



2017, 2(2), 135-150

Plantar Basınç Dağılımı ile Stabilite ve Koordinasyon Arasındaki İlişki: Milli Olimpik Yelken Takımı Örneği

The Relationship between Plantar Pressure Distribution and Stability-Coordination: Example of National Olympic Sailing Team

Senay ÇEREZCİ^{1*}, Ayşe UZUN², Nihan ÖZÜNLÜ PEKYAVAŞ¹, Özge ÇINAR MEDENİ³, Filiz Fatma ÇOLAKOĞLU⁴, Gül BALTACI²

¹Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

²Özel Güven Çayyolu Sağlık Kampüsü, Çayyolu, Ankara.

³Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Çankırı.

⁴Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara.

Amaç: Sporun her alanı ince değerlendirme ve planlama gerektirmektedir. Literatürde denge-koordinasyon ve plantar basınç dağılımı ayrı ayrı incelense de aralarındaki bağlantıyı ortaya koyan çalışmalara rastlanmamaktadır. Mevcut çalışmanın amacı; olimpik yelken sporcularında, plantar basınç dağılımının denge ve koordinasyon ile ilişkisini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya, son 3 ay içerisinde herhangi bir ortopedik problem yaşamamış 20 gönüllü olimpik yelken sporcusu dahil edildi. Sporcuların plantar basınç dağılımı, Dijital Biyometri Tarama Sistemi ve Milletrix yazılımı (DIASU, İtalya) kullanılarak değerlendirildi. Cihaz ile hem statik hem dinamik koşullarda ayakta basınç dağılımı ölçüldü. Denge ve koordinasyon HUBER@360 (LPG Sistemleri Valence, Fransa) rehabilitasyon cihazı kullanılarak değerlendirildi. Mevcut sistemle, denge kapasitesi, stabilite alanı, hareket kabiliyeti kısıtlaması ve koordinasyon testleri uygulandı. Bireylerin plantar basınç dağılımının denge ve koordinasyon ile ilişkisini araştırmak amacıyla istatistiksel analiz olarak Spearman Korelasyon Analizi kullanıldı.

Bulgular: Gözler açık stabilite ile statik duruş sırasındaki maksimal basınç dağılımı ($p=0,005$ $r=-0,606$) ve temas yüzdesi ($p=0,019$ $r=-0,521$) arasında anlamlı ilişki bulundu. Statik duruş sırasında her iki ayakta ortalama basınç dağılımı ile gözler kapalı stabilite arasında anlamlı ilişki bulundu (sağ $p<0,001$ $r=0,725$; sol $p=0,013$ $r=0,544$). Yürüme sırasında sağ ön ve sol arka ayağa yük aktarımı ile koordinasyon (sağ $p=0,46$

*Yazışma Adresi: Senay Çerezci, Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye.

E-posta adresi: senaycerzci@gmail.com / Tel: +90312 2466673 - 1519

Gönderim Tarihi: 10 Eylül 2017. Kabul Tarihi: 12 Kasım 2017.

$r=0,452$; sol $p=0,16$ $r=0,531$) ve koordinasyon zamanı (sağ $p=0,021$ $r=0,513$; sol $p=0,009$ $r=0,566$) arasında anlamlı ilişki bulundu.

Sonuç: Yapılan çalışmalarda ayakta duruş sırasında postural kontrolü, her bir ayağın mekanik yüklenmesi gibi farklı mekanik koşulların etkilediği gösterilmiştir. Bunun yanında alt ekstremitede yük dağılımının farklı olmasının koordinasyon paterninde değişikliğe sebep olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamız sonucunda yelken sporcularının ayak basınç analizlerinin, yaptıkları spor için önemli parametreler olan denge ve koordinasyonun etkilenimi ve geliştirilmesi açısından önemini vurguladığımızı düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: Spor, Ayak, Basınç, Denge

Abstract

Objectives: Every field of sports requires fine evaluation and planning. In the literature, there is no study that reveals the connection between balance-coordination and plantar pressure distribution separately. The aim of this study was to investigate the relationship between plantar pressure distribution and balance and coordination in sailing athletes.

Material and Methods: Twenty volunteer sailing athletes were included in the study, who had not experienced any orthopedic problems in the last 3 months. Plantar pressure distribution of the athletes was assessed using the Digital Biometry Scanning System and Milletrix software (DIASU, Italy). The device measures pressure distribution at both static and dynamic conditions. Balance and coordination were evaluated using HUBER®360 (LPG Systems Valence, France) rehabilitation device. With the current system, the balance capacity, stability area, mobility restriction and coordination tests were applied. Spearman Correlation Analysis was used as a statistical analysis to investigate the relationship between plantar pressure distribution and balance- coordination of individuals.

Results: There was a significant relationship between maximal pressure distribution during static stance ($p=0,005$ $r=-0,606$) and contact percentage ($p=0,019$ $r=-0,521$) with eyes opened stability. There was a statistically significant relationship between the average pressure distribution at both feet during the static posture and with eyes closed stability (right $p<0.001$ $r=0.725$; left $p=0,013$ $r=0.544$). There was a statistically significant relationship between load transfer to right front, left rear foot during walking and coordination

(right $p=0,46$ $r=0,452$; left $p=0,16$ $r=0,531$) and coordination time (right $p=0,21$ $r=0,513$; left $p=0,009$ $r=0,566$).

Conclusion: Postural control during standing postures has been shown to affect different mechanical conditions like mechanical loading of each foot. On the other hand, it is thought that different load distribution in the lower extremity may cause a change in coordination pattern. As a result of our study, we consider that results emphasizes the importance of plantar pressure distribution of sailing athletes which affects the balance and coordination that are important parameters for the sport they are doing.

Key Words: Sports, Pressure, Foot, Balance

© 2017 Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi. Tüm Hakları Saklıdır.

1. Giriş

Denge, belirli bir yük altında (kuvvet veya hareket) vücudun sabit kalabilme yeteneğidir (Kreighbaum & Barthels, 1996; Susan J. Hall, 2015). Mevcut denge ölçümlerinin altında yatan teorik temeli sistematik olarak inceleyen çalışmalar vardır (Tyson & Connell, 2009). Çağdaş postural kontrol teorisi dengeyi, sürekli değişen bir ortamda sinir sistemi ile etkileşime giren bir mekanik sistem olarak entegre girdilerin ve vücudun bir ürünü olarak görür (Horak & Macpherson, 2011; Sibley, Beauchamp, Ooteghem, Straus, & Jaglal, 2015; Woollacott & Shumway-Cook, 1990). Bu teori için gerekli dayanak, altta yatan sistemlerde kısıtlılık veya açıkların dengeyi nasıl etkilediğini gösteren laboratuvar çalışmalarından elde edilen kanıtlarla sağlanmıştır (Horak, Wrisley, & Frank, 2009).

Denge, herhangi bir postürde veya hareket esnasında, bu pozisyonu korumak ve devamlılığını sağlamak için gerekli olan postural kontrolün kazanılmasıyla gelişebilir. Postural stabilite; görsel, vestibüler ve somatosensoryel bilgiyi merkezi sinir sistemi seviyesine entegre ederek elde edilir ve bu bilgilere dayanarak, destek yüzeyi içinde ağırlık merkezinin (Center of Gravity "CoG" veya Center of Pressure "CoP" veya Center of Mass "CoM") pozisyonunu belirleyen motor faaliyette düzeltici değişiklikler oluşur (Horlings, Carpenter, Honegger, & Allum, 2009). Postural kontrol sisteminin iki ana işlevi vardır: Birincisi, yerçekimine karşı postür oluşturmak ve dengenin korunmasını sağlamak, ikincisi ise dış dünya ile algı ve eylem için bir referans çerçeve görevi gören vücut segmentlerinin yönünü ve konumunu düzeltmektir (Massion, 1994).

Bütün bunlar düşünüldüğünde postural kontrol, herhangi bir postür veya aktivite sırasında vücudun denge durumunun devamlılığının korunması ve restorasyonu olarak tanımlanabilir. İnsan vücudunun dengede kalabilme yeteneği; CoG pozisyonuyla ve destek yüzey alanıyla (Base of Support "BoS") ilişkilidir. Stabilitate ise denge durumunu koruyabilme ve tekrardan kazanabilme ile ilişkilidir (Kreighbaum & Barthels, 1996; Susan J. Hall, 2015).

Olimpik yelken sporu hem sporcunun hem de yelkenin teknik özelliklerinin etkin olduğu kompleks bir spordur. Yüksek seviyede fiziksel kondisyon ve teknik beceri gerektirir. Sporcular farklı standartta bot sınıfında bireysel veya takım olarak yarışabilmektedir (Mackie & Legg, 1999; Moller, Larsson, & Aagaard, 2015; Sekulic, Medved, & Rausavljevi, 2006). Sporcunun kuvvetli rüzgara karşı bot üzerinde dengeyi koruyabilmesi ve devamlılığını getirebilmesi için fiziksel performansının iyi olması gerekmektedir (Tanner & Gore, 2013). Fiziksel performansta önemli parametrelerden biri de bot üzerinde dengenin devamlılığının korunmasıdır.

Ayak, alt ekstremitte zincirindeki en distal segmenttir ve vücudun "denge" sağladığı nispeten küçük bir destek tabanıdır (özellikle tek bacak durumunda). Destek yüzeyindeki küçük biyomekanik değişikliklerin bile postural kontrol stratejilerini etkileyebileceği düşünülmektedir (Massion, 1994). Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen veriler, hem türler içinde hem türler arasında ayak yapısındaki değişkenliğin, fonksiyonu etkileme potansiyeli olduğunu düşündürmektedir (Goto & Kumakura, 2013; McGowan, Baudinette, & Biewener, 2008). Ayak yapısı ve motor fonksiyon arasındaki ilişkinin anlaşılması önemlidir. Bireyler arasındaki yapı ve ilişkili fonksiyondaki varyasyonlar, elit sporcuların yeteneklerini etkileme potansiyeline sahiptir (Van Werkhoven & Piazza, 2017). Yapısal değişkenliğin fonksiyonel kapasiteyi nasıl etkilediğine ilişkin bilgi, belirli bir görevi yerine getirmek için bireysel kapasiteyi değerlendirmemize yardımcı olur ve performansı nasıl geliştireceğimizin daha iyi anlaşılmasına yol açar.

Ayağın kendi içinde ve iki ayak arasında bir dinamiği vardır. Ayakta duruş esnasında ağırlık merkezi ve her iki ayak arasındaki ilişki, ayaklar arası koordinasyon (interfoot coordination) olarak adlandırılır. Ayakta duruş esnasında tek ayağın arka ve topuk yüzeyi arasındaki ilişki, ayak içi koordinasyon (intrafoot coordination) olarak adlandırılır. Ayaktaki basınç dağılımının tespit edildiği bu yöntem pedografi denmektedir. Pedobarografi ise dinamik yüklenme esnasında ayak ve zemin arasında basınç ölçümlerinin kaydedildiği bir metoddur (Skopljak, Muftic, Sukalo, Masic, & Zunic, 2014).

Literatür incelendiğinde Kirbiy ve diğ ayakta duruşta postural kontrolü, farklı mekanik koşulların etkilediği ve alt ekstremitedeki yük dağılımının farklı olmasının koordinasyon paterninde değişikliğe sebep olabileceğine değinmiş; Cote ve diğ ise ayaktaki yük aktarımındaki değişimlerin postural kontrolü de etkilediğini göstermiştir (Cote, Brunet, Gansneder, & Shultz, 2005; Kirby, Price, & MacLeod, 1987). Bunların yanında henüz, profesyonel sporcularının plantar basınç analizi ve denge değerleri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaya rastlanmamaktır. Mevcut çalışmanın amacı, profesyonel yelken sporcularının denge ve koordinasyonları ile plantar basınç dağılımları arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

2. Gereç ve Yöntem

Araştırma Dizaynı ve Katılımcılar:

Çalışma protokolü Türkiye Yelken Federasyonu tarafından onaylandı. Değerlendirme federasyon bünyesinde yapıldığı için ek etik kurul onayına başvurulmadı. Bütün katılımcılardan çalışmanın başlangıcında yazılı onam alındı. Federasyona bağlı 25 olimpik yelken sporcusundan, 20 gönüllü sporcu çalışmamıza dahil edildi. Son 3 ay içerisinde ortopedik, lumbal veya servikal problemi olan sporcular çalışmaya dahil edilmedi.

Değerlendirme Protokolü:

Plantar Basınç Analizi

Yelken sporcularının plantar basınç dağılımı, Dijital Biyometri Tarama Sistemi ve Milletrix yazılımı (DIASU, İtalya) kullanılarak değerlendirildi.

Hastanın klinik muayenesine ek olarak, bu şekilde, yürüme durumunun belirli evrelerinde ayağın durumu ve yük tipi hakkında bilgiler elde edilir. Tüm bunlar, yürüme için özel bir platforma yerleştirilen elektronik sensörler ile sağlanır. Sensörler, ayak analizini gerçekleştirmek için programlanmış bilgisayar sistemine doğrudan bağlıdır. Cihaz hem statik hem de dinamik hareket esnasında ayaktaki basınç dağılımını göstermektedir. Yürüyüş sonunda bilgisayarlı sistem aracılığıyla ayağın plantar basınç dağılımı saptanmaktadır (Skopljak ve diğ., 2014). Ayağın plantar yüzeyinin analizinde, taban ile baropodometrik platform arasındaki tüm temas noktaları temsil edilir.

Statik değerlendirmede; beş saniyelik bir süre boyunca statik gövde dalgalanmalarının ortalama sonucunu saptanarak, sol ve sağ ayak arasındaki "destek poligonunda" bulunan baskı gösterilir. Bu incelemede gözlenen veriler "temel parametreler"i tanımlar ve ayağın morfolojik verileri ile ilişkilendirilmelidir. Destek yüzeyinde ve her bir ekstremitedeki yük dağılımı, yüzey dağılımı, basınç

merkezinin pozisyonu gibi değerler elde edilir. 10 renk seviyesinden oluşan renkli skala destek paternini vurgular ve herhangi bir hipo/hiper yüklenmeyi gösterir. Basıncın ortalama rengi, sağ ve sol ayağı içene alan tüm poligonu (yüzeyi) içerecek şekilde ortalama olarak alınır (Ion-Silviu, Sorin, Paul, Tiberiu, & Eugen, 2016).

Dinamik değerlendirme; bireyin yürüyüşü sırasında platforma denk gelen en az ardışık 3 adımı değerlendirilerek veriler elde edilir. Göstergenin doğru bir şekilde değerlendirilmesi için en az 4-6 dinamik testin uygulanması idealdir. Yazılım, seçilen ayak izlerini kullanarak ortalama ayak izi ve sayısal veriyi hesaplar. Hareketle ilgili bu çalışma, bireyin efektif motor koordinasyon kapasitesini değerlendirmeye olanak sağlar.

Dinamik testte, her bir ayağın (kuvvetlerin sonucu) ve yürüyüşün (genel sonuç) basınç merkezinin ilerlemesiyle oluşan devamlı çizgisel ilerlemeyle nicel, nitel veriler olarak yüzeyler ve yükleri ölçülür. Dinamik koşullarda ön – arka ayak ilişkisi de değerlendirilen parametrelerden biridir ve arka ayağı takiben ön ayağın yanlış temasından kaynaklanabilecek basınç merkezi destabilizasyonu niteliksel değerlendirmesi için yardımcıdır.

Çalışmaya katılan bireylerin plantar basınç analizi ölçümleri dahilinde; *statik* koşullarda, temas yüzdesi (%), maksimal basınç (g/cm^2) ile sağ - sol ayak için ayrı ayrı olmak üzere; temas alanı (cm^2), temas yüzeyi (%); *dinamik* koşullarda, ön - arka ayağa etkiyen yükler (kg) ve ortalama basınçlar (g/cm^2) değerleri kaydedildi.

Denge ve Koordinasyon

Çalışma dahilinde, denge ve koordinasyonun değerlendirilmesi için HUBER® 360 (LPG Sistemleri Valence, Fransa) rehabilitasyon cihazı kullanıldı.

HUBER® 360, nöromusküler rehabilitasyon ve değerlendirme için tasarlanmış bir cihazdır ve entegre işlevsel değerlendirme imkânı sağlar (Resim 1). Mevcut sistemle; denge kapasitesi, stabilite alanı, mobilite limitleri ve motor koordinasyon konularında bireylere test uygulanıp değerlendirilebilir. Cihaz çok eksenli motorize platformdan oluşmaktadır. Platform içinde gömülü kuvvet sensörleri ve tutacakları bulunmaktadır. Cihazın platformu hareketlidir. Cihaz farklı açı ve hızlarda değerlendirme yapabilmektedir. Cihaz sporcunun fiziksel performansının değerlendirilmesinde ve egzersiz eğitiminde kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Sonuçlar görsel yolla bir ekrana yansıtılmaktadır. İlgili testlerden sonra ise raporlar ve hasta ilerleme

raporları kullanılabilir. Başka bir deyişle; bu tıbbi cihaz, işlevsel bir değerlendirmeyi bütünleştirir ve PDF formatında kişiselleştirilmiş bir rapor tasarlar.



Resim 1: HUBER® 360 rehabilitasyon cihazı.

Çalışma dahilinde, denge ve koordinasyon seviyesinin belirlenmesi için stabilite alanı, stabilite hızı, stabilite limitleri koordinasyon seviyesi ve koordinasyon zamanı değerlendirildi.

Stabilite testinde katılımcının, 50 saniyelik süre içinde gözü açık ve kapalı olarak ağırlık merkezinin (CoG) ne kadar saptığı değerlendirildi. Sonuç ölçümü olan “stabilite alanı” mm² cinsinden ifade edildi.

Stabilite limiti değerlendirmesinde katılımcının, ayaklarını hareket ettirmeden veya ayaklarını platformdan kaldırmadan, vücut ağırlıklarını bir yöne ne derece transfer edebildikleri ölçüldü. Değerlendirme kriterleri ağırlık merkezine göre 8 farklı yönde yapıldı. Sonuç ölçümü olan “stabilite limiti” mm² cinsinden ifade edildi.

Koordinasyon değerlendirmesinde katılımcının, 30 seviyeyi mümkün olan en hızlı sürede tamamlaması istendi. Sonuç ölçümleri olan “koordinasyon seviyesi” 0 ila 30 arasında bir değer aldı ve “koordinasyon zamanı” saniye olarak ifade edildi.

Prosedür;

Test 1, Stabilite: Sporcu platformun üzerine çıplak ayakla çıkar. Kollar serbest pozisyonda ve nötral pozisyonda yanda durur. Gözler karşıya bakar. Stabilite testi gözle açık ve kapalı olarak yapılır. Test başlamasından sonra ki gelen bip sesinden sonra test sonlandırılır. Bu prosedür gözler açık ve kapalı olarak yapılır.

Test 2, Stabilite Limitleri: Atlet platform üzerinde çıplak ayak durması ve karşıdaki ekrana bakması istenir. Atletten, öne arkaya ve yana doğru ayaklarını kaldırmadan, vücudunu hareket ettirerek ok yönündeki hedefe mümkün olduğunca ulaşmaya çalışması istenir.

Test 3, Koordinasyon: Atlet platformun üzerinde çıplak ayak durur. İki el de yanda ve serbest el aparatlarından tutar. Ekrandaki komuta göre atlet parmaklarıyla el aparatına hafif dokunarak itme ve çekme fonksiyonunu gerçekleştirir. Eğer aşamayı başarırsa bir üst seviyeye geçer.

İstatiksel Analiz:

İstatiksel analiz SPSS versiyon 21.0 yazılımı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafiği) ve analitik yöntemlerle (Kolmogorov-Smirnov/ Shapiro-Wilk) incelenerek normal dağılıma uyup uymadıkları hesaplandı. Veriler normal dağılıma uymadığı için, ayak basınç değerlendirmesi ve denge – koordinasyon arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman Korelasyon analizi kullanıldı. Sonuçlar $p < 0,05$ anlamlılık düzeyi ile ifade edildi. Korelasyon verilerinin anlamlılık düzeyi $r \geq 0,50$ olarak kabul edildi. Tüm analizler, istatistik programı (Windows 21.0 için SPSS) kullanılarak gerçekleştirildi.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında 20 olimpik yelken sporcusu değerlendirildi. Çalışmaya dahil edilen sporcuların ortalama yaşları $21,8 \pm 0,8$ yıl, ortalama boyları $173 \pm 1,9$ cm, ortalama vücut ağırlıkları $70,75 \pm 2,5$ kg ve ortalama vücut kütle indeksleri $23,31 \pm 0,5$ kg/cm² idi.

Çalışma kapsamında değerlendirilen bulgular, pedobarografi cihazı ile; temas yüzdesi (%), maksimal basınç (g/cm²), sağ ve sol ayak; temas alanı (cm²), dinamik ön – arka ayağa etkiyen yük (kg), ortalama basıncı (kg), HUBER cihazı ile; gözler açık ve kapalı stabilite alanı (mm²), stabilite hızı (mm/sn), stabilite limiti (mm²), koordinasyon seviyesi ve koordinasyon zamanı (sn)'dir (Tablo 1 ve Tablo 2).

Tablo 1: Plantar basınç ile stabilite-koordinasyon arasındaki ilişki

			TA-R	TA-L	T%	Max Pr	Din. ÖnAyak-R	Din. ÖnAyak-L	Din. ArkAyak-R	Din. ArkAyak-L	Din. OrtPr-R	Din. OrtPr-L
Denge & Koordinasyon	Stab-GA	r	-,111	-,216	-,521*	-,606**	-,562**	-,141	-,239	-,504*	,018	-,159
		p	,642	,360	,019	,005	,010	,552	,310	,024	,940	,502
	Stab-GK	r	-,023	,058	-,332	-,290	-,337	,205	,238	-,286	,725**	,544*
		p	,922	,808	,153	,214	,146	,387	,313	,222	,000	,013
	Stab Hız-GK	r	,062	,114	-,300	-,287	-,289	,340	,308	-,307	,638**	,499*
		p	,796	,631	,199	,219	,217	,143	,186	,188	,002	,025
	Stab Lim	r	,212	,262	,266	,219	,144	,368	,238	,011	-,140	-,051
		p	,371	,265	,256	,354	,544	,110	,313	,965	,556	,830
	Koord	r	-,274	,025	,351	,126	,452*	,151	-,063	,531*	-,012	-,254
		p	,242	,917	,129	,595	,046	,526	,791	,016	,959	,281
	Koord t	r	-,184	,125	,311	,138	,513*	,141	-,086	,566**	-,007	-,244
		p	,438	,598	,182	,562	,021	,554	,717	,009	,977	,300

** . Korelasyon, 0,01 düzeyinde anlamlıdır.

* . Korelasyon, 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

TA-R: temas alanı (cm²) - sağ

TA-L: temas alanı (cm²) - sol

T%: temas yüzeyinin yüzdesi (%)

Max Pr: maksimal basınç (g/cm²)

Din.ÖnAyak-R: dinamik ön ayak yükü - sağ (kg)

Din.ÖnAyak-L: dinamik ön ayak yükü - sol (kg)

Din.ArkAyak-R: dinamik arka ayak yükü - sağ (kg)

Din.ArkAyak-L: dinamik arka ayak yükü - sol (kg)

Din.OrtPr-R: dinamik ortalama basınç - sağ (g/cm²)

Din.OrtPr-L: dinamik ortalama basınç - sol (g/cm²)

Stab-GA: stabilite alanı - gözler açık (mm²)

Stab-GK: stabilite alanı - gözler kapalı (mm²)

Stab Hız-GK: stabilite hızı - gözler kapalı (mm/sn)

Stab Lim: stabilite limitleri, alan (mm²)

Koord: koordinasyon seviyesi (0-30)

Koord t: koordinasyon zamanı (sn)

Tablo 2: Değerlendirilen parametrelerin ortalama değerleri ve standart sapmaları

	Ort \pm SS
temas alanı, sağ (cm ²)	57,6 \pm 14,7
temas alanı, sol (cm ²)	51,5 \pm 11,9
temas yüzeyinin yüzdesi (%)	55,5 \pm 11,4
maksimal basınç (g/cm ²)	51,3 \pm 12,3
dinamik sağ ön ayak yük (kg)	82,1 \pm 15,5
dinamik sağ arka ayak yük (kg)	67,0 \pm 11,8
dinamik sol ön ayak yük (kg)	76,4 \pm 11,1
dinamik sol arka ayak yük (kg)	68,9 \pm 13,7
dinamik ortalama basınç, sağ (g/cm ²)	472,1 \pm 39,2
dinamik ortalama basınç, sol (g/cm ²)	486,7 \pm 47,1
stabilite alanı, gözler açık (mm ²)	11,2 \pm 1,5
stabilite alanı, gözler kapalı (mm ²)	602,2 \pm 626,9
stabilite hızı, gözler kapalı (mm/sn)	18,1 \pm 6,9
stabilite limitleri (mm ²)	72155,4 \pm 13100,7
koordinasyon seviyesi	7,5 \pm 6,6
koordinasyon zamanı (sn)	108,6 \pm 66,7

Gözler açık stabilite ile statik bipedal duruş sırasında ayağın plantar yüzüne etkileyen maksimal basınç ($p=0,005$ $r=-0,606$) ve plantar temas yüzdesi ($p=0,019$ $r=-0,521$) arasında anlamlı ilişki bulundu. Stabilitenin artmasıyla (stabilite alanının büyümesiyle) ayağa etki eden maksimal basınç değeri ve ayağın yere temas ettiği alanın yüzdesi azaldı.

Yürüme sırasında (dinamik koşullarda) sağ ön ve sol arka ayağa etkileyen yük ile gözler açık stabilite (sağ $p=0,01$ $r=-0,562$; sol $p=0,24$ $r=-0,504$), koordinasyon (sağ $p=0,46$ $r=0,452$; sol $p=0,16$ $r=0,531$) ve koordinasyon zamanı (sağ $p=0,21$ $r=0,513$; sol $p=0,009$ $r=0,566$) arasında anlamlı ilişki bulundu. Gözlerin açık olduğu koşulda sağlanan stabilitenin artmasıyla, yürüyüş esnasında sağ ve sol ön ayağa etkileyen yük miktarı arttı. Koordinasyon seviyesi ve koordinasyon zamanının artmasıyla, yürüyüş esnasında sağ ve sol ön ayağa etkileyen yük miktarı da arttı.

Yürüme sırasında her iki ayağa etki eden ortalama basınç miktarıyla gözlerin kapalı olduğu koşullardaki stabilite alanı (sağ $p=,0$ $r=0,725$; sol $p=0,013$ $r=0,544$) ve stabilite hızı (sağ $p=0,002$ $r=0,638$; sol $p=0,025$ $r=0,499$) arasında anlamlı ilişki bulundu. Stabilitenin artmasıyla yürüyüş sırasında her iki ayağa etkileyen ortalama basınç miktarı arttı.

4. Tartışma

Profesyonel yelken sporcularının denge ve koordinasyonları ile plantar basınç dağılımları arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçladığımız çalışmamızın sonucunda, plantar basınç değerlerinin stabilite ve koordinasyon paternlerini etkilediği bulduk.

Postural kontrolün değerlendirmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Son zamanlarda "HUBER SpineForce" sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. HUBER'in son yıllarda yapılan çalışmalarda hastalara denge ve koordinasyon eğitiminde kullanımı popülerlik kazanmıştır. Alet, denge ve koordinasyonun değerlendirilmesi, kaybedilen fonksiyonların kazanılması ve geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Literatürde fiziksel performans, denge problemleri ve düşme risklerinin araştırmalarında bu sistem sıklıkla kullanılmaktadır (Couillandre, Duque Ribeiro, Thoumie, & Portero, 2008; Guiraud ve diğ., 2015, 2017; Letafatkar, Nazarzadeh, Hadadnezhad, & Farivar, 2017; Markovic, Sarabon, Greblo, & Krizanic, 2015). Sistem güvenilir bilgi aktarımı sağladığı, yaşlı popülasyonda da güvenli bir şekilde egzersiz ve değerlendirme yapmaya, yapılan egzersizlerin görsel olarak kolay takip edilmesine izin verdiği için tercih edilmektedir. HUBER sistemlerinde egzersiz eğitiminin, motor fonksiyonlarda olumlu gelişme gösterdiğine dair çalışmalar mevcuttur. Couillandre ve diğ. sağlıklı bireylerde HUBER SpineForce destekli eğitimin denge ve kuvvet üzerine etkisini incelemiş ve statik postural kontrolün HUBER ile olumlu gelişme gösterdiğini ancak bu tip bir eğitimin fiziksel aktivite seviyesi düşük popülasyonda daha etkili olabileceği sonucuna varmışlardır (Couillandre ve diğ., 2008). Yapılan çalışmalar denge eğitimi amaçlı olup çalışmamız HUBER sisteminin değerlendirme parametresini kullanan nadir çalışmalardandır. Mevcut çalışmada güvenilir bilgi aktarımının sağlanabilmesi için HUBER sistemin kullanılması tercih edildi.

Ayakta dik duruş esnasında postural kontrolün devamlılığı nöromusküler kontrol sisteminin düzgün çalışmasıyla mümkün olmaktadır. Bu sistemde alt ekstremitelerin biyomekaniği, kaslar, ayak pozisyonu ve benzeri özellikler önemli rol oynamaktadır. Bu yapılar düzgün ve koordineli bir paternde çalıştıkları zaman optimal denge koşullarına ulaşılmaktadır. Ayakta duruş esnasında postural kontrolü farklı mekanik koşullar (örn. her bir ayağın mekanik yüklenmesi) etkilediği ve alt ekstremitedeki yük dağılımının farklı olmasının

koordinasyon paterninde değişikliğe sebep olabileceği literatürde vurgulanmıştır (Kirby ve diğ., 1987). Farklı yük aktarımı, CoP dinamiğinin, özellikle CoP net değerlerinin değişmesine neden olmaktadır. CoP ayakta duruş esnasında postural kontrolü değerlendirmek için kullanılan parametrelerden biridir. Ayakta duruş esnasında denge platformunda salınım yüzeyini etkileyen faktörlerden birinin de ayaktaki ön-arka yük dağılımı olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda ise; yelken sporunun içerdiği hareketler ve gerektirdiği alt ekstremitte postürü nedeniyle daha aktif olarak ağırlık aktarım destek aldıkları sağ ön ve sol ayağa, etkiyen ortalama yük miktarı, stabilite ve koordinasyonla ilişkili bulundu. Stabilitenin artmasıyla yük miktarı azalırken, koordinasyonun artmasıyla etkiyen yük miktarının azaldığı görüldü.

Ayak, ayak bileği, diz ve kalça eklemiyle bağlantılı olarak dik duruş esnasında alt ekstremitte kinetik halkayı oluşturmaktadır. Ayaktaki yük aktarımındaki değişimlerin postural kontrolü de etkilediği bilinmektedir (Cote ve diğ., 2005). Çalışmamız sonucunda, gözler açık koşullarda stabilite ile statik bipedal duruş sırasında ayağın plantar yüzüne etkiyen maksimal basınç ve plantar temas yüzdesi arasındaki ilişki anlamlı bulunup; stabilitenin artmasıyla ayağa etki eden maksimal basınç değeri ve ayağın yere temas ettiği alanın yüzdesinin azaldığı görüldü. Bunun sebebinin yelken sporunun doğası gereği az destek yüzeyiyle fazla stabilite sağlamaya olan gereksinim olduğunu ve mevcut sporcuların profesyonellik seviyeleri düşünüldüğünde ayağa verilen yük miktarı azaldıkça stabilitenin artmasının normal kabul edilebileceğini düşünmekteyiz.

Wang ve diğ. ayaktaki mekanik faktörler ve yük dağılımının postural kontrolü ve alt ekstremitteki koordinasyonu etkileyip etkilemediğini üzerine yaptıkları çalışmada her iki ekstremitteye kademeli yük aktarımı veya tandem duruşuyla, dengenin etkilenimini araştırılmışlardır. CoP hızının en çok alt ekstremitteye eşit ağırlık aktarma pozisyonunda etkilendiğini ve bununla birlikte ayağın farklı pozisyonundaki duruşların tandem duruş dengesini etkilediğini bulmuşlardır (Wang & Newell, 2012). Çalışmamızda simetrik yük dağılımı incelenmiş olup, alt ekstremitteye eşit yük aktarıldığı zaman ayakta oluşan maksimal basınç dağılımının, gözü açık stabiliteyi pozitif yönde etkilediği görüldü. Yelken sporcuları yarıştıkları kategoriye göre vücut biyomekaniklerini ayarlayarak bot üzerinde optimal dengeye ulaşmaktadır. Atlet bot üzerinde ki yük aktarımına göre ayakta asimetric yük dağılımı sağlayarak dengeyi korumaktadır. Çalışmamızda sporcuların dinamik yürüyüş esnasında öncelikle sağ ön sol arka ayağa daha fazla yük aktardıkları gözlemlendi. Bu yük aktarımının gözü açık stabilite limitlerini olumlu etkilediği görüldü.

Biyomekanik açıdan stabiliteyi arttıran önemli bir faktör de diz fleksiyonu ile vücut ağırlık merkezini destek yüzeyine yaklaştırmak olduğu bilinmektedir. Çalışmada yapılan değerlendirmelerde diz eklemi fleksiyon

açısı göz önünde bulundurulmadı. Yapılacak ileri çalışmalarda stabilite ölçümlerinin farklı diz fleksiyon açıları da yapılabileceğini düşünmekteyiz.

5. Sonuç

Yelken hem taktik hem de teknik özellikler gerektiren bir spor dalıdır. Sporcunun fiziksel performansı fiziksel özellikleri ve atletlerin egzersiz performansına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu çalışmada profesyonel yelken sporcularının, statik ve dinamik yürüyüş esnasında yük aktarımının denge ve koordinasyonla ilişkisi değerlendirildi.

Çalışmamızda, kişi sayısının 20 olmasının birincil limitasyon olduğunu düşünmekteyiz. Daha fazla katılımcı sayısı ile farklı parametrelerde de ilişki saptanabilmesi mümkündür. Yelken sporunun ülkemizdeki yaygınlığının az olması sebebiyle ileriki çalışmalarda yurtdışı örneklerle çalışmak hem milli takımlar hem de bireysel sporcular için faydalı sonuçlara ulaşmamızı sağlayabilir.

Çalışmamız sonucunda yelken sporcularının ayak basınç analizlerinin, yaptıkları spor için önemli parametreler olan denge ve koordinasyonun etkilenimi ve geliştirilmesi açısından önemini vurguladığımızı düşünmekteyiz. Bu noktada alanda çalışan fizyoterapistlerin, denge geliştirilmesinde plantar basınç dağılımını da göz önünde bulundurması gerektiğini ve antrenman programlarına dahil edilecek uygun eğitimler yanında plantar basınç kontrolü ile sporcularının denge ve koordinasyon performanslarında pozitif etkiler yaratabileceğini düşünmekteyiz.

Kaynaklar

- Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M., & Shultz, S. J. (2005). Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *Journal of Athletic Training*, 41(1), 41–46. Retrieved from www.journalofathletictraining.org
- Couillandre, A., Duque Ribeiro, M. J., Thoumie, P., & Portero, P. (2008). Changes in balance and strength parameters induced by training on a motorised rotating platform: A study on healthy subjects. *Annales de Readaptation et de Medecine Physique*, 51(2), 67–73. <http://doi.org/10.1016/j.annrmp.2007.11.001>
- Goto, R., & Kumakura, H. (2013). The estimated mechanical advantage of the prosimian ankle joint musculature, and implications for locomotor adaptation. *Journal of Anatomy*, 222(5), 538–546. <http://doi.org/10.1111/joa.12035>
- Guiraud, T., Labrunée, M., Besnier, F., Sénard, J. M., Pillard, F., Rivière, D., ... Gremeaux, V. (2017). Whole-body strength training with Huber Motion Lab and traditional strength training in cardiac rehabilitation: A randomized controlled study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 60(1), 20–26. <http://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.07.385>
- Guiraud, T., Labrunee, M., Pillard, F., Granger, R., Bousquet, M., Richard, L., ... Gremeaux, V. (2015). Whole-Body Strength Training Using a Huber Motion Lab in Coronary Heart Disease Patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 94(5), 385–394. <http://doi.org/10.1097/PHM.000000000000181>
- Horak, F. B., & Macpherson, J. M. (2011). Postural Orientation and Equilibrium. In *Comprehensive Physiology*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <http://doi.org/10.1002/cphy.cp120107>
- Horak, F. B., Wrisley, D. M., & Frank, J. (2009). The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits. *Physical Therapy*, 89(5), 484–498. Retrieved from https://watermark.silverchair.com/ptj0484.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9khhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAdlwggHOBgkqhkiG9w0BBwagggG_MIIBuwIBADCCAbQGCSqGSIB3DQEHATAeBglghkgBZQMEAS4wEQQMxVWgqJqNvi318NxaAgEQgIBhZyecUPBq6mtjtscxpjoMj5Xdpshl aakiapYvYf_N7fIN_6
- Horlings, C. G. C., Carpenter, M. G., Honegger, F., & Allum, J. H. J. (2009). Vestibular and Proprioceptive Contributions to Human Balance Corrections. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1164(1),

- 1–12. <http://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.03872.x>
- Ion-Silviu, B., Sorin, G., Paul, M., Tiberiu, P., & Eugen, B. (2016). Postural differences of volleyball players. *Timișoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 9(17). <http://doi.org/10.1515/tperj-2016-0014>
- Kirby, R. L., Price, N. A., & MacLeod, D. A. (1987). The influence of foot position on standing balance. *Journal of Biomechanics*, 20(4), 423–7. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3597457>
- Kreighbaum, E., & Barthels, K. M. (1996). *Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement*. Allyn and Bacon. Retrieved from https://books.google.com.tr/books/about/Biomechanics.html?id=3NALAQAAMAAJ&redir_esc=y
- Letafatkar, A., Nazarzadeh, M., Hadadnezhad, M., & Farivar, N. (2017). The efficacy of a HUBER exercise system mediated sensorimotor training protocol on proprioceptive system, lumbar movement control and quality of life in patients with chronic non-specific low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(4), 767–778. <http://doi.org/10.3233/BMR-150404>
- Mackie, H. W., & Legg, S. J. (1999). Preliminary assessment of force demands in laser racing. *Journal of Science and Medicine in sSort / Sports Medicine Australia*, 2(1), 78–85. [http://doi.org/10.1016/S1440-2440\(99\)80186-8](http://doi.org/10.1016/S1440-2440(99)80186-8)
- Markovic, G., Sarabon, N., Greblo, Z., & Krizanic, V. (2015). Effects of feedback-based balance and core resistance training vs. Pilates training on balance and muscle function in older women: A randomized-controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 61(2), 117–123. <http://doi.org/10.1016/j.archger.2015.05.009>
- Massion, J. (1994). Postural control system. *Current Opinion in Neurobiology*, 4(6), 877–87. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7888772>
- McGowan, C., Baudinette, R., & Biewener, A. (2008). Differential design for hopping in two species of wallabies. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 150(2), 151–158. <http://doi.org/10.1016/J.CBPA.2006.06.018>
- Moller, J., Larsson, B., & Aagaard, P. (2015). Physical requirements in Olympic sailing. *European Journal of Sport Science*, 15(3), 220–227. <http://doi.org/10.1080/17461391.2014.955130>
- Sekulic, D., Medved, V., & Rausavljevi, N. (2006). EMG analysis of muscle load during simulation of characteristic postures in dinghy sailing. *J Sports Med Phys Fitness*, 46, 20–7.

- Sibley, K. M., Beauchamp, M. K., Ooteghem, K. Van, Straus, S. E., & Jaglal, S. B. (2015). Using the Systems Framework for Postural Control to Analyze the Components of Balance Evaluated in Standardized Balance Measures: A Scoping Review, 96, 122–132.e29. <http://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.06.021>
- Skopljak, A., Muftić, M., Sukalo, A., Masić, I., & Zunić, L. (2014). Pedobarography in Diagnosis and Clinical Application. *Acta Inform Med*, 22(6), 374–378. <http://doi.org/10.5455/aim.2014.22.374-378>
- Susan J. Hall. (2015). *Basic Biomechanics* (7th ed.). United States of America: McGraw-Hill Education. Retrieved from <https://accessphysiotherapy.mhmedical.com/book.aspx?bookID=1586>
- Tanner, R. K., & Gore, C. J. (2013). *Physiological Tests for Elite Athletes* (2nd ed.). Australian Institute of Sport. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=0OPlIMks58MC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Physiological+Test+for+Elite+Athletes+Human+Kinetics+Publishing&ots=M8LkR25qmP&sig=8tNAIz1OsAvtpFH7_ILiJQen4Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Tyson, S., & Connell, L. (2009). How to measure balance in clinical practice. A systematic review of the psychometrics and clinical utility of measures of balance activity for neurological conditions. *Clinical Rehabilitation*, 23(9), 824–840. <http://doi.org/10.1177/0269215509335018>
- Van Werkhoven, H., & Piazza, S. J. (2017). Foot structure is correlated with performance in a single-joint jumping task. *Journal of Biomechanics*, 57, 27–31. <http://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.03.014>
- Wang, Z., & Newell, K. M. (2012). Asymmetry of foot position and weight distribution channels the inter-leg coordination dynamics of standing. *Experimental Brain Research*, 222(4), 333–344. <http://doi.org/10.1007/s00221-012-3212-7>
- Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (1990). Changes in Posture Control Across the Life Span—A Systems Approach. *Physical Therapy*, 70(12), 799–807. <http://doi.org/10.1093/ptj/70.12.799>