m ²)	22,07±2,88 (16,49-29,71)
Sağ Bacak Uzunluğu (cm)	88,85±5,60 (76-101)
Sol Bacak Uzunluğu (cm)	86,82±5,64 (76-101)

X: Ortalama; SS: Standart Sapma; min.:Minimum; maks.:Maksimum; VKİ: Vücut Kütle İndeksi

yon katsayısı $r > 0.60$ ise güçlü ilişki, $r = 0,3-0,6$ arasındaysa orta düzeyde ilişki ve $r < 0,3$ ise zayıf ilişki olarak kabul edildi (19).

Bağımlı değişken YDT Kom'un en çok hangi bağımsız değişken(ler) (kalça kas kuvveti, kalça eklem hareket açıklığı, kuadriseps femoris, hamstring kas kuvveti ve subtalar açısı) tarafından "belirteç" olarak kabul edilebileceğini saptamak için doğrusal regresyon analizinin *stepwise* adımı kullanıldı. Ba-

ğımsız değişkenlerin etki oranı r^2 ve Beta değerleri ile hesaplandı. İstatistiksel yanılma olasılığı $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

SONUÇLAR

Çalışmaya 21-27 yaş aralığında (22,17±1,25 yıl) 69 birey katıldı. Bu bireylerin cinsiyet dağılımı 47 (%68) kadın, 22 (%32) erkek şeklindedir. Bireylerin 63'ü (%91) sağ, 6'sı (%9) ise sol alt ekstremitte dominantlığına sahipti. Değerlendirme sırasında 1

Tablo 2. Y Denge Testi, Kas Kuvveti ve Eklem Hareket Açıklığı Ölçümlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

	Dominant (n=69)	Non-dominant (n=69)	P
	X± SS (min.- maks.)	X± SS (min.- maks.)	
YDT Kompozit (%)	76,76 ± 7,12 (62,22-96,90)	77,72 ± 7,39 (60,77-99,61)	0,436
YDT Anterior (%)	74,02 ± 5,70 (62,96-90,70)	74,15 ± 6,68 (59,67-90,70)	0,898
YDT PM (%)	75,57 ± 10,10 (54,44-98,84)	75,70 ± 10,44 (53,16-98,84)	0,940
YDT PL (%)	80,68 ± 8,14 (62,96-101,16)	83,31 ± 8,28 (66,30-109,30)	0,063
Kuadriseps femoris (N)	226,08 ± 69,44 (105,00-383,40)	216,25 ± 68,47 (108,50-407,20)	0,422
Hamstring (N)	159,08 ± 55,96 (63,00-348,70)	153,16 ± 56,62 (53,00-316,30)	0,553
HipSIT (N)	240,97 ± 81,29 (112,00-435,90)	249,83 ± 90,17 (97,70-468,00)	0,561
Kalça İR (°)	48,57 ± 11,26 (20,00-74,00)	46,02 ± 11,22 (18,00-75,00)	0,185
Kalça ER (°)	43,15 ± 11,27 (19,00-66,00)	41,71 ± 10,71 (12,00-75,00)	0,440
Subtalar Açısı (ayakta) (°) (valgus)	5,05 ± 2,6 (1,00-13,00)	5,44 ± 3,0 (1,00-16,00)	0,415
Subtalar Açısı (yüz üstü) (°) (varus)	7,57 ± 3,94 (3,00-20,00)	7,92 ± 4,19 (2,00-20,00)	0,617

X: Ortalama; SS: Standart Sapma; YDT: Y Denge Testi; PM: Posterio-Medial; PL: Posterio-Lateral; İR: İnternal Rotasyon; ER: Eksternal Rotasyon; HipSIT: Hip Stability Isometric Test.

Tablo 3. Y Denge Testi ile Alt Ekstremitte Değişkenlerinin İlişkisi

Dominant- (n=69)				Non-Dominant (n=69)				
Dominant	YDTA	YDTPM	YDT Kom.	Non-Dominant	YDTA	YDTPM	YDTPL	YDT Kom.
Kuadriseps femoris	r 0,339 p 0,006*	0,398 0,001*	0,416 0,001*	Kuadriseps femoris	r 0,310 p 0,013*	0,465 <0,001*	0,363 0,003*	0,453 <0,001*
Hamstring	r 0,413 p 0,001*	0,432 <0,001*	0,467 <0,001*	Hamstring	r 0,536 p <0,001*	0,504 <0,001*	0,376 0,002*	0,533 <0,001*
HipSIT	r 0,446 p <0,001*	0,411 0,001*	0,440 <0,001*	HipSIT	r 0,369 p 0,003*	0,446 <0,001*	0,333 0,007*	0,462 <0,001*
Kalça İR	r -0,037 p 0,765	-0,156 0,2	-0,097 0,427	İR	r -0,185 p 0,129	-0,094 0,442	-0,16 0,189	-0,160 0,190
Kalça ER	r 0,314 p 0,009*	0,174 0,154	0,275 0,022*	ER	r 0,30 p 0,012*	0,198 0,103	0,284 0,018*	0,289 0,016*
Subtalar Açığı (Ayakta)	r -0,158 p 0,195	-0,001 0,991	0,008 0,948	Subtalar Açığı (Ayakta)	r -0,183 p 0,132	0,048 0,693	-0,027 0,824	-0,032 0,796
Subtalar Açığı (Yüzüstü)	r -0,165 p 0,176	0,026 0,834	-0,013 0,915	Subtalar Açığı (Yüzüstü)	r -0,071 p 0,559	0,011 0,931	-0,115 0,345	-0,052 0,673

*p<0,05; r: korelasyon katsayısı; n: örneklem sayısı; YDTA: Y Denge Testi Anterior; YDTPM: Y Denge Testi Postero-Medial; YDTPL: Y Denge Testi Postero-Lateral; Kom.: Kompozit skor; HipSIT: Hip Stability Isometric Test; İR: İnternal Rotasyon; ER:Eksternal Rotasyon

Tablo 4. Doğrusal Regresyon Analizi (Stepwise)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	p
	B	SH	Beta		
1	Constant	67,036	2,194	30,560	<0,001
	Hamstring Non-dominant	0,072	0,013	0,561	5,339
2	Constant	67,365	2,428	27,740	<0,001
	Hamstring Dominant	0,060	0,014	0,467	4,156

a. Bağımlı Değişken: YDT Kom: Y Denge Testi Kompozit Skoru;

b. Bağımsız Değişkenler: HipSIT, Kuadriseps Femoris ve Hamstring Kas Kuvveti, Kalça İnternal Rotasyonu, Kalça Eksternal Rotasyonu, Ayakta Subtalar Açığı, Yüzüstü Subtalar Açığı.

c. Belirteç(ler): Constant, Hamstring (Non-dominant/Dominant)

*p<0,05, Model 1: r=0,561; R²=0,315; adjusted R²: 0,304 (F=28,504). B: Standart olmayan regresyon katsayısı; SH: standart hata, Model 2: r=0,467; R²=0,218; adjusted R²: 0,205 (F=17,274)

kişi iş sebebiyle değerlendirmeyi tamamlayamadı, 5 kişi ise analiz için gerekli verilerdeki eksiklik sebebiyle analize dahil edilmedi. Çalışmaya katılan bireylerin tamamı için ayakta subtalar açıları valgus, yüzükoyun pozisyonundaki açıları varus yönündeydi. Bireylerin demografik bilgileri Tablo 1'de gösterildi.

Dominant ve non-dominant bacak üzerinde yapılan kas kuvveti ve eklem hareket açıklığı ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2'de gösterildi (p<0,05).

YDT ile kalça kas kuvveti, kalça eklem hareket açıklığı, kuadriseps femoris, hamstring kas kuvveti ve subtalar açının ilişkisi Tablo 3'te verildi. YDT ile iliş-

kili olan değişkenler içerisinde kademeli doğrusal regresyon analizi sonucunda en önemli belirtecin hamstring kas kuvveti olduğu bulundu (Tablo 4). Buna göre hamstring kas kuvveti, dominant bacak YDT Kom skorunun %22, non-dominant bacak YDT Kom skorunun %32 oranında bir göstergesi olarak bulundu.

TARTIŞMA

Sağlıklı bireylerde alt ekstremitte kas kuvveti, kalça eklem hareket açıklığı, kuadriseps femoris, hamstring kas kuvveti ve subtalar açının YDT ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla planladığımız bu çalışmanın sonucunda, hamstring kas kuvvetinin

YDT'nin en önemli belirteci olduğu bulundu. Hamstring kas kuvveti, dominant bacak YDT Kom skorunu %22, non-dominant bacak YDT Kom skorunu ise %32 oranında tahmin edebilmektedir. Ayrıca, Y denge testinin, kuadriseps femoris kas kuvveti, HipSIT testi ve kalça ER'i ile ilişkili olduğu ancak kalça İR'i, ayakta ve yüzükoyun pozisyonunda ölçülen subtalar açısı ile ilişkili olmadığı bulundu.

Literatürde YDT'de dominant, non-dominant ya da sağ-sol bacak arasında fark olmadığını belirten çalışmalar mevcuttur (2, 20, 21). Shimwell ve ark., 20 erkek amatör koşucu üzerinde YDT, diz ekstansör, kalça dinamik kas kuvvetini inceledikleri çalışmalarında, bireylerin dominant ve non-dominant bacak YDT sonuçları ile diz ekstansör ve kalça dinamik kas kuvvetleri arasında bir fark olmadığını bildirmişlerdir (20). Gribble ve ark., SEBT'in ayak yapısı, kişinin boyu, bacak uzunluğu ve eklem hareket açıklığından etkilenip etkilenmediğini incelemek için yaptıkları çalışmalarında; SEBT değerinde sağ ve sol bacaklar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmadıkları için iki bacağın ortalama değerlerini kullandıklarını belirtmişlerdir (2). Bizim çalışmamızda da sağlıklı bireylerin YDT'nin 4 parametresinde, kas kuvvetleri ve eklem hareket açıklıkları açısından dominant ve non-dominant bacak arasında fark yoktu. Plisky ve ark. basketbol oyuncularını inceledikleri çalışmalarında SEBT'in anterior uzanma yönünde her iki bacak arasında fark 4 cm ve fazla olduğunda, azalmış sağ anterior, bilateral PL ve PM ve Kom skorlarının yaralanma riskini yüksek bir oranda tahmin edilebildiğini belirtmişlerdir (3).

Kesilmiş ve ark., yaş grubu 12-14 yıl olan bireylerde, dinamik dengeyi sadece tek ayak ve çift ayak üstünde duruşta, kas kuvvet ölçümlerini de bizden farklı şekilde "make test" tekniği ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda bizim çalışmamızdan farklı olarak kuadriseps femoris ve hamstring kas kuvvetleri ile dinamik denge arasında ilişki olmadığını bildirmişlerdir (22). Literatürde YDT ile kuadriseps femoris ve hamstring kas kuvveti arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda da birbirinden farklı görüşler bulunmaktadır (23-26). Clagg ve ark. ön çapraz bağ tamiri geçiren bireylerde spora dönüş kriterlerini tamamlamaları ardından yapılan YDT değerlendirmelerinde, etkilenmiş bacakta izokinetik dinamometre ile ölçülen kuadriseps femoris ve hamstring kas kuvvetinin PL uzanma ile ilişkili,

anterior uzanma ile ilişkili olmadığını belirtmişlerdir (23). Shimwell ve ark. erkek amatör koşucuların modifiye SEBT sadece PL ile kuadriseps femoris arasında istatistiksel olarak anlamsız bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir ($r=0,52$, $p=0,38$). Anterior ve PM uzanım sonuçları ile kuadriseps femoris ve kalça abduktör kas kuvveti arasında bir ilişki olmadığını belirtmişlerdir (20). Çalışmamızda kas kuvvet ölçümü el dinamometresiyle "break test" tekniği kullanılarak yapılmıştır. Clagg ve ark. (23) kas kuvvet ölçümü için izokinetik dinamometre, Shimwell ve ark. (20) ise el dinamometresi kullanmalarına rağmen bunu bireylerin bacaklarına bağlayarak kendi izometrik kontraksiyonlarını kullanmışlardır. Bu yönüyle, bu çalışmaların kas kuvvet ölçüm yöntemleri çalışmamızdan farklıdır. Lee ve ark. ise 45-80 yaş arası sağlıklı kadın bireylerde YDT'nin 3 yönü ile diz fleksiyon ve kalça ekstansiyon kuvvetinin ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (24). Lee ve ark., YDT sırasında bireylerin dengelerini korumak için öne ve arkaya doğru eğildiklerini ve diz fleksörlerinin gövde hareketine direnmek için eksentrik kasılması gerektiğini, bu şekilde vücut salınımı ileriden geriye doğru geldiğinde diz fleksörlerinin daha yüksek YDT mesafesine katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir (24). Fakat, bu çalışmadaki bireylerin yaş ortalamaları (65,73) bizim çalışmamızdaki bireylere (22,17) göre daha yüksekti.

Myers ve ark. ön çapraz bağ tamiri sonrası etkilenen bacakta YDT'nin 3 yönünün de diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetleri ile ilişki olduğunu, etkilenmeyen bacakta ise sadece diz fleksiyon kuvvetinin bu 3 YDT yönünün hepsiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (25). Robinson ve ark. antero-medial ve antero-lateral yönlerde uzanmada diz fleksiyon açısının en güçlü belirteç olduğunu belirtmişlerdir (26). Gribble ve ark. SEBT sırasında kadınların daha fazla diz fleksiyon açısı kullandıklarını belirtmişlerdir (1). Çalışmaların sonuçları, kadın bireylerin çoğunlukta olduğu çalışmamızda, hamstring kas kuvvetinin YDT'nin en önemli belirteci olduğu sonucunu desteklemektedir. YDT'nin her 3 yönü için bireylerin hamstring kasının konsentrik kasılmasının gövdenin hareketi yardımıyla diz fleksiyon miktarını artırarak en iyi uzanmayı sağladığı, geri dönerken de eksentrik kasılarak duruş pozisyonu stabilize ettiğini düşünmekteyiz. Literatürde dominant ve non-dominant bacağın, tek bacak üzerinde denge sırasında postüral kontrol için optimal kont-

rol geri-bildirim teorisinden beslenen, farklı hareket stratejileri izlediği belirtilmektedir (27,28). Literatürdeki bu bilgiler, çalışmamızdaki hamstring kas kuvvetinin non-dominant bacakta, dominant bacağına göre daha güçlü bir belirteç olarak görülmesi durumunun bir açıklaması olabilir. Aynı zamanda kuadriseps femoris kas kuvveti YDT'nin 4 parametresi ile ilişkilidir. Fakat, diz ekstansiyon kuvveti, en iyi uzanma ve dönüş için hamstring kas kuvvetine yardım etmesine ve sonuçlarda YDT ile ilişkili olduğu görünmesine rağmen; bu durum regresyon analizine yansımamıştır. Bu sonucun kuadriseps femoris kasının zayıflığı durumunda, sağlıklı bireylerin bunu farklı kompensatuar mekanizmalar yardımıyla telafi etme çabasından kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz.

Literatürde kalça kas kuvvetleri ile YDT arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda da hangi kuvvetin en etkin rol oynadığı konusunda tam olarak fikir birliğine varılamamıştır (23). Clagg ve ark., ACL sonrası spora dönüşte bireylerin etkilenmiş bacakta kalça abduksiyon kas kuvvetinin ise A, PL ve PM yönlerdeki uzanımlar ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Kontrol grubunda ise sadece non-dominant bacak kalça abduksiyon kas kuvveti ile PL uzanma arasında bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir (21, 23). Wilson ve ark., sağlıklı bireylerde (40 erkek 33 kadın) YDT'nin 4 parametresi ile kalça abduksiyon, ekstansiyon ve ER kuvvetleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, tüm değişkenler arasında ilişki olduğunu sadece kalça ER ve PL arasında ilişki olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca YDT'nin tüm parametreleri için kalça abduksiyonunun belirleyici bir faktör olduğu belirtilmiştir (21).

Gordon ve ark., 45 kadın lakros oyuncusu üzerinde yaptıkları ve modifiye SEBT ile sağ ve sol kalça ER kuvvetinin ilişkisini inceledikleri çalışmalarında, sağ kalça ER kuvvetinin sadece sol PM yön uzanmayla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Sol kalça ER kuvvetinin sağ taraf bacak uzanmayla ilişkisini (sol bacak üzerinde dururken sağ bacakla uzanmayı) tam olarak açıklayamamışlardır. Bunda kalça ER kuvveti haricinde kalça ekstansiyonu, kalça abduksiyonu ya da bunların hepsinin birleşimini içeren bir kuvvetin alt ekstremite dengesinin değişiminde büyük rol oynayabileceğini belirtmişlerdir (9). Çalışmamızın güçlü yönlerinden birisi olarak tüm kalça kaslarını bir arada değerlendirilebilen HipSIT testi (16) kul-

lanılmış ve YDT'nin tüm parametrelerinin bununla ilişkili olduğu bulunmuştur. Kalça için tek bir kas yerine, kalça abduksiyon, ekstansiyon ve ER kuvvetini toplu şekilde değerlendiren bu testin kullanımı bir kas grubu zayıfladığında diğer kas grubu tarafından kompanse edilebileceğinden dolayı kalçanın genel kuvveti hakkında daha iyi fikir sağlayabilmektedir. Fakat bu durum, regresyon analizine istatistiksel olarak yansımamasının bir sebebi olabilir. Bu durum bize kalça kas grubu genel zayıflığının da gövde ya da alt ekstremite kas grupları tarafından kompanse edilmeye çalışılmış olabileceğini düşündürdü.

Gribble ve ark. kalça İR ve ER hareket açıklıklarının SEBT'in 8 yönüyle de ilişkisi olmadığını belirtmişlerdir. Buna gerekçe olarak ise maksimum uzanma mesafesi için sabit bir patern istememelerini, test sırasında kalça dışında gövde ve diğer alt ekstremite eklemleri de yer aldığı için kalça eklem hareket açıklığında olabilecek bir azalmanın diğer bir eklem hareketiyle kompanse edilebileceğini belirtmişlerdir (2). Bir başka çalışmada ise kalça rotasyonunun sadece kalça ve diz fleksiyonu ile beraber olduğunda SEBT'in uzanmalarını açıklamada anlamlı olduğu, çıkarılması durumunda kalça ve diz fleksiyonunun belirleyiciliğini değiştirmediği belirtilmiştir (26). Overmoyer ve ark. YDT yönleri ile alt ekstremite eklem açıklığı arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında sadece kalça fleksiyon ve ayak bileği dorsi fleksiyon açılarının YDT ile ilişkili olduğu, kalça İR ve ER'nin ise YDT ile ilişkili olmadığını belirtmişlerdir (29). Nakagava ve ark. ise YDT ve kalça İR arasında bir ilişki olmadığını belirtmişlerdir (30). Bizim çalışmamızda, literatürle benzer şekilde kalça İR ile YDT parametreleri arasında ilişki bulunmadı. Fakat literatürden farklı olarak, kalça ER ile YDT Kom skorlarının, A ve PL yönlerde ilişki bulunurken; PM yönü ile ilişki bulunmadı. Wilson ve ark. kalça ER kuvvetinin sadece PM yönü ile ilişkisi olmadığını diğer 3 YDT parametresi ile ilişkili olduğunu belirtmektedirler (21). Bu sonucumuz, bireylerin daha iyi bir kalça ER kas kuvveti açığa çıkarabilmek için daha fazla eklem hareket açıklığı ile hareketi gerçekleştirdiklerini düşündürdü. Aynı zamanda, bireyler PM yönde ER eklem hareket açıklıklarını çok fazla kullanmalarına rağmen A ve PL yönde ER eklem hareket açıklığını kullanarak mesafeyi arttırmaya çalışmış olabilirler. Literatürde subtalar açısı ile YDT'nin ilişkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmalar daha çok pes planus ve pes cavus ile ilişkilidir

(2,31). Cote ve ark. ayak tipine göre dinamik denge nasıl etkilendiğini inceledikleri çalışmalarında katılımcıları ayak tipine göre nötral, supin ve pro-ne ayak olmak üzere üç gruba ayırmışlardır. Çalışmanın sonucunda dinamik denge için ayak tipinden etkilendiğini ve bu testlerin kullanımında ayak tipinin de göz önünde bulundurulması gerektiğini bildirmişlerdir (31). Bunun aksine, Gribble ve ark. ise ayak tipleri (pes planus, pes cavus ve pes rektus) ile SEBT'in 8 yönü arasında bir ilişki olmadığını bildirmişlerdir. Bu sonucu, ayak tipinden bağımsız olarak bireylerin daha farklı ulaşma ve kompanse edici stratejileri geliştirmelerine bağlamışlardır (2). YDT ile 2 farklı pozisyonda subtalar açısı (ayakta ve yüzükoyun pozisyonda) arasındaki ilişkiyi incelediğimiz çalışmamızda ayakta valgus ve yüzükoyun pozisyonda varus açıları ile YDT değerleri arasında bir ilişki saptanmadı. Bu durumun, çalışmaya katılan bireylerin, ayakta ölçülen subtalar açısı ortalamalarının anatomik olarak normal kabul edilen açı değerlerinde (4-6 derece valgus aralığı) (18) olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

Limitasyonlar

Çalışmamızın birkaç limitasyonu bulunmaktadır. Normal eklem hareketi ölçümlerine ayak bileği dor-sifleksiyon ve plantar fleksiyonu ile kalça ve diz eklemi fleksiyonunun dahil edilmemesi limitasyonlarımızdan biridir. HipSIT kalça eklemine abduksiyon, ekstansiyon ve ER kuvvetini genel bir şekilde ele alırken; bu kuvvet ölçümlerine tek tek de bakılarak hangisiyle daha çok ilişkili olduğu da incelenebilir-di. Çalışmamıza dahil edilen bireylerin yaş aralığının 21-27 yıl olması nedeniyle, sonuçlarımızın tüm popülasyonlara genellenememesi çalışmamızın bir diğer limitasyonudur.

Sonuç

Çalışmamızın en önemli bulgusu, sağlıklı bireylerde hamstring kas kuvvetinin YDT'nin yani dinamik denge için en önemli belirteci olduğu sonucudur. Bu durum, non-dominant bacakta daha güçlü görülmektedir. Diz ekstansiyon kas kuvveti ile kalça kaslarını genel olarak değerlendiren HipSIT testi, YDT'nin tüm parametreleri ile orta seviyede ilişkili olmalarına rağmen; bu durum kademeli doğrusal regresyon analizine yansımamıştır. Sağlıklı bireylerin dinamik dengelerinde hamstring kas kuvvetinin önemli bir gösterge olması, alt ekstremitte performansını ve yaralanma riskini etkileyebilecek bir bulgu olarak

görülmektedir. Bu yönde daha ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

Yazar Katkıları: Fikir/Kavram – YT, GİK, SB, HGD; Tasarım- YT, GİK, SB, HGD; Denetleme/Danışmanlık- YT, GİK, SB, HGD; Kaynaklar ve Fon Sağlama- YT, GİK, SB, HGD; Materyaller- YT, GİK, SB, HGD; Veri Toplama ve/veya İşleme- YT, GİK, SB, HGD; Analiz ve/veya Yorumlama- YT, GİK, SB, HGD; Literatür Taraması- YT, GİK, SB, HGD; Makale Yazımı- YT, GİK, SB, HGD; Eleştirel İnceleme- YT, GİK, SB, HGD.

Çıkar Çatışması: Yok.

Açıklamalar: Yok

Destekleyen Kuruluş: Yok.

Aydınlatılmış Onam: Katılımcılardan araştırmaya başlamadan önce katılım için gerekli onam alındı.

Etik Onay: Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 03.12.2019 tarihinde 2019/28-37 karar numarası (GO 19/1144) ile gerekli izin alındı.

KAYNAKLAR

1. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. J. Athl. Train. 2012;47(3):339-57.
2. Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. Meas Phys Educ Exerc Sci. 2003;7(2):89-100.
3. 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(12):911-9.
4. Steib S, Zech A, Hentschke C, Pfeifer K. Fatigue-induced alterations of static and dynamic postural control in athletes with a history of ankle sprain. J. Athl. Train. 2013;48(2):203-8.
5. Kim Y, Kang S. The relationship of hip rotation range, hip rotator strength and balance in healthy individuals. J Back Musculoskeletal Rehabil. 2020;33(5):761-7.
6. Jastifer JR, Gustafson PA. The subtalar joint: biomechanics and functional representations in the literature. Foot (Edinb). 2014;24(4):203-9.
7. Gonell AC, Romero JAP, Soler LM. Relationship between the Y balance test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team. Int. J. Sports Phys. Ther. 2015;10(7):955.
8. Tao H, Thompson C, Weber S. Can a Modified Y-Balance Test Predict Running Overuse Injuries over the Course of a Division I Collegiate Cross-Country Season? Int. J. Sports Phys. Ther. 2021;16(6):1434.
9. Gordon AT, Ambegaonkar JP, Caswell SV. Relationships between core strength, hip external rotator muscle strength, and star excursion balance test performance in female lacrosse players. Int. J. Sports Phys. Ther. 2013;8(2):97.
10. Van Melick N, Meddeler BM, Hoogeboom TJ, Nijhuis-van der Sanden MW, van Cingel RE. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performan-

- ce in healthy adults. *PLoS one*. 2017;12(12):e0189876.
11. Chimera NJ, Smith CA, Warren M. Injury history, sex, and performance on the functional movement screen and Y balance test. *J. Athl. Train.* 2015;50(5):475-85.
 12. Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. *Musculoskelet. Sci. Pract.* 2017;31:72-5.
 13. Avers D, Brown M. Daniels and Worthingham's Muscle Testing, First South Asia Edition E Book: Techniques of Manual Examination and Performance Testing: Elsevier; 2018.
 14. De Vroey H, Staes F, Weygers I, Vereecke E, Van Damme G, Hallez H, et al. Hip and knee kinematics of the forward lunge one year after unicompartmental and total knee arthroplasty. *J Electromyogr Kinesiol.* 2019;48:24-30.
 15. Leporace G, Tannure M, Zeitouni G, Metsavaht L, Marocolo M, Souto Maior A. Association between knee-to-hip flexion ratio during single-leg vertical landings, and strength and range of motion in professional soccer players. *Sports Biomech.* 2020;19(3):411-20.
 16. Almeida GPL, das Neves Rodrigues HL, de Freitas BW, de Paula Lima PO. Reliability and validity of the hip stability isometric test (HipSIT): a new method to assess hip posterolateral muscle strength. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(12):906-13.
 17. Otman A.S, Köse N. Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri. Ankara: Hipokrat Yayıncılık; 2019 3.Baskı.80-81 p.
 18. Bek N. Ayak Bileği ve Ayak Problemleri. Ankara: Hipokrat Kitapevi; 2018. 58 p.
 19. Hayes AF. Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach: 2nd ed. Guilford publications; 2018.
 20. Shimwell L, Fatoye F, Selfe J. The validity of the modified Star Excursion Balance Test as a predictor of knee extensor and hip abductor strength. *Int. J. Physiother.* 2017;5(1):1863-71.
 21. Wilson BR, Robertson KE, Burnham JM, Yonz MC, Ireland ML, Noehren B. The relationship between hip strength and the Y balance test. *J. Sport Rehabil.* 2018;27(5):445-50.
 22. Kesilmiş İ, Manolya A. Quadriceps ve hamstring kas kuvveti dinamik denge performansını etkiler mi? *Türk Spor Bil Derg.* 2020;3(1):1-7.
 23. Clagg S, Paterno MV, Hewett TE, Schmitt LC. Performance on the modified star excursion balance test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(6):444-52.
 24. Lee D-K, Kim G-M, Ha S-M, Oh J-S. Correlation of the Y-balance test with lower-limb strength of adult women. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014;26(5):641-3.
 25. Myers H, Christopherson Z, Butler RJ. Relationship between the lower quarter Y-balance test scores and isokinetic strength testing in patients status post ACL reconstruction. *Int. J. Sports Phys. Ther.* 2018;13(2):152.
 26. Robinson R, Gribble P. Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test. *J. Sport Rehabil.* 2008;17(4):347-57.
 27. Promsri A, Haid T, Federolf P. How does lower limb dominance influence postural control movements during single leg stance? *Hum. Mov. Sci.* 2018;58:165-74.
 28. Promsri A, Haid T, Werner I, Federolf P. Leg dominance effects on postural control when performing challenging balance exercises. *Brain Sci.* 2020;10(3):128.
 29. Overmoyer GV, Reiser RF. Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y balance test. *J. Strength Cond. Res.* 2015;29(5):1240-7.
 30. Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Phys Ther Sport.* 2018;34:174-9.
 31. Cote KP, Brunet ME, Il BMG, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J. Athl. Train.* 2005;40(1):41.