



Denge Platformu Üzerinde Farklı Kapalı Kinetik Zincir Egzersizi Sırasında Cinsiyet ve Fiziksel Aktivite Durumunun Stabilite İndeksi ve Alt Ekstremité Simetrisi Üzerine Etkisi

The Effect of Gender and Physical Activity Status
on Stability Index and Lower Limb Symmetry During
Different Closed Kinetic Chain Exercises on a
Balance Platform

Hasan SÖZEN¹, Sevim ACARÖZ²

¹Ordu Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ordu
· sozenhasan@yahoo.com · ORCID > 0000-0002-9947-6214

²Ordu Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ordu
· fzt_acaroz@hotmail.com · ORCID > 0000-0002-2617-8865

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 15 Temmuz/July 2025

Kabul Tarihi/Accepted: 05 Aralık/December 2025

Yıl/Year: 2025 | **Cilt – Volume:** 16 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 521-543

Atıf/Cite as: Sözen, H., Acaröz, S. "Denge Platformu Üzerinde Farklı Kapalı Kinetik Zincir Egzersizi Sırasında Cinsiyet ve Fiziksel Aktivite Durumunun Stabilite İndeksi ve Alt Ekstremité Simetrisi Üzerine Etkisi" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 16(3), Aralık 2025: 521-543.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan SÖZEN

Yazar Notu/Author Note: Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen A2003 no' lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Etik Kurul Beyanı/Ethics Committee Approval: "Araştırma için Ordu Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 06.08.2020 tarihli ve 155 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır."

DENGE PLATFORMU ÜZERİNDE FARKLI KAPALI KİNETİK ZİNCİR EGZERSİZİ SIRASINDA CİNSİYET VE FİZİKSEL AKTİVİTE DURUMUNUN STABİLİTE İNDEKSİ VE ALT EKSTREMİTE SİMETRİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZ

Alt ekstremitte kaslarının koordinasyonu ve dengenin korunması, sportif performansın geliştirilmesinde kritik bir role sahiptir. Bu çalışmada, farklı kapalı kinetik zincir egzersizleri sırasında cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyinin stabilite indeksi ve alt ekstremitte simetrisi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırmaya yaşları 18-24 arasında değişen, 40'ı sporcu ve 40'ı sedanter olmak üzere toplam 80 gönüllü katılmıştır. Katılımcıların denge performansları TOGU Challenge Disc kullanılarak; öne hamle, yana hamle, tek bacak üzerinde durma ve tek bacak squat egzersizleri sırasında ölçülmüştür; alt ekstremitte simetrisi ise simetri indeksi (SI) ile değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler bağımsız gruplar t-testi ile analiz edilmiştir. Bulgular, öne hamle, tek bacak duruş ve squat egzersizlerinde sporcuların sedanter bireylere kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük stabilite indeksi değerlerine sahip olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde, erkekler bazı görevlerde kadınlara göre daha iyi denge performansı sergilemiştir. Asimetri analizinde, yalnızca tek bacak üzerinde durma egzersizinde negatif ve pozitif SI grupları arasında anlamlı fark tespit edilmiştir. Sonuç olarak, cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyine göre denge ve simetri göstergelerinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir; tek bacak duruş gibi görevlerin alt ekstremitte asimetrisini değerlendirmede daha duyarlı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alt Ekstremitte, Denge, Kapalı Kinetik Zincir, Simetri İndeksi, Stabilite İndeksi.



THE EFFECT OF GENDER AND PHYSICAL ACTIVITY STATUS ON STABILITY INDEX AND LOWER LIMB SYMMETRY DURING DIFFERENT CLOSED KINETIC CHAIN EXERCISES ON A BALANCE PLATFORM

ABSTRACT

Coordination of lower limb muscles and balance control play a critical role in enhancing athletic performance. This study aimed to investigate the effects of gender and physical activity level on stability index and lower extremity symmetry

during different closed kinetic chain exercises. A total of 80 volunteers aged between 18 and 24 years, including 40 athletes and 40 sedentary individuals, participated in the study. Balance performance was assessed using the TOGU Challenge Disc during forward lunge, lateral lunge, single-leg stance, and single-leg squat exercises. Lower extremity symmetry was evaluated using the symmetry index (SI). Data were analysed with an independent samples t-test. The results showed that athletes had significantly lower stability index values compared to sedentary individuals during forward lunge, single-leg stance, and squat exercises ($p < 0.05$). In terms of gender, males demonstrated better balance performance than females in some tasks. Asymmetry analysis revealed a significant difference between negative and positive SI groups only in the single-leg stance exercise. In conclusion, regular physical activity level and gender were associated with balance and symmetry outcomes, and single-leg stance tasks may be more sensitive for evaluating lower limb asymmetry.

Keywords: Balance, Closed Kinetic Chain, Lower Extremity, Stability Index, Symmetry Index.



GİRİŞ

Alt ekstremitte kaslarının koordinasyonu ve dengenin korunması, günlük yaşam aktiviteleri ve sportif performans açısından önemlidir. Özellikle kapalı kinetik zincir (KKZ) egzersizleri, çok eklemlili yapıları aktive ederek hem kuvvet hem de proprioseptif geri bildirimi artırmasıyla rehabilitasyon ve performans geliştirme programlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu egzersizlerin uygulanması sırasında bireylerin postural kontrol düzeyleri, stabilite indeksi ile değerlendirilebilmekte ve motor kontrol stratejileri hakkında bilgi edinilebilmektedir (Escamilla ve ark., 2001; Levin ve ark., 2017). Kapalı kinetik zincir egzersizleri, distal segmentin sabit olduğu ve birden fazla eklem ve kas grubunun eşzamanlı aktivasyonu ile gerçekleşen hareketlerdir. Bu egzersiz türü, çoklu eklem hareketleriyle birlikte vücut ağırlığını taşıyan pozisyonlarda gerçekleştirilmekte ve agonist-antagonist kas gruplarının koordineli kontraksiyonunu teşvik ederek eklem stabilitesini güçlendirmektedir (Desai ve ark., 2022). Özellikle diz çevresi kaslarının birlikte çalışmasını sağlayarak, eklem stabilitesinin artırılmasında ve fonksiyonel iyileşmede önemli rol oynamaktadır. KKZ egzersizlerinin, özellikle diz yaralanmaları sonrası rehabilitasyonda tercih edilme nedenlerinden biri, kuadriseps ve hamstring kaslarının koordineli kontraksiyonunu teşvik etmesi yoluyla diz eklemine binen yükü dengelemesidir. Literatürde KKZ egzersizlerinin rehabilitasyon sürecinde güvenli ve etkili bir yöntem olarak pozitif etkiler sağladığı ve fonksiyonel kazanımları

desteklediği ifade edilmiştir (Thonga ve ark., 2021; Pamboris ve ark., 2024). Bu nedenle KKZ egzersizleri hem postüral kontrol hem de alt ekstremitte stabilitesinin geliştirilmesinde kritik katkılar sunmaktadır.

Kapalı kinetik zincir, aynı zamanda denge yeteneğini geliştirmek için etkili bir egzersiz türüdür. Kısmi veya tam kompresif yüklerle gerçekleştirilen bu egzersiz, proprioseptif geri bildirim yoluyla proprioseptif sistemi etkili bir şekilde uyararak kas aktivasyon modellerini başlatır ve kontrol eder (Kwon ve ark., 2013). Diğer bir değişle, egzersiz kas, eklem ve tendonlardan gelen duyuşal bilgileri sinir sistemi üzerinde etkili şekilde kullanarak, kasların nasıl ve ne zaman aktive olacağını belirleyip kontrol etmektedir. Ayrıca, KKZ egzersizleri fonksiyonel pozisyonlarda yapılr ve konsantrik, eksantrik veya izometrik kas aktivitelerini içerir. Kasların eşzamanlı aktivitesine ek olarak, bu egzersizler ligamentler, tendonlar ve eklem kapsülleri gibi kasılmayan yumuşak dokulara da yük bindirir. Bu nedenle, fonksiyonel yükleme pozisyonlarında kas gücü ve kuvveti, stabilite, denge ve sinerjiyi geliştirir (Ferreira ve ark., 2017). Denge, görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerin bütüncül etkileşimiyle sağlanır ve bu sistemlerin senkronize çalışması bireyin stabilitesini etkiler. Stabilite indeksi, bireyin platform üzerindeki sapmaları ölçerek statik ve dinamik denge kabiliyetini nicel olarak ortaya koyar (Winter, 1995). Bununla birlikte, alt ekstremitte simetrisi, özellikle kapalı kinetik zincir egzersizleri sırasında yük paylaşımı ve kas aktivasyonu açısından önemli bir ölçütür (Gribble ve Hertel, 2004).

Alt ekstremitte meydana gelen asimetri, birincil sensorimotor kortekste farklı aktivasyon örüntüleriyle ilişkilidir ve bu durum, baskın ve baskın olmayan uzuvlar arasında hareket özellikleri açısından belirgin farklılıkların ortaya çıkmasına yol açar. Alt ekstremiteler, postüral denge, hareket ve koordinasyonun sağlanmasında temel bir rol üstlenir. Motor kontrol sistemindeki iki taraflı asimetrliler nedeniyle bireyler çoğu istemli harekette vücutlarının belirli bir tarafını tercih etme eğilimindedir (Promsri ve ark., 2023). Bu tercih; kas kuvveti, işlevsel alışkanlıklar veya bireysel tercihlerle ilişkili olabilir ve dengeyi sürdürme gibi görevleri de içerebilir. İki taraflı görevlerde genellikle baskın taraf aktif hareketi yürütürken, diğer taraf postüral dengeyi destekler. Ancak tek taraflı görevlerde, dengeyi sağlama görevi daha çok baskın uzuv tarafından üstlenilir. Yapılan çalışmalar bireylerin iki taraflı görevlerde dengeyi sağlamak için tercih ettikleri uzvun, tek bacak üzerinde durma gibi görevlerde kullanılan postüral kontrol bacağından farklı olabileceğini belirtmiş ve baskın bacağın daha karmaşık motor görevlerde görev aldığı görüşünü desteklemiştir (Hadamus ve ark., 2025). Alt ekstremitte baskınlığı ile denge ilişkisini inceleyen çalışmalar ise tutarsız sonuçlar sunmaktadır. Bazı araştırmalarda (Amiri-Khorasani ve Manzari, 2014; Bhise ve Patil, 2016; Bigoni ve ark., 2017; Haddad ve ark., 2023) baskın ve baskın olmayan uzuvlar

arasında anlamlı bir denge farkı tespit edilmezken, diğer bulgular (Guan ve ark., 2021; Kadri ve ark., 2021; Jo ve ark., 2025) özellikle dinamik denge görevlerinde belirgin asimetrilere işaret etmektedir.

Cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyi, bireylerin postüral kontrol ve motor stabilite becerilerini etkileyen temel fizyolojik faktörler arasında yer almaktadır. Postüral stabilite, görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerin eşgüdümlü çalışmasıyla sağlanırken, bireyin biyolojik özellikleri ve yaşam tarzı bu sistemlerin etkinliğini şekillendirebilmektedir. Literatür, cinsiyet farklılıklarının denge kontrolü sırasında uygulanan motor stratejilerde değişkenlik yaratabileceği, bunun da postüral salınım gibi ölçütlerde farklılıklara neden olabileceği öne sürülmekte ve kas kontrol mekanizmalarında farklılıklar gözlenebileceğini ortaya koymaktadır (Nagano ve ark., 2007; Mocanu ve ark., 2022). Benzer şekilde, düzenli fiziksel aktivite yapan bireylerde proprioseptif sistemin daha etkin çalıştığı ve denge performansının daha iyi olduğunu destekleyen çalışmalarda mevcuttur (Chastin ve ark., 2021; Horváth ve ark., 2023). Nitekim bireyler arasındaki motor kontrol ve stabilite farklılıklarının; spor branşı, motivasyon düzeyi, antrenman geçmişi ve kişisel özellikler gibi değişkenlerden kaynaklanabildiği literatürde belirtilmiştir (Çağlar ve ark., 2025) Bu nedenle, cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyinin denge performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi, motor kontrolün anlaşılmasında önemli bir katkı sunmaktadır. Ancak, denge platformu üzerinde uygulanan farklı KKZ egzersizleri sırasında bu bireysel faktörlerin stabilite ve alt ekstremité simetrisi üzerindeki etkilerini araştırarak çalışmalar oldukça sınırlıdır (Bouillon ve ark., 2019; Promsri ve ark., 2023; Hadamus ve ark., 2025). Nitekim yakın tarihli bir çalışma da bireysel farklılıkların sportif performansa ilişkin psikolojik ve davranışsal çıktıları anlamlı ölçüde etkileyebildiğini, dolayısıyla motor kontrol ve stabiliteyi şekillendiren süreçlerde bireysel değişkenlerin kritik bir rol oynayabileceğini göstermiştir (Özkan ve ark., 2025). Bu çalışmanın, literatürdeki bu boşluğu doldurması ve egzersiz reçetelerinde bireyselleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı; denge platformu üzerinde gerçekleştirilen farklı kapalı kinetik zincir egzersizleri sırasında cinsiyet ve fiziksel aktivite düzeyinin, stabilite indeksi ve alt ekstremité simetrisi üzerine etkilerini incelemektir.

YÖNTEM

Araştırma Grubu (Evren-Örneklem)

Araştırmaya yaşları 18-24 arasında değişen, farklı takım/bireysel branşlarda aktif olarak spor veya egzersiz programlarına katılan 20 kadın (yaş = $20,10 \pm 2,14$ yıl, vücut ağırlığı = $61,70 \pm 6,72$ kg, boy = $170,15 \pm 7,43$ cm, VKİ = $21,27 \pm 1,35$ kg/m²) 20

erkek (yaş = 20,35±1,89 yıl, vücut ağırlığı = 68,45±6,50 kg, boy = 174,50±6,50cm, VKİ = 22,47±1,75kg/m²) ve sedanter yaşam süren 20 kadın (yaş = 20,10±1,20 yıl, vücut ağırlığı = 61,40±7,26 kg, boy = 168,05±6,09 cm, VKİ = 21,66±1,42kg/m²) 20 erkek (yaş = 20,45±1,35 yıl, vücut ağırlığı = 69,75±6,42 kg, boy = 174,30±6,85 cm, VKİ = 22,93±1,26kg/m²) olmak üzere toplam 80 gönüllü katılmıştır. Sporcu grubunun ortalama antrenman yaşı 2,4 ± 1,3 yıl idi. Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla G*Power 3.1.9.2 istatistik programı kullanılmış ve yapılan güç analizi sonucunda, α = 0,05 ve güç (1-β) = 0,95 düzeyinde, test family: t tests ve Type of power analysis: A priori (Compute required sample size-given α, power and effect size) seçenekleri kullanılarak örneklem büyüklüğü hesaplanmıştır. Her bir grup için minimum 20 kişilik örneklemin yeterli olduğu belirlenmiştir. Ancak çalışmanın iç geçerliliğini artırmak amacıyla her gruba 40 katılımcı dahil edilerek toplam 80 kişilik örneklem elde edilmiştir. Spor yapan bireyler için dahil edilme kriterleri haftada en az üç gün orta ve/veya şiddetli düzeyde egzersiz yapmak, dengeyi etkileyebilecek herhangi bir nörolojik ya da ortopedik rahatsızlığının bulunmaması, alt ekstremitede ve belde hareketi etkileyecek ağrının olmaması, normal VKİ (18-25 kg/m²) skoruna sahip olma ve çalışmaya katılmak için gönüllü olmak olarak belirlenmiştir. Sedanter bireyler için dahil edilme kriterleri ise son altı aydır düzenli olarak egzersiz yapmamak, dengeyi etkileyebilecek herhangi bir nörolojik ya da ortopedik rahatsızlığının bulunmaması, alt ekstremitede ve belde hareketi etkileyecek ağrının olmaması, normal VKİ (18-25 kg/m²) skoruna sahip olma ve çalışmaya katılmak için gönüllü olmak olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamındaki verilerin güvenilirliği için antropometrik değerlendirmeler çalışmanın ikinci araştırmacısı tarafından yapılmıştır. Araştırma için XXXX Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 06.08.2020 tarihli ve 155 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır.

Veri Toplama Araçları

Verilerin Toplanması/İşlem Yolu

Çalışmada katılımcıların baskın bacaklarını belirlemek için hem öz-bildirim temelli hem de görev temelli yöntemler birlikte kullanılmıştır. Öz-bildirim yöntemi olarak Waterloo Ayak Tercihi Anketi (WFQ) uygulanmıştır (Elias ve ark., 1998). Bu anket, katılımcıların günlük yaşamda çeşitli motor görevlerde tercih ettikleri bacağı belirlemeye yönelik sorulardan oluşmaktadır. Her katılımcıdan, örneğin topa vurma, bir kutuyu itme veya merdiven çıkmada ilk adımı hangi bacakla attığı gibi görevlerde tercih ettiği bacağı belirtmesi istenmiştir. Ankete ek olarak, görev temelli değerlendirme kapsamında topa vurma görevi- kicking task (Peters, 1988) uygulanmıştır. Katılımcılardan yere yerleştirilen bir topa doğal bir şekilde vurmaları istenmiş ve tercih ettikleri bacak gözlemlenerek baskın taraf kayıt altına alınmıştır. Her iki yöntemin sonucunda elde edilen veriler tutarlı bulunduğu,

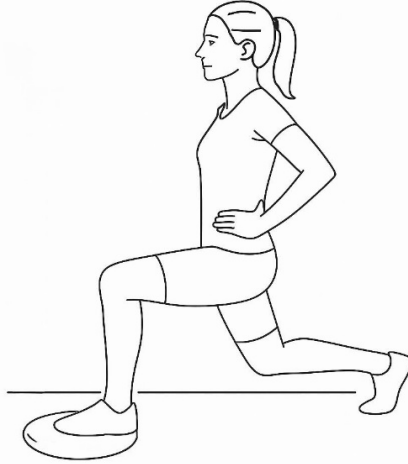
bu bacak katılımcının baskın bacağı olarak kabul edilmiştir. Tutarsızlık durumunda ise katılımcının topa vururken kullandığı bacak baskın olarak tanımlanmıştır. Bu çift aşamalı yaklaşım, baskın bacağın daha doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesini sağlamıştır.

Sistematiik değişikliklerin olası etkilerini azaltmak için, fiziksel testler tüm sporcular için benzer koşullarda (sıcaklık 20-25°C, ayakkabısız) tek bir günde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında aşağıdaki parametreler bilateral olarak üç tekrarlı olacak şekilde değerlendirilmiş ve üç tekrarın ortalamaları alınarak test sonucu belirlenmiştir. Değerlendirmelere başlamadan önce katılımcıların tüm test pozisyonlarında bir kez deneme yaparak platforma ve teste alışmaları sağlanmıştır.

1. Stabilit  indeksisi: Stabilit  indeksi “TOGU challenge disc” denge değerlendirme cihazı (Togu Challenge Disc 2.0, Prien am Chiemsee, Rosenheim, Almanya) ile belirlenmiştir. Bu sistem; 44 cm çapında, 7,5 cm yüksekliğinde yuvarlak çok yönlü denge platformunu ve bu platform üzerinde kişinin dinamik dengeyi koruma becerisini değerlendiren yazılımı içerir. Yazılım birey platform üzerinde denge- de durmaya çalışırken bireye bilgisayar ekranından diskin konumu hakkında anında görsel geri bildirim sağlar. Test sırasında bireyden istenilen pozisyonu 20 saniye boyunca koruması istenir, bu sırada birey ekranda beliren kırmızı daireyi mümkün olduğunca hedef nokta üzerinde tutmaya çalışır. Sistem, katılımcının stabilit  indeksini 20 saniye süre boyunca diskin hareketini ve yatay düzlemde sapmasını tespit ederek hesaplar. Stabilit  indeksi skoru 1 ile 5 arasında değişmektedir, düşük bir skor daha küçük bir sapmayı ve dolayısıyla daha iyi bir dengeyi temsil ederken testten alınan skorun artması dinamik dengenin kötüleştiğini göstermektedir (Hildebrandt ve ark., 2015; Pojskic ve ark., 2020; Promsri ve ark., 2020).

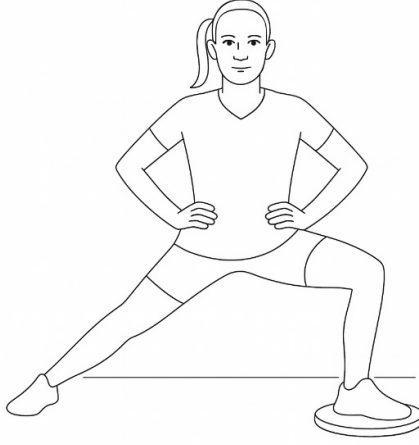
Stabilit  indeksini belirlemek için egzersiz programlarında alt ekstremite fonksiyonel performansını geliştirmede sıklıkla tercih edilen kapalı kinetik zincir egzersizleri kullanılmıştır. Bu kapsamda  ne hamle, yana hamle, tek bacak üzerinde durma ve tek bacak squat pozisyonunda durma egzersizleri sırasındaki dinamik denge değerlendirilmiştir. Testler önce baskın bacakta daha sonra baskın olmayan bacakta ayakkabısız olarak    kez tekrarlanmıştır.    tekrar arasında 10’ar saniye dinlenme arası verilmiş, baskın baktan baskın olmayan bacağa geçişte ise 3 dakika dinlenme arası verilmiştir (Pojskic ve ark., 2020). Katılımcılardan, 10 saniyelik dinlenme süreleri boyunca test bacağının ayağını hareket ettirmemeleri veya denge platformundaki pozisyonunu değiştirmemeleri istenmiştir ve ayak pozisyonu denemeler arasında yerleştirmeyi standartlaştırmak için işaretlenmiştir. Test pozisyonlarında standardizasyonu sağlamak için testler ř  şekilde uygulanmıştır:

- *Öne Hamle Egzersizi*; Bu test pozisyonu sırasında iki bacak arasındaki mesafe (yapılacak hamlenin uzunluğu), bireyin alt ekstremité uzunluğunun %65'i olacak şekilde ayarlanır (Bouillon ve ark., 2012; Bouillon ve ark., 2019). Bunun için öncelikle bireyin sırtüstü, dizler düz ve kalça nötral durumda yattığı pozisyonda spina iliaca anterior superiordan medial malleola kadar olan mesafe mezura ile ölçülerek alt ekstremité boyu kaydedilmiştir. Katılımcıların ayakları arasında omuz genişliği kadar mesafe olduğu pozisyonda eller belde iken katılımcılardan test edilen taraf ile 60° diz fleksiyonunu 20 saniye boyunca koruması, diski mümkün olduğunca horizontal pozisyonda tutması istenmiştir (Harput ve ark., 2014). Test sırasında birey ekrandan kırmızı daireyi takip etmiş geri dönüt alırken test edilmeyen arkada duran bacak dizi yere temas etmeden (Şekil 1) zemin üzerine (Harput ve ark., 2014; Bouillon ve ark., 2019) yerleştirilmiştir.



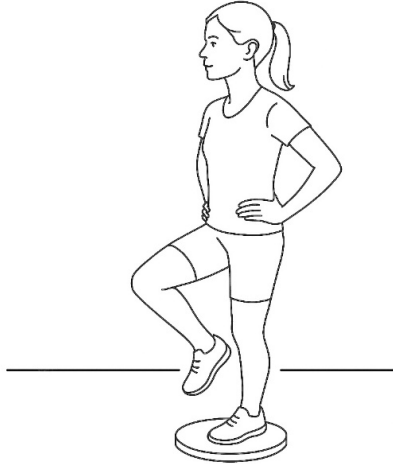
Şekil 1. Öne hamle egzersizi

- *Yana Hamle Egzersizi*; bu test pozisyonu sırasında iki bacak arasındaki mesafe (yapılacak hamlenin uzunluğu), bireyin alt ekstremité uzunluğunun %80'i olacak şekilde ayarlanır (Bouillon ve ark., 2012, Bouillon ve ark., 2019). Katılımcıların ayakları aynı hat üzerinde, nötral ve parmak ucu karşıyı gösterdiği pozisyonda eller belde iken katılımcılardan test edilen taraf ile 60° diz fleksiyonunu 20 saniye boyunca koruması, diski mümkün olduğunca horizontal pozisyonda (Harput ve ark., 2014) tutması istenmiştir. Test sırasında birey ekrandan kırmızı daireyi takip etmiş geri dönüt alırken test edilmeyen diğer bacak dizi tam ekstansiyonda olacak şekilde (Şekil 2) zemin üzerine (Harput ve ark., 2014; Bouillon ve ark., 2019) yerleştirilmiştir.



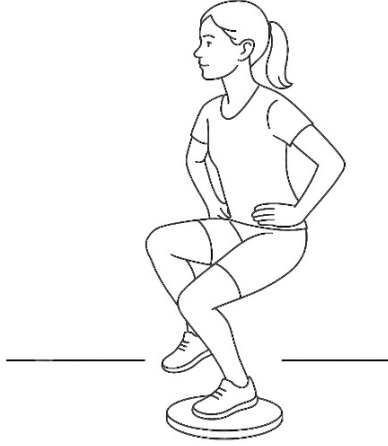
Şekil 2. Yana hamle egzersizi

- *Tek bacak üzerinde durma*; bu test pozisyonunda bireyin test edilecek bacağı platformun orta noktasında platform ile temasta iken diğer bacağı yerden kaldırarak test edilecek bacak üzerinde diz tam ekstansiyonda olacak şekilde (Şekil 3) 20 saniye boyunca kalması istenmiştir. Test sırasında birey ekrandaki kırmızı daireyi hedef noktada tutmaya çalışarak platformun yataylığını korumaya (Ebert ve ark., 2018) çalışmıştır.



Şekil 3. Tek bacak üzerinde durma egzersizi

- *Tek bacak squat*; bu test pozisyonunda birey test edilecek taraf dizi 60° diz fleksiyonunda çömelme pozisyonunda iken tek bacak üzerinde (Şekil 4) 20 saniye boyunca kalması istenmiştir, test edilmeyen diğer bacak yerden kaldırılmıştır. Test sırasında birey ekrandaki kırmızı daireyi hedef noktada tutmaya çalışarak platformun yataylığını korumaya (Hatton ve ark., 2014) çalışmıştır.



Şekil 4. Tek bacak squat egzersizi

Egzersizler süresince 60°'lik diz fleksiyonunun sağlanması için myoMOTION (Noraxon, Scottsdale, AZ, ABD) hareket analiz sistemi kullanılmıştır.

2. Alt Ekstremité Simetri İndeksi (SI): Katılımcıların baskın ve baskın olmayan ekstremité performansları arasındaki asimetrik farkı değerlendirmek amacıyla aşağıdaki formülle simetri indeksi (Hadamus ve ark., 2025) hesaplanmıştır

$$SI = \frac{(baskın olmayan taraf - baskın taraf)}{0,5 \times (baskın taraf + baskın olmayan taraf)} \times 100\%$$

SI değerleri işaretine göre iki gruba ayrılmıştır (SI<0 ve SI>0). SI'nin işareti asimetrisinin yönünü göstermektedir; SI<0 durumunda baskın ekstremité değeri baskın olmayan ekstremité değerine göre daha yüksek, SI>0 durumunda ise baskın olmayan ekstremité değeri baskın ekstremitéye göre daha yüksektir. SI'nin büyüklüğü ise bacaklar arası farkın şiddetini yansıtmaktadır; bu nedenle grup karşılaştırmalarında negatif SI değerleri analizde mutlak değere çevrilmiştir.

Verilerin Analizi

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 24.00 yazılımı (SPSS Inc, Chicago, Illinois) kullanılarak yapılmıştır. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemlerle (Kolmogorov-Smirnov testi) incelenmiştir. Normal dağılıma uyan değişkenler için ortalama ve standart sapma değerleri kullanılmıştır. p değerinin 0.05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlılık olarak değerlendirilmiştir. Farklı egzersizlerden elde edilen stabilite ve simetri indeks ortalamalarının normal dağıldığı görülmüş ve sporcu ve sedanter ile kadın ve erkek katılımcılardan elde edilen veriler bağımsız gruplar t-testi ile değerlendirilmiştir. SI'nın analizinde öncelikle negatif SI değerleri mutlak değere çevrilmiş ve her koşulda (öne hamle, yana hamle, tek bacak üzerinde durma ve tek bacak squat) gruplar bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırılmıştır. Ağırlık, boy ve VKİ değerlerinin stabilite ve simetri indeks değerleri ile korelasyonu ise Pearson korelasyon testi ile incelenmiştir.

BULGULAR

Tablo 1. Öne hamle egzersizi sırasında sporcu ve sedanterlerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Sporcu	40	1,11	0,09	0,011*
	Sedanter	40	1,20	0,19	
Baskın olmayan	Sporcu	40	1,13	0,12	0,001*
	Sedanter	40	1,30	0,26	

*p < 0,05

Sporcu ve sedanter bireyler arasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda stabilite indeksi açısından anlamlı farklar bulunmuştur. Baskın tarafta sporcuların stabilite indeksi ortalaması ($1,11 \pm 0,09$), sedanter bireylere kıyasla ($1,20 \pm 0,19$) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşüktür ($p = 0,011$). Benzer şekilde, baskın olmayan tarafta da sporcuların ortalaması ($1,13 \pm 0,12$), sedanter bireylerden ($1,30 \pm 0,26$) anlamlı düzeyde daha düşüktür ($p = 0,001$). Bu sonuçlar, sporcu ve sedanter gruplar arasında stabilite indeksi değerlerinin farklılaştığını göstermektedir.

Tablo 2. Yana hamle egzersizi sırasında sporcu ve sedanterlerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Sporcu	40	1,17	0,17	0,269
	Sedanter	40	1,21	0,10	
Baskın olmayan	Sporcu	40	1,25	0,19	0,884
	Sedanter	40	1,26	0,20	

Yana hamle egzersizi sırasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda sporcu ve sedanter bireyler arasında stabilite indeksi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Baskın tarafta sporcuların stabilite indeksi ortalaması ($1,17 \pm 0,17$), sedanter bireylerin ortalamasına ($1,21 \pm 0,10$) kıyasla daha düşük olmasına rağmen bu fark anlamlı değildir ($p = 0,269$). Benzer şekilde, baskın olmayan tarafta da gruplar arasında fark görülmemiştir ($p = 0,884$). Bu bulgular, yana hamle egzersizinde denge performansının fiziksel aktivite düzeyinden bağımsız olarak benzer olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Tek bacak üzerinde durma egzersizi sırasında sporcu ve sedanterlerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Sporcu	40	3,33	0,82	0,019*
	Sedanter	40	3,76	0,76	
Baskın olmayan	Sporcu	40	3,55	0,77	0,010*
	Sedanter	40	4,01	0,77	

* $p < 0,05$

Tek bacak üzerinde durma egzersizi sırasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda sporcu ve sedanter bireyler arasında stabilite indeksi açısından anlamlı farklar gözlenmiştir ($p < 0,05$). Baskın tarafta sporcuların stabilite indeksi ortalaması ($3,33 \pm 0,82$), sedanter bireylerden ($3,76 \pm 0,76$) anlamlı düzeyde daha düşüktür ($p = 0,019$). Benzer şekilde, baskın olmayan tarafta da sporcuların ortalaması ($3,55 \pm 0,77$), sedanter bireylerin ortalamasına kıyasla daha düşük olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($p = 0,010$). Bu bulgular, tek bacak üzerinde durma gibi statik denge gerektiren görevlerde sporcularda daha iyi denge kontrolü olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Tek bacak squat egzersizi sırasında sporcu ve sedanterlerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Sporcu	40	4,00	0,52	0,001*
	Sedanter	40	4,39	0,49	
Baskın olmayan	Sporcu	40	4,30	0,56	0,047*
	Sedanter	40	4,53	0,48	

*p < 0,05

Tek bacak squat egzersizi sırasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda sporcu ve sedanter bireyler arasında stabilite indeksi açısından anlamlı farklar saptanmıştır ($p < 0,05$). Baskın tarafta sporcuların stabilite indeksi ortalaması ($4,00 \pm 0,52$), sedanter bireylerden ($4,39 \pm 0,49$) anlamlı düzeyde daha düşüktür ($p = 0,001$). Baskın olmayan tarafta da benzer şekilde, sporcuların ortalaması ($4,30 \pm 0,56$), sedanter bireylerin ortalamasına ($4,53 \pm 0,48$) kıyasla istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur ($p = 0,047$). Bu sonuçlar, yüksek denge ve kuvvet gerektiren tek bacak squat görevinde sporcuların daha iyi stabilite performansı sergilediğini göstermektedir.

Tablo 5. Öne hamle egzersizi sırasında kadın ve erkeklerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Kadın	40	1,20	0,17	0,018*
	Erkek	40	1,12	0,12	
Baskın olmayan	Kadın	40	1,25	0,28	0,200
	Erkek	40	1,18	0,14	

*p < 0,05

Öne hamle egzersizi sırasında baskın tarafta kadın ve erkek bireyler arasında stabilite indeksi açısından anlamlı bir fark bulunmuştur ($p = 0,018$). Kadınların ortalaması ($1,20 \pm 0,17$), erkeklere kıyasla ($1,12 \pm 0,12$) daha yüksek olup bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum, erkek bireylerin baskın taraf stabilite performansının kadınlara göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Ancak baskın olmayan tarafta elde edilen fark istatistiksel açıdan anlamlı değildir ($p = 0,200$). Bu sonuçlar, öne hamle egzersizinde cinsiyete bağlı postüral kontrol farklarının özellikle baskın tarafta belirgin olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Yana hamle egzersizi sırasında kadın ve erkeklerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Kadın	40	1,21	0,16	0,203
	Erkek	40	1,17	0,12	
Baskın olmayan	Kadın	40	1,27	0,21	0,349
	Erkek	40	1,23	0,17	

Yana hamle egzersizi sırasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda kadın ve erkek bireyler arasında stabilite indeksi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Baskın tarafta kadınların ortalama stabilite indeksi ($1,21 \pm 0,16$), erkeklerden ($1,17 \pm 0,12$) biraz daha yüksek olsa da bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0,203$). Benzer şekilde, baskın olmayan tarafta da gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p = 0,349$). Bu bulgular, yana hamle egzersizinde cinsiyetin denge performansı üzerinde belirleyici bir faktör olmadığını göstermektedir.

Tablo 7. Tek bacak üzerinde durma egzersizi sırasında kadın ve erkeklerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Kadın	40	3,64	0,87	0,290
	Erkek	40	3,45	0,75	
Baskın olmayan	Kadın	40	3,94	0,79	0,070
	Erkek	40	3,62	0,78	

Tek bacak üzerinde durma egzersizi sırasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda kadın ve erkek bireyler arasında stabilite indeksi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Baskın tarafta kadınların ortalama stabilite indeksi ($3,64 \pm 0,87$), erkeklerin ortalamasına ($3,45 \pm 0,75$) kıyasla daha yüksek olmakla birlikte bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0,290$). Baskın olmayan tarafta da benzer şekilde kadınların ortalaması ($3,94 \pm 0,79$), erkeklerden ($3,62 \pm 0,78$) yüksek olmakla birlikte anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır ($p = 0,070$). Bu bulgular, tek bacak üzerinde durma egzersizinde cinsiyete bağlı belirgin bir denge farkı olmadığını göstermektedir.

Tablo 8. Tek bacak squat egzersizi sırasında kadın ve erkeklerin stabilite indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Taraf	Grup	n	Ort	SS	p
Baskın	Kadın	40	4,34	0,53	0,014*
	Erkek	40	4,05	0,51	
Baskın olmayan	Kadın	40	4,54	0,53	0,038*
	Erkek	40	4,29	0,51	

*p < 0,05

Tek bacak squat egzersizi sırasında hem baskın hem de baskın olmayan taraflarda kadın ve erkek bireyler arasında stabilite indeksi açısından anlamlı farklar gözlenmiştir ($p < 0,05$). Baskın tarafta kadınların stabilite indeksi ortalaması ($4,34 \pm 0,53$), erkeklere kıyasla ($4,05 \pm 0,51$) anlamlı düzeyde daha yüksektir ($p = 0,01$). Benzer şekilde, baskın olmayan tarafta da kadınlar ($4,54 \pm 0,53$), erkeklere kıyasla ($4,29 \pm 0,51$) istatistiksel olarak daha yüksek stabilite indeksi değerleri sergilemiştir ($p = 0,038$). Bu sonuçlar, yüksek denge ve kuvvet gerektiren tek bacak squat egzersizinde kadın bireylerin postüral stabilitesinin erkeklere kıyasla daha zayıf olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 9. Tüm egzersizler sırasında negatif ve pozitif asimetri indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Egzersiz	Asimetri	n	Ort	SS	p
Öne hamle	Negatif	32	13,09	10,95	0,384
	Pozitif	48	15,64	13,78	
Yana hamle	Negatif	24	14,43	11,65	0,890
	Pozitif	53	14,10	8,82	
Tek bacak	Negatif	13	25,14	16,39	0,021*
	Pozitif	67	13,18	16,77	
Tek bacak squat	Negatif	11	6,46	5,20	0,729
	Pozitif	69	7,06	5,35	

*p < 0,05

Çeşitli denge egzersizleri sırasında elde edilen negatif ve pozitif simetri indeksi değerleri karşılaştırıldığında, yalnızca tek bacak üzerinde durma egzersizinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p = 0,021$). Bu egzer-

sizde negatif simetri indeksine sahip bireylerin ortalaması ($25,14 \pm 16,39$), pozitif simetri indeksi değerine sahip bireylerden ($13,18 \pm 16,77$) anlamlı düzeyde daha yüksektir. Bu durum, baskın bacakla yapılan tek bacak duruşlarında daha fazla asimetri yaşandığını göstermektedir. Diğer egzersiz türlerinde (öne hamle, yana hamle ve tek bacak squat) negatif ve pozitif gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu bulgular, tek bacak üzerinde statik duruşun, bacaklar arası denge farklılıklarını belirlemede daha duyarlı bir görev olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 10. Tüm egzersizler sırasında sporcu ve sedanterin asimetri indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Egzersiz	Grup	n	Ort	SS	p
Öne hamle	Sporcu	40	9,50	6,44	0,000**
	Sedanter	40	19,74	15,24	
Yana hamle	Sporcu	40	15,55	11,59	0,091
	Sedanter	40	11,80	7,57	
Tek bacak	Sporcu	40	18,02	20,75	0,132
	Sedanter	40	12,22	12,28	
Tek bacak squat	Sporcu	40	7,89	5,96	0,124
	Sedanter	40	6,07	4,43	

** $p < 0,001$

Tablo 10'da yer alan sonuçlara göre, egzersiz türlerine göre sporcu ve sedanter grupların asimetri indeksleri karşılaştırıldığında yalnızca öne hamle egzersizinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Bu egzersizde sporcu grubunun asimetri indeksi ortalaması ($\text{Ort} = 9,50 \pm 6,44$) sedanter gruba kıyasla ($\text{Ort} = 19,74 \pm 15,24$) anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Bu bulgu, sporcuların öne hamle egzersizi sırasında alt ekstremité simetrisini daha iyi koruyabildiğini göstermektedir. Diğer egzersizlerde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0,05$). Özellikle yana hamle, tek bacak ve tek bacak squat egzersizlerinde sporcu grubunun ortalama değerleri sedanter gruba göre daha yüksek olmasına rağmen bu farklar anlamlı düzeyde değildir. Bu durum, bu egzersizlerin asimetrik denge kontrolü açısından daha az ayırt edici olabileceğini ya da gruplar arasındaki farklılığın sınırlı kaldığını düşündürmektedir.

Tablo 11. Tüm egzersizler sırasında kadın ve erkeklerin asimetri indeksi ortalamalarının karşılaştırması

Egzersiz	Grup	n	Ort	SS	p
Öne hamle	Kadın	40	16,86	15,05	0,115
	Erkek	40	12,38	9,51	
Yana hamle	Kadın	40	16,14	11,27	0,025*
	Erkek	40	11,20	7,69	
Tek bacak	Kadın	40	15,22	19,02	0,959
	Erkek	40	15,02	15,39	
Tek bacak squat	Kadın	40	6,48	5,45	0,400
	Erkek	40	7,48	5,16	

*p < 0,05

Tablo 11’de yer alan verilere göre, egzersiz türlerine göre kadın ve erkek katılımcıların asimetri indeksi ortalamaları karşılaştırıldığında yalnızca yana hamle egzersizinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p = 0,025$). Bu egzersizde kadın katılımcıların asimetri indeksi ortalaması (Ort = $16,14 \pm 11,27$), erkek katılımcılara kıyasla (Ort = $11,20 \pm 7,69$) anlamlı düzeyde daha yüksek olup, kadınlarda alt ekstremitte simetri kontrolünün bu egzersizde daha fazla değişkenlik gösterdiğini düşündürmektedir. Öne hamle, tek bacak ve tek bacak squat egzersizlerinde kadın ve erkek grupları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0,05$). Her ne kadar öne hamle egzersizinde kadınların ortalama asimetri değeri daha yüksek olsa da bu fark istatistiksel düzeye ulaşmamıştır ($p = 0,115$). Tek bacak ve tek bacak squat egzersizlerinde ise cinsiyet gruplarının ortalama değerleri birbirine oldukça yakın olup, cinsiyetin bu görevlerdeki simetri kontrolü üzerinde belirleyici bir faktör olmadığını göstermektedir.

Ağırlık, boy ve VKİ verileri ile stabilite ve simetri indeksi verileri arasındaki korelasyon test sonuçları şu şekildedir: Ağırlık ile baskın olmayan tek bacak üzerinde durma arasında anlamlı ve zayıf bir pozitif korelasyon bulunmuştur ($r = 0,299$, $p < 0,05$), bu da ağırlık arttıkça baskın olmayan tek bacak üzerinde durma stabilitesinin azaldığını göstermektedir. Ağırlık ile baskın ve baskın olmayan tek bacak squat arasında anlamlı ve zayıf bir pozitif korelasyon bulunmuştur (sırasıyla, $r = 0,232$, $p < 0,05$; $r = 0,287$, $p < 0,05$), bu da ağırlık arttıkça baskın ve baskın olmayan tek bacak squat stabilitesinin azaldığını göstermektedir. Boy ile baskın ve baskın olmayan tek bacak üzerinde durma arasında anlamlı ve pozitif korelasyon bulunmuştur (sırasıyla, $r = 0,244$, $p < 0,05$; $r = 0,344$, $p < 0,05$), bu da boy arttıkça baskın ve baskın olmayan tek bacak üzerinde durma stabilitesinin azaldığını göstermektedir.

Boy ile baskın ve baskın olmayan tek bacak squat arasında anlamlı ve orta düzeyde pozitif bir korelasyon bulunmuştur (sırasıyla, $r = 0,314$, $p < 0,05$; $r = 0,330$, $p < 0,05$), bu da boy arttıkça baskın ve baskın olmayan tek bacak squat stabilitesinin azaldığını göstermektedir. VKİ ile herhangi bir stabilite indeksi ve simetri indeksi değerleri arasında korelasyon bulunmamıştır.

TARTIŞMA

Çalışma bulguları, sporcu bireylerin çoğu denge görevinde sedanter bireylere kıyasla daha düşük stabilite indeksi değerlerine sahip olduğunu ve dolayısıyla daha iyi denge performansı sergilediklerini ortaya koymuştur. Özellikle öne hamle, tek bacak üzerinde durma ve tek bacak squat egzersizlerinde her iki tarafta da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Bu bulgular, sporcuların postüral kontrol sistemlerinin daha gelişmiş olduğunu ve bu tür görevlerde dengeyi daha etkin bir şekilde sağlayabildiklerini göstermektedir. Kesilmiş (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, erkek futbolcular ile sedanter bireyler arasında dinamik denge performansları karşılaştırılmıştır. Katılımcılar dinamik denge cihazı, Y denge testi ve flamingo tek ayak testi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, futbolcuların bipedal ve sağ ayak perimeter uzunluğu, alan farkı yüzdesi ve ortalama hız ölçümlerinde; ayrıca Y denge testinde sağ/sol anterior ve posterolateral yönlerde ve flamingo testinde açık/kapalı göz tüm koşullarda sedanterlere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek performans gösterdikleri bulunmuştur. Zwierko ve ark. (2022), takım sporu yapan bireyler ile sedanter bireylerin postüral stabilite düzeylerine göre çoklu nesne takibi performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, farklı denge koşullarının bilişsel performans üzerindeki etkisini incelemiştir. Yüksek, orta ve düşük denge stabilitesi düzeylerinde yapılan değerlendirmede, özellikle yüksek ve orta stabilite düzeylerinde, takım sporu yapan bireylerin sedanter bireylere kıyasla anlamlı düzeyde daha iyi denge koruma becerisi sergilediği bulunmuştur. Bu bulgular, spora özgü motor deneyimin, postüral denge görevlerinde daha etkili denge stratejilerinin geliştirilmesini desteklediğini göstermektedir. Sporcularda gözlemlenen gelişmiş denge kontrolü, çoklu bilişsel görevler sırasında bile postüral stabilitenin daha etkin korunmasını sağlamaktadır. Pontaga ve ark. (2024), üniversite düzeyindeki takım sporu yapan bireyler ile sedanter bireylerin statik ve dinamik denge performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, denge testlerinin sonuçlarını cinsiyet ve sportif geçmiş doğrultusunda analiz etmişlerdir. Statik denge değerlendirmesinde (Stork Stand Test), sporcu erkeklerin sedanter erkeklere kıyasla anlamlı düzeyde daha iyi performans sergilediği saptanmıştır. Kadın gruplarında ise statik denge farkı daha az belirgin olmakla birlikte yine sporcular lehine bir eğilim gözlenmiştir. Dinamik denge performansı açısından (Y-Lower Body Dynamic Balance Test), hem erkek hem de kadın sporcular, sedanter bireylere göre anlamlı şekilde daha yüksek normalize erişim skorlarına ulaşmıştır. Bu bulgular, fiziksel olarak aktif bireylerin denge kontrolü açısından sedanter bireylere

göre üstünlük taşıdığını ve özellikle dinamik denge kapasitesinin sportif geçmişten güçlü biçimde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Statik denge ise sporcularda ceiling effect (tavan etkisi) nedeniyle daha az farklılık göstermiştir. Aras ve ark. (2018) yaptığı çalışmada, deneyimli spor tırmanıcıları ile sedanter bireylerin denge performansları karşılaştırılmış; sporcuların gözler açık koşulda medio-lateral salınım, gözler kapalı koşulda ise anteroposterior yön salınımı ve değişkenliği açısından anlamlı şekilde daha iyi performans gösterdikleri bildirilmiştir. Bu bulgular, düzenli fiziksel aktivitenin ve özellikle tırmanış gibi çok boyutlu denge gerektiren sporların, postüral kontrol üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Buna karşın, yana hamle egzersizi sırasında gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu durum, bu egzersizin dinamik zorluk seviyesinin diğer testlere kıyasla daha düşük olması veya dengeye katkı sağlayan stratejilerin farklı kas gruplarını içermesiyle açıklanabilir.

Çalışmada cinsiyete dayalı elde edilen bulgular, bazı denge görevlerinde kadın ve erkek bireyler arasında anlamlı farklar olduğunu ortaya koymuştur. Öne hamle egzersizi sırasında baskın tarafta erkek bireyler, kadınlara kıyasla daha düşük stabilite indeksi değerleri göstermiş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Benzer şekilde, tek bacak squat egzersizi sırasında her iki tarafta da erkekler kadınlara göre anlamlı düzeyde daha iyi denge performansı sergilemiştir. Buna karşın, yana hamle ve tek bacak üzerinde durma egzersizleri sırasında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmamıştır. Bu durum, daha fazla kuvvet ve postüral kontrol gerektiren egzersizlerin (örneğin squat) cinsiyetler arasında daha belirgin performans farklılıkları ortaya koyduğunu düşündürmektedir. Literatürde bu konuda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Trajković ve ark. (2022), farklı spor branşlarında antrenmanlı genç erkek ve kadın sporcularda tek ayak üzerinde duruş sırasında postüral stabiliteyi incelemişlerdir. Çalışmaya yedi farklı branştan toplam 464 elit sporcu katılmış ve CoP (Center of Pressure) parametreleri (hız, genlik, frekans) değerlendirilmiştir. Bulgular, cinsiyetin denge performansı üzerinde anlamlı etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle kadın sporcular, erkek sporculara kıyasla anlamlı şekilde daha düşük CoP hızı (özellikle total ve anterior-posterior yönlerinde) ve daha düşük CoP genliği göstermiştir, bu da daha iyi postüral stabilite anlamına gelmektedir. CoP medial-lateral hızında ise cinsiyet farkı anlamlı bulunmamıştır. CoP frekansı açısından, sadece medial-lateral yönde cinsiyet farkı istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel olarak, erkekler daha fazla salınım yaparken, kadınlar daha stabil bir duruş sergilemiştir. Araştırmacılar, bu farklılıkların gelişimsel olgunluk, vücut kütlesi, boy uzunluğu ve proprioseptif kontrol gibi biyolojik ve nöromusküler faktörlerle ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Zawadka ve arkadaşlarının (2020) çalışması, fiziksel olarak aktif genç kadın ve erkeklerin tek bacak squat sırasında omurga, pelvis ve alt ekstremit eklemlerinin üç düzlemdeki açıs al kinematiklerini karşılaştırmıştır. Bulgular, cinsiyete bağlı olarak tüm kinematik

zincirde anlamlı hareket stratejisi farklılıkları olduğunu göstermektedir. Özellikle frontal ve transversal düzlemdeki farklılıklar, denge kontrolü ve yaralanma riski açısından dikkate değerdir.

Bazı çalışmalara göre bu farkların nedenleri kinematik incelemeler ile araştırılmıştır. Kadınlar tek bacak squat sırasında kinematik olarak daha riskli pozisyonlar (valgus pozisyon ve iç rotasyon gibi) alabilmektedirler. Nöromüsküler kontrol açısından kadınlarda kalça kasları daha aktif görünürken, quadricepslerde bazı azalmalar söz konusudur. Erkek ve kadın statik denge performansları da farklı görülmekte ancak bu spor dalı ve bireysel özelliklerle değişkenlik gösterebilmektedirler (Graci ve ark., 2012; Gaviraghi ve ark., 2024; Pontaga ve ark., 2024). Genel olarak değerlendirildiğinde, erkek bireylerin bazı görevlerde daha düşük stabilite indeksi değerleriyle daha iyi postüral denge performansı sergilediği görülmektedir. Bu farklılıklar, alt ekstremité kas kuvveti, proprioseptif duyarlılık ve nöromüsküler kontrol farklılıkları gibi cinsiyete özgü fizyolojik faktörlerle açıklanabilir.

Bu çalışmada bütün katılımcılardan elde edilen asimetri indeksi bulgularına göre, dört farklı egzersiz türü arasında yalnızca tek bacak üzerinde durma egzersizinde negatif ve pozitif asimetri grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmiştir. Bu durum, tek bacak egzersizinin alt ekstremité asimetrisini değerlendirmede daha hassas bir araç olabileceğini göstermektedir. Öte yandan, tek bacak squat egzersizinde ise negatif ve pozitif asimetri grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu bulgunun nedeni olarak ceiling effect (tavan etkisi) gösterilebilir. Tek bacak squat egzersizi, doğası gereği yüksek düzeyde denge ve kuvvet gerektiren zorlayıcı bir uygulamadır. Ancak bu çalışmada hem baskın hem de baskın olmayan bacaklarda elde edilen simetri indeksi ortalamalarının 1 ile 5 arasında olması gerekirken, 4'ün üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu durum, katılımcıların büyük çoğunluğunun performanslarını testin üst sınırına yakın değerlerde sergilediğini ve bu nedenle bireyler arasındaki varyansın sınırlı kaldığını göstermektedir. Böylece ölçüm aracının gerçek performans farklarını ayırt edebilme kapasitesi düşmüş, yani tavan etkisi ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, tek bacak squat gibi yüksek performans gerektiren görevlerin, özellikle iyi dengeye sahip katılımcılarda ayırt edici gücünü sınırlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Alt ekstremitéye ilişkin denge görevlerinde gözlenen asimetri, literatürde hem sporcularda hem de sağlıklı bireylerde sıkça incelenmiştir. Özellikle baskın ve baskın olmayan bacaklar arasındaki farklar, tek bacak denge görevleri sırasında belirgin hale gelebilmekte; ancak bu farklar bireyin sportif geçmişine, branşına ve uygulanan denge testinin türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Y Balance Testi (YBT) gibi fonksiyonel denge testlerinde 4 cm'yi aşan asimetriğin yaralanma riskiyle ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Plisky ve ark., 2006). Bu nedenle YBT, asimetri indeksinin hesaplanmasında yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Kovacikova ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, bireylerin stabilizasyon görevlerinde bir bacağı diğerine tercih ettiğini ve bu tercihin görev türüne göre değişebildiğini bildirmiştir. Özellikle baskın bacağın zorlu motor görevlerde kullanıldığı ve bu durumun asimetric nöromotor kontrol stratejileri ile ilişkili olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca bazı çalışmalar (Gribble ve ark., 2012; Konstantopoulos ve ark., 2021), dinamik denge görevlerinde (örneğin Biodex stabilite testleri) sağ ve sol bacaklar arasında antero-posterior ve medio-lateral stabilite indeksleri açısından anlamlı farklar ortaya koymuştur. Ancak bu farkların anlamlılığı spor branşına, yaşa, denge deneyimine ve kas yorgunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel olarak, düzenli fiziksel aktivitenin ve spora özgü antrenmanların hem statik hem de dinamik dengenin gelişiminde önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Bu bulgular, sportif performansı artırmaya yönelik denge temelli antrenmanların önemini desteklemektedir. Aynı zamanda, alt ekstremiteye ait denge değerlendirmelerinde asimetric dağılımın dikkatle izlenmesi, yalnızca performansın değil aynı zamanda yaralanma riskinin öngörülmesi açısından da önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma kesitsel tasarıma sahip olduğundan, bulgular nedensellik şeklinde değil ilişki ve grup farklılıkları kapsamında yorumlanmalıdır.

Teşekkür ve Bilgi Beyanı

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen A2003 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin yazarları arasında, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): HS(%100)

Veri Toplanması (Data Acquisition): HS(%50), SA(%50)

Veri Analizi (Data Analysis): HS(%50), SA(%50)

Makalenin Yazımı (Writing Up): HS(%50), SA(%50)

Makale Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): HS(%100)

KAYNAKLAR

- Amiri-Khorasani, M., & Mogharabi-Manzari, M. (2014). Effect of different physical activity levels on the static and dynamic balance of dominant and non-dominant legs in females. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 9(8), 1177-88. <https://doi.org/10.22122/jrrs.v9i8.1261>
- Aras, D., Kitano, K., Phipps, A. M., Enyart, M. R., Akça, F., Kocej, D. M., ... et al. (2018). The comparison of postural balance level between advanced sport climbers and sedentary adults. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 7(3), 1-9. <https://doi.org/10.30472/ijae.v7i3.226>
- Bhise, S. A., & Patil, N. K. (2016). Dominant and non-dominant leg activities in young adults. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, 5(4), 257-64. <https://doi.org/10.5455/ijtrr.000000172>
- Bigoni, M., Turati, M., Gandolla, M., Augusti, C. A., Pedrocchi, A., La Torre, A., ... et al. (2017). Balance in young male soccer players: dominant versus non-dominant leg. *Sport Sciences for Health*, 13, 253-258. <https://doi.org/10.1007/s11332-016-0319-4>
- Bouillon, L. E., Hofener, M., O'Donnel, A., Milligan, A., & Obrock, C. (2019). Comparison of muscle activity using unstable devices during a forward lunge. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(4), 394-399. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0296>
- Bouillon, L. E., Wilhelm, J., Eisel, P., Wiesner, J., Rachow, M., & Hatteberg, L. (2012). Electromyographic assessment of muscle activity between genders during unilateral weight-bearing tasks using adjusted distances. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(6), 595. 23316423
- Chastin, S. F., McGregor, D. E., Biddle, S. J., Cardon, G., Chaput, J. P., Dall, P. M., ... et al. (2021). Striking the right balance: evidence to inform combined physical activity and sedentary behavior recommendations. *Journal of Physical Activity and Health*, 18(6), 631-637. <https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0635>
- Çağlar, E. Ç., Özkan, R., Bayraktar, M. T., & Uzun, R. N. (2025). Weight Loss Methods in Male Combat Athletes Effects and Differences by Discipline. *Uluslararası Spor Egzersiz ve Antrenman Bilimi Dergisi*, 11(3), 256-265.
- Desai, R. R., Damsam, A. R., & Palekar, T. J. (2022). Efficacy of open versus closed kinetic chain exercises on dynamic balance and health status in individuals with osteoarthritis of knee joint: a quasi-experimental study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 16, YC05-YC09. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/51079.16766>
- Ebert, J. R., Edwards, P., Currie, J., Smith, A., Joss, B., Ackland, T., ... et al. (2018). Comparison of the 'back in action' test battery to standard hop tests and isokinetic knee dynamometry in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(3), 389. <https://doi.org/10.26603/ijsp.20180389>
- Elias, L. J., Bryden, M. P., & Bulman-Fleming, M. B. (1998). Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. *Neuropsychologia*, 36(1), 37-43. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(97\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(97)00107-3)
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Lowry, T. M., Barrentine, S. W., & Andrews, J. R. (2001). A three-dimensional biomechanical analysis of the squat during varying stance widths. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 984-998. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00019>
- Ferreira, L. G. P., Genebra, C. V. D. S., Maciel, N. M., Arca, E. A., Fiorelli, A., & Vitta, A. D. (2017). Multisensory and closed kinetic chain exercises on the functional capacity and balance in elderly women: blinded randomized clinical trial. *Fisioterapia em Movimento*, 30 (suppl 1), 259-266. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.S01.A025>
- Gaviraghi, P., Chaida-Sonda, F., Fernandes-Frigotto, M., Molinari, T., Pizarro Chaffe, L., Flor, J. L., ... et al. (2024). Females present different single-leg squat kinematics and muscle activation strategies than males even after hip abductor fatigue. *Biomechanics*, 4(2), 282-293. <https://doi.org/10.3390/biomechanics4020017>
- Graci, V., Van Dillen, L. R., & Salsich, G. B. (2012). Gender differences in trunk, pelvis and lower limb kinematics during a single leg squat. *Gait & Posture*, 36(3), 461-466. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.04.006>
- Gribble, P. A., & Hertel, J. (2004). Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(4), 589-592. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.031>
- Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339-357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>
- Guan, Y., Bredin, S., Taunton, J., Jiang, Q., Wu, L., Kaufman, K., ... et al. (2021). Bilateral difference between lower limbs in children practicing laterally dominant vs. non-laterally dominant sports. *European Journal of Sport Science*, 21(8), 1092-1100. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1814425>
- Hadamus, A., Gulańska, M., Ferenc, A., Shahnazaryan, K., Brzuszkiewicz-Kuźmicka, G., & Błażkiewicz, M. (2025). Influence of leg dominance on the symmetry in body balance measurements. *Physical Activity Review*, 13(1). <https://doi.org/10.16926/par.2025.13.08>

- Haddad, M., Abbas, Z., Zarrouk, N., Aganovic, Z., Hulweh, A., Moussa-Chamari, I., ... et al. (2023). Difference asymmetry between preferred dominant and non-dominant legs in muscular power and balance among sub-elite soccer players in Qatar. *Symmetry*, 15(3), 625. <https://doi.org/10.3390/sym15030625>
- Harput, G., Soylu, A. R., Ertan, H., Ergun, N., & Mattacola, C. G. (2014). Effect of gender on the quadriceps-to-hamstrings coactivation ratio during different exercises. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(1), 36-43. <https://doi.org/10.1123/JSR.2012-0120>
- Hatton, A. L., Kemp, J. L., Brauer, S. G., Clark, R. A., & Crossley, K. M. (2014). Impairment of dynamic single-leg balance performance in individuals with hip chondropathy. *Arthritis Care & Research*, 66(5), 709-716. <https://doi.org/10.1002/acr.22193>
- Hildebrandt, C., Müller, L., Zisch, B., Huber, R., Fink, C., & Raschner, C. (2015). Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part I: development of a new test battery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(5), 1273-1281. <http://doi.org/10.1007/s00167-015-3560-5>
- Horváth, Á., Ferentzi, E., Schwartz, K., Jacobs, N., Meyns, P., & Köteles, F. (2023). The measurement of proprioceptive accuracy: A systematic literature review. *Journal of Sport and Health Science*, 12(2), 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.04.001>
- Jo, I., Hong, E. J., Yoon, H. W., Ma, Y., Lee, S. Y., & Lee, H. D. (2025). Neuromuscular Strategies in dominant and non-dominant legs in dancers during dynamic balance tasks. *Journal of Dance Medicine & Science*, 1089313X241309781. <https://doi.org/10.1177/1089313X241309781>
- Kadri, M. A., Noé, F., Maitre, J., Maffulli, N., & Paillard, T. (2021). Effects of limb dominance on postural balance in sportsmen practicing symmetric and asymmetric sports: A pilot study. *Symmetry*, 13(11), 2199. <https://doi.org/10.3390/sym13112199>
- Kesilmi, I. (2017). The comparison of the different balance performance of soccer players versus sedentary. *IJSSPE*, 2(3), 37-43. <https://doi.org/10.11648/j.ijsspe.20170203.11>
- Konstantopoulos, I., Kafetzakis, I., Chatziilias, V., & Mandalidis, D. (2021). Fatigue-induced inter-limb asymmetries in strength of the hip stabilizers, postural control and gait following a unilateral countermovement vertical jump protocol. *Sports*, 9(3), 33. <https://doi.org/10.3390/sports9030033>
- Kovacikova, Z., Zemkova, E., Neumannova, K., Jelen, M., Jelen, K., & Janura, M. (2015). The role of lateral preference of lower limbs in a postural stabilization task. *Neuroendocrinol. Lett*, 36, 91-95.
- Kwon, Y. J., Park, S. J., Jefferson, J., & Kim, K. (2013). The effect of open and closed kinetic chain exercises on dynamic balance ability of normal healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(6), 671-674. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.671>
- Levin, S., de Solórzano, S. L., & Scarr, G. (2017). The significance of closed kinematic chains to biological movement and dynamic stability. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(3), 664-672. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.03.012>
- Mocanu, G. D., Murariu, G., Onu, I., & Badicu, G. (2022). The influence of gender and the specificity of sports activities on the performance of body balance for students of the faculty of physical education and sports. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7672. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137672>
- Nagano, Y., Ida, H., Akai, M., & Fukubayashi, T. (2007). Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing. *The Knee*, 14(3), 218-223. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2006.11.008>
- Özkan, R., Biyik, K., Uzun, R. N., & Imamoğlu, O. (2025). Takım Sporcularının Yaralanma Kaygı Durumlarının Kariyer Sonlanma Kaygılarına Etkisi. *Turkish Studies - Social Sciences*, 20(3), 1977-1992.
- Pambris, G. M., Pavlou, K., Paraskevopoulos, E., & Mohagheghi, A. A. (2024). Effect of open vs. closed kinetic chain exercises in ACL rehabilitation on knee joint pain, laxity, extensor muscles strength, and function: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1416690. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1416690>
- Peters, M. (1988). Footedness: asymmetries in foot preference and skill and neuropsychological assessment of foot movement. *Psychological Bulletin*, 103(2), 179. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.2.179>
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2006.2244>
- Pojisk, H., McGawley, K., Gustafsson, A., & Behm, D. G. (2020). The reliability and validity of a novel sport-specific balance test to differentiate performance levels in elite curling players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 337. <https://doi.org/10.1080/14767055.2020.1810727>
- Pontaga, I., Vilks, S., & Abolins, V. (2024). Assessment of static and dynamic balance performance in team sports athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 24(1), 123-132. <https://doi.org/10.7752/jpes.2024.01016>

- Promsri, A., Bangkomdet, K., Jindatham, I., & Jenchang, T. (2023). Leg dominance—surface stability interaction: Effects on postural control assessed by smartphone-based accelerometry. *Sports*, 11(4), 75. <https://doi.org/10.3390/sports11040075>.
- Promsri, A., Haid, T., Werner, I., & Federolf, P. (2020). Leg dominance effects on postural control when performing challenging balance exercises. *Brain Sciences*, 10(3), 128. <https://doi.org/10.3390/brainsci10030128>
- Thonga, T., Stasi, S., & Papathanasiou, G. (2021). The effect of intensive close-kinetic-chain exercises on functionality and balance confidence after total knee arthroplasty. *Cureus*, 13(10), e18965. <https://doi.org/10.7759/cureus18965>
- Trajković, N., Smajla, D., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2022). Postural stability in single-leg quiet stance in highly trained athletes: Sex and sport differences. *Journal of Clinical Medicine*, 11(4), 1009. <https://doi.org/10.3390/jcm11041009>
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- Zawadka, M., Smolka, J., Skublewska-Paszkowska, M., Lukasik, E., Bys, A., Zielinski, G., ... et al. (2020). Sex-dependent differences in single-leg squat kinematics and their relationship to squat depth in physically active individuals. *Scientific Reports*, 10(1), 19601. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76674-2>
- Zwierko, T., Lesiakowski, P., Redondo, B., & Vera, J. (2022). Examining the ability to track multiple moving targets as a function of postural stability: a comparison between team sports players and sedentary individuals. *PeerJ*, 10, e13964. <https://doi.org/10.7717/peerj.13964>