

TOTAL KÖR, AZ GÖREN VE NORMAL GÖRME YETİSİ OLAN ÇOCUKLARDA STATİK POSTURAL KONTROL VE DİNAMİK TEPE KUVVET DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE PARAMETRELER ARASI İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ

Neslihan FIRAT¹, Mustafa SARI², Nilgün BEK²

¹ Lokman Hekim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Doktora Programı, Ankara, Türkiye

 0009-0003-8445-763X

² Lokman Hekim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

 0000-0002-0476-4804

 0000-0002-2243-5828

ÖZ

Giriş: Görme yetisi, postural kontrolün sürdürülebilmesinde önemli bir rol oynar.

Amaç: Bu çalışmada, farklı seviyelerde doğuştan görme kaybı olan ve normal gören çocuklarda statik *CoP* (Center of Pressure) salınımı ile dinamik plantar temas alanlarındaki tepe kuvvetlerinin karşılaştırılması ve aralarındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlandı.

Yöntem: Çalışmaya 7-14 yaş aralığında olan 68 çocuk dahil edildi ve normal gören (n=20), az gören (n=28) ve total kör (n=20) olarak 3 gruba ayrıldı. Katılımcıları demografik özellikleri veri formu ile kaydedildi. Statik *CoP* ve dinamik tepe kuvvet değerleri taşınabilir bir pedobarografik cihaz olan Analiz Sistem® ile ölçüldü ve ölçüm sonuçları uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edildi.

Bulgular: Çocukların demografik özelliklerinin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$). Statik duruşta, *CoP* toplam yol uzunluğu (*path length*) dışında gruplar arasında fark yoktu ($p=0,002$; diğer tüm değerler $p>0,05$). Dinamik tepe kuvvetleri de dominant ve non-dominant alt ekstremitelerde benzerdi ($p>0,05$). Total kör grupta *CoP path length* orta ayak tepe kuvvetiyle zayıf-negatif ilişkiliydi ($p<0,05$). Az gören grubun statik ve dinamik parametreleri arasında anlamlı ilişki bulunmadı ($p>0,05$). Normal gören grupta *CoP path length*, 1. metatars, orta ayak ve topuk medial bölgelerindeki tepe kuvvetleriyle orta ila çok güçlü arasında negatif ilişkiler gösterdi ($p<0,05$).

Sonuç: Görme engelli çocuklarda yüksek *CoP path length* değerleri, statik postural kontrolün görsel girdi eksikliğinden etkilendiğini göstermektedir. Statik *CoP* ile dinamik tepe kuvvetleri arasındaki zayıf ilişkiler, bu çocukların dengeyi sürdürürken kompensatuvar stratejiler kullandığını düşündürmektedir. Buna karşılık, normal gören çocuklarda gözlenen negatif ilişkiler, görsel girdinin yük aktarımının düzenlenmesi ve postural stabilitenin korunmasındaki belirleyici rolünü desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Görme engeli, pedobarografik analiz, postural kontrol

COMPARISON OF STATIC POSTURAL CONTROL AND DYNAMIC PEAK FORCE VALUES IN TOTALLY BLIND, LOW VISION AND NORMAL VISION CHILDREN AND EXAMINATION OF RELATIONSHIPS BETWEEN PARAMETERS

ABSTRACT

Background: Vision plays an important role in maintaining postural control.

Aim: The aim of this study is to compare static *CoP* (Center of Pressure) oscillation and peak forces in dynamic plantar contact areas in children with different levels of congenital visual impairment and in children with normal vision, and to examine the relationships between them.

Method: In this study, 68 children aged 7–14 were divided into three groups: normal vision (20), low vision (28), and total blindness (20). Participants' demographics were recorded on a data form. Static *CoP* and dynamic peak force values were measured using the Analysis System®, a portable pedobarographic device, and statistical methods were applied.

Results: Demographic characteristics were similar across groups ($p>0.05$). Only *CoP* path length differed between groups in static standing ($p=0.002$). Both lower extremities had similar dynamic peak forces ($p>0.05$). In the total blind group, *CoP* path length was weakly negatively correlated with midfoot peak force ($p<0.05$). Low-vision group correlations were insignificant ($p>0.05$). In children with normal vision, *CoP* path length was negatively moderate to very strong correlated with peak forces in first metatarsal, midfoot and medial heel regions ($p<0.05$).

Conclusion: Lack of visual input affects postural control in visually impaired children with high *CoP* path length values. The weak relationships between *CoP* and dynamic peak forces suggest these children used compensatory strategies while maintaining balance. In contrast, the negative relationships observed in children with normal vision support the role of visual input in regulating load transfer and maintaining postural stability.

Keywords: Visual impairment, pedobarographic analysis, postural control

İletişim/Correspondence

Neslihan FIRAT

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Doktora Programı

Lokman Hekim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

E-posta: fiat.neslihan85@gmail.com

Geliş tarihi/Received: 11.09.2025

Kabul tarihi/Accepted: 05.12.2025

DOI: 10.52881/gsbdergi.1782232

GİRİŞ

Görme, bireyin çevresini algılamasında ve çevresiyle etkileşim kurmasında rol oynayan temel duyulardan biridir (1). Görsel bilgi, yalnızca nesnelerin tanınması ve yön bulma gibi bilişsel süreçleri desteklemekle kalmaz, aynı zamanda vücudun uzaydaki konumunun algılanması, motor hareketlerin planlanması ve yürütülmesi, dengenin sağlanması ve proprioseptif ile vestibüler girdilerle birlikte postural kontrolün sürdürülebilmesinde de önemli bir rol oynar (2).

Çocukluk çağı görme kayıpları, sıklıkla prenatal veya postnatal dönemde ortaya çıkan çeşitli etiyolojik faktörlere bağlı olarak gelişmektedir. Prenatal dönemde genetik mutasyonlar, intrauterin enfeksiyonlar (örneğin rubella, toksoplazma, sitomegalovirüs), prematürelliğe bağlı retinopati ve gelişimsel göz anomalileri; postnatal süreçte ise travmatik yaralanmalar, enfeksiyonlar, tümöral oluşumlar ve bazı metabolik hastalıklar risk faktörleri arasında yer alır (3, 4). Yu ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, çocukluk çağı görme kayıplarının yaklaşık %90'ının önlenabilir veya tedavi edilebilir olduğu bildirilmiştir (4).

Erken yaşta başlayan görme kaybı, çocukların gelişimsel süreçlerini olumsuz yönde etkileyebilir. Görme engelli çocuklarda (az gören ve total kör), görsel girdi eksikliğinin veya yokluğunun motor gelişimde gecikmelere ve farklı kompensatuvar stratejilere yol açabildiği bildirilmiştir (5). Görsel girdi eksikliği nedeniyle bu çocuklarda çevreyi keşfetme davranışlarında azalma, baş ve gövde kontrolünde gecikme, uzanma ve yakalama gibi el-göz koordinasyonu gerektiren becerilerde yetersizlik gözlenebilir. Ayrıca

bu çocuklar, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden gelen bilgilere daha fazla bağımlı hale gelerek farklı kompensatuvar stratejiler geliştirebilirler (2).

Bu açıdan, görme engeli bulunan çocuklarda postural kontrol, denge ve yürüme paternlerinde oluşan değişikliklerin objektif olarak değerlendirilmesi büyük önem taşır. Pedobarografik analizler, postural stabilite ve lokomasyon sırasında ayağın plantar yüzeyine dağılan basınç ve kuvvetleri nicel olarak değerlendirmeye olanak sağlayan ileri bir analiz yöntemidir (6). Statik pedobarografi ile ayakta sabit duruşta temas alanı, dağılım yüzdeleri, basınç haritalaması ve *CoP* (*Center of Pressure*) salınımı gibi veriler ölçülebilirken; dinamik pedobarografik analiz ile yürüme sırasında zamana bağlı olarak değişkenlik gösteren plantar kuvvet-basınç dağılımları ve bunlara ilişkin hesaplanabilen tepe kuvvet (*peak force*), impulse gibi parametreleri elde edilir. Farklı seviyelerde görme kaybı olan bireyler ile normal görme yeteneğine sahip bireyler arasında bu parametreler açısından farklılıklar olabileceği ve objektif olarak elde edilen bu parametrelerin birbirleriyle ilişkili olabileceği öngörülebilir.

Bu doğrultuda planlanan bu çalışmanın amacı, doğuştan farklı seviyelerde görme kaybı olan çocuklar (az gören ve total kör) ve normal görme yetisine sahip çocukların, statik pedobarografik analiz ile elde edilen *CoP* salınımı ve dinamik plantar pedobarografik ölçümle elde edilen farklı temas alanlarındaki tepe kuvvet değerlerinin karşılaştırılması ve ölçülen parametreler arası ilişkilerin incelenmesidir.

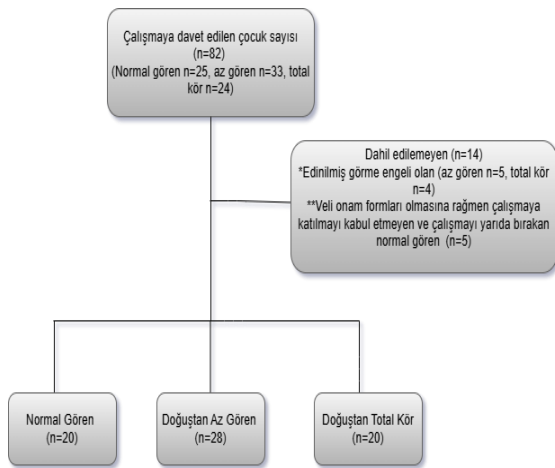
YÖNTEM

Bu kesitsel çalışma, Lokman Hekim Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Etik

Kurulu tarafından 29 Ağustos 2024 tarihinde, 2024/09-1 sayılı karar ile onaylandı. Ayrıca, çalışmanın kurumlarda yürütülebilmesi için Ankara İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından 01/10/2024 tarihinde MEB.TT.2024.001920 başvuru numarası ile izin alındı. Çalışma Helsinki Bildirgesinde tanımlanan ilkelere uygun şekilde yürütüldü. Çalışmaya katılan çocukların ebeveynlerinden onam formu alındı.

Olgular

Çalışmaya ebeveynlerinden onam formu alınan 7-14 yaş arasındaki erkek ve kız çocuklar dahil edildi. Çalışma olguları, total kör, az gören ve normal görme yetisine sahip çocuklar olarak üç gruba ayrıldı. Görme kaybı bulunan çocukların az gören ve total kör olarak gruplandırılması için, aile ve okul kayıt bilgileri ve özel gereksinim raporu (ÇÖZGER- tıbbi tanı, görme keskinliği, özel gereksinim düzeyleri) esas alındı. Her üç grup için de vestibüler disfonksiyonu olan, herhangi bir nörolojik, romatolojik ve ortopedik problemi bulunan (alt ekstremitelere yönelik geçirilen cerrahi / son 6 ay içinde yaralanma) ve profesyonel spor geçmişi olan çocuklar çalışma dışı bırakıldı (Şekil 1. Olgu akış diyagramı).



Şekil 1. Akış Diyagramı

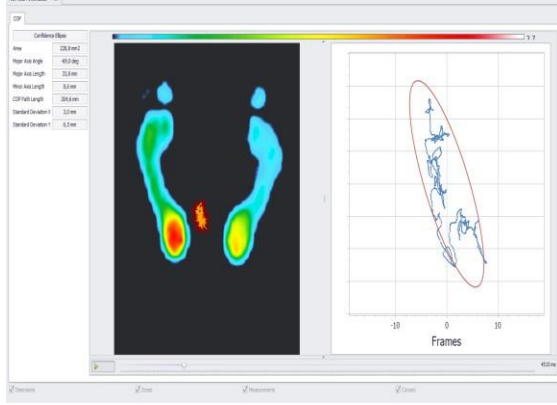
Çalışmanın örneklem büyüklüğü G* Power programı (versiyon 3.1.9.7, Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak yapıldı. Tahmini örneklem büyüklüğü beklenen Etki Büyüklüğü katsayısı (r) 0,5; istatistiksel anlamlılık değeri (α) 0,05 ve istenen güç (β) %90 hesaplanarak her grupta (normal gören, doğuştan az gören ve doğuştan total kör) için en az 20 katılımcı olması gerektiği saptandı.

Verilerin Toplanması

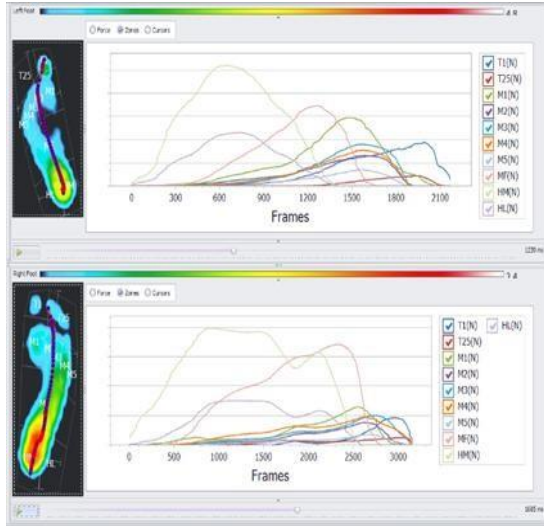
Çalışmaya katılan çocukların demografik özellikleri (yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, beden kütle indeksi (BKİ), dominant alt ekstremiteler) eğitim-öğretime devam ettiği okullarda, akademik derslerini etkilemeyecek gün ve saatlerde öğretmenlerinin gözetimi altında yüz yüze görüşme yapılarak kaydedildi. Katılımcıların dominant alt ekstremitelerini belirlemek için, ayakta sabit duruşta iki ayak ortasına ve 50 cm uzaklığa yerleştirilen topa üç kez vurmaları istendi. Tercih ettikleri ayak dominant alt ekstremiteler olarak kaydedildi (7). Görme kaybı olan katılımcılar için zilli top kullanıldı ve “topa vur” komutu verildi. Topa vurduğu alt ekstremiteler dominant alt ekstremiteler olarak kaydedildi (8). Ardından klinik ölçümleri gerçekleştirildi.

Çalışmaya katılan çocukların postural kontrol ve dinamik tepe kuvvet değerlerinin elde edilmesi amacıyla taşınabilir AS Ayak Tarama (Analiz Sistem®, İstanbul, Türkiye) sistemi kullanıldı. Sistem 400mmx400mm alana yerleşen 2288 sensöre (1,4 sensör/cm²) ve 200 ila 400 Hz veri hızına sahip bir platform içermektedir (9). Sistem, gerçek zamanlı basınç haritalama ve temas alanına özgü objektif veriler sunmaktadır (Şekil 2 ve Şekil 3). Analiz Sistem® cihazının geçerlilik ve

güvenirlik çalışması Soylu ve ark. tarafından yapılmıştır (10).



Şekil 2. Statik pedobarografik analiz ile elde edilen *CoP* parametreleri.



Şekil 3. Dinamik pedobarografik analiz ile elde edilen temas bölgelerine ait tepe kuvvet değerleri.

Postural kontrolün değerlendirilebilmesi amacıyla yapılan statik pedobarografik analiz ile çocukların *CoP* parametreleri değerlendirildi. Tüm katılımcılar, gözleri açık olacak şekilde sabit ve kontrollü iç mekân aydınlatmasına sahip bir ortamda değerlendirildi. *CoP* parametreleri; çocukların sensörlü platform üzerinde bipedal pozisyonda, ayaklar kalça genişliğinde ve ayak parmak uçları karşıya bakacak şekilde, çıplak ayakla ve sabit bir şekilde karşıya bakarken 30 saniye boyunca

kaydedildi. Ölçümler sırasında kollar gövde yanında serbest pozisyonda tutuldu ve katılımcılardan sessiz kalmaları ve duruşlarını bozmamaları istendi. Ölçüm sırasında herhangi bir postural bozulma, konuşma ya da dikkat kaybı gözlemlendiğinde değerlendirme tekrarlandı. *CoP* konumlarının %95 ini içine alan elipsin alanı (*ellipse area*), *CoP* medio-lateral yönündeki değişimin ortalama sapması (*standart deviation X*), *CoP* antero-posterior yönündeki değişimin ortalama standart sapması (*standart deviation Y*), elipsin en uzun ekseninin yatay düzlemle yaptığı açı (*major axis angle*), elipsin en uzun ekseninin uzunluğu (*major axis major axis length*), elipsin kısa eksen (*minor axis length*) ve *CoP* toplam yol uzunluğu (*CoP path length*) parametreleri kaydedildi (11). Katılımcıların dinamik tepe kuvvet değerleri, çocukların normal günlük yürüme hızlarında yukarıda belirtilen sensörlü platformda yürümesi ile elde edildi. Ölçümler sırasında çocukların doğal yürüme ritimlerini koruyabildiklerinden emin olmak için her çocuktan 2-3 kez platform üzerinde yürüyerek deneme yapmaları istendi ve ardından çocukların sensörlü platform gömülü 8m'lik yürüme alanında kendi belirledikleri hızda 2-3 dk yürümeleri istendi ve her iki ayaklarının, farklı temas alanlarına ait tepe kuvvet (*peak force*) değerleri Newton (N) cinsinden kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Çalışmanın istatistiksel analizleri IBM SPSS Statistics 26,0 (*SPSS Inc, Chicago, IL, ABD*) paket programı kullanılarak yapıldı. Analitik ve görsel veriler kullanılarak değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu değerlendirildi. Sayısal değişkenlerin gruplar arası karşılaştırılmasında parametrik test olarak

Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), non-parametrik test olarak ise Kruskal-Wallis H Testi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin bağımsız gruplar arası karşılaştırılmaları için Ki-kare Testi kullanıldı. Değişkenler arasındaki ilişki ise Spearman's Korelasyon Testi ile değerlendirildi. Korelasyon katsayısı değerleri 0,00-0,20: çok zayıf; 0,21 0,40: zayıf; 0,41-0,60: orta; 0,61–0,80: güçlü ve 0,81–1,00: çok güçlü olarak yorumlandı (12). İstatistiksel anlamlılık değeri 0,05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Çalışma, yaş aralığı 7-14 olan 32 kız ve 36 erkek olmak üzere toplam 68 çocuk ile tamamlandı. Çalışmaya dahil edilen çocukların yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, BKİ, cinsiyet ve dominant alt ekstremitte dağılımlarının benzer olduğu görüldü ($p>0,05$). Çocukların demografik özelliklerine dair bilgiler Tablo 1'de verildi. Total kör, az gören ve normal görme yetisine sahip çocukların postural kontrol performansları hakkında objektif bilgi vermek amacıyla elde edilen, statik ayakta duruşta *CoP* parametreleri incelendiğinde, yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda *CoP path length* verisi hariç diğer sonuçlar açısından grupların benzer olduğu görüldü

($p>0,05$) (Tablo 2). Normal gören çocukların hem total kör hem de az gören çocuklardan anlamlı olarak daha az *COP path length*'e sahip olduğu ($p<0,05$), total kör ve az görenlerin arasında ise fark olmadığı saptandı ($p>0,05$).

Katılımcıların dominant ve non-dominant ayaklarındaki farklı temas alanlarının dinamik olarak ölçülen tepe kuvvet değerleri ve gruplar arası karşılaştırılması Tablo 3'te sunuldu. Tepe kuvvet değerlerinin dominant ve non-dominant alt ekstremitelerde üç grup arasında benzer olduğu bulundu ($p>0,05$) (Tablo 3).

Total körlerin *CoP path length* değerleri dominant ve non-dominant orta ayak tepe kuvveti ile negatif yönde zayıf-orta ilişkili olduğu (dominant orta ayak: $\rho=-0,451$, $p=0,046$; non-dominant orta ayak: $\rho=-0,475$, $p=0,034$); az görenlerin *ellipse area* ve *CoP path length* değerlerinin ayağın farklı alanlarına ait ayak tepe kuvveti ile istatistiksel olarak ilişkisi bulunmadığı ($p>0,05$); normal görme yetisine sahip çocuklarda *CoP path length*, hem dominant hem de non-dominant ayakta 1. metatars, orta ayak ve topuk medial bölgelerinden elde edilen tepe kuvveti ile negatif yönde ve orta ile çok güçlü arasında değişen düzeylerde anlamlı ilişki bulundu ($p<0,05$) (Tablo 4).

Tablo1. Katılımcıların demografik özellikleri ve gruplar arası karşılaştırılması.

Özellik	Total Kör (n=20)	Az Gören (n=28)	Normal Gören (n=20)	p
Yaş (yıl)	10,5 (7/14)	10 (8/14)	9 (7/14)	0,344
Vücut ağırlığı (kg)	36,5 (19/70)	36,5 (15/96)	34 (18/90)	0,962
Boy uzunluğu (m)	137 (106/171)	137 (114/162)	138 (113/172)	0,785
BKİ (kg/m ²)	18,72 (11,97/26,04)	18,51 (11,54/36,58)	18,74 (13,88/30,42)	0,973
Cinsiyet				
Erkek	9 (%45)	15 (%53,57)	12 (%60)	0,634
Kız	11 (%55)	13 (%46,43)	8 (%40)	
Dominant alt ekstremitte				
Sağ	19 (%95)	27 (%96,43)	19 (%95)	0,961
Sol	1 (%5)	1 (%3,57)	1 (%5)	

Yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu ve BKİ sürekli değişkenler medyan (minimum/maksimum) olarak verilmiştir. Cinsiyet ve dominant alt ekstremitte değişkenleri n (%) biçiminde gösterilmiştir. BKİ: Beden Kitle İndeksi; kg: kilogram; cm: santimetre; kg/m²: kilogram/metrekare. p: Mann-Whitney U Testi veya Ki-Kare Testi.

Tablo 2. Katılımcıların statik postural kontrol parametreleri ve gruplar arası karşılaştırılması.

Parametre	Total Kör (n=20)	Az Gören (n=28)	Normal Gören (n=20)	p
<i>Ellipse Area (mm²)</i>	120,10 (22,2/1374,2)	190 (36,7/5578,7)	113,85 (15,7/867,7)	0,146
<i>Major Axis Angle (°)</i>	-16,25 (-84,5/85,4)	22,30 (-86,8/87,8)	-19,10 (-83,6/79,7)	0,814
<i>Major Axis Length (mm)</i>	19 (7,4/69,4)	23,35 (9,7/101,6)	17,10 (4,9/40,1)	0,094
<i>Minor Axis Length (mm)</i>	9,30 (3,8/25,2)	10,65 (2,8/69,9)	7,50 (2,5/27,5)	0,242
<i>CoP Path Length (mm)</i>	254,70 (131,1/512,8)	280,65 (175,6/634,9)	189,15 (100,1/541,7)	*0,002^{b,c}
<i>Standard Deviation X(mm)</i>	3,05 (1,4/11,5)	2,90 (1,1/16,1)	2,75 (0,5/5,9)	0,534
<i>Standard Deviation Y (mm)</i>	3,05 (1/14,1)	4,25 (1,2/19,4)	2,45 (1/8,1)	0,056

Ellipse area: Elips alanı; Major Axis Angle: Elipsin en uzun ekseninin yatay düzlemle yaptığı açı; Major Axis Length: Elipsin en uzun ekseninin uzunluğu; Minor axis length: Elipsin kısa ekseninin uzunluğu; CoP path length: CoP toplam yol uzunluğu; Standard Deviation X: CoP medio-lateral yönündeki değişiminin ortalama sapması; Standard Deviation Y: CoP antero-posterior yönündeki değişimin ortalama standart sapması. mm²: milimetrekare; mm: milimetre; °: derece. Değerler medyan (minimum/maksimum) olarak verilmiştir. p: Kruskal Wallis H Test, a: Bonferroni düzeltmesinden sonra total kör ve az görenle arasındaki anlamlı farkı; b: Total kör ve normal gören grup arasındaki anlamlı farkı; c: Az gören ve normal gören grup arasındaki anlamlı farkı işaret eder.

Tablo 3. Katılımcıların dominant ve non-dominant alt ekstremitelerde farklı temas alanlarının tepe kuvvet değerleri ve gruplar arası karşılaştırılması.

		Total Kör (n=20)	Az Gören (n=28)	Normal Gören (n=20)	p
1. Metatars (N)	D	56,33 (0/176,92)	62,8 (6,97/176)	59,39 (12,79/385,69)	0,354
	ND	65,50 (1,21/151,19)	73,71 (1,14/294,92)	55,44 (11,3/253,12)	0,970
2. Metatars (N)	D	48,44 (10,66/141,17)	47,13 (7,82/91,34)	63,23 (18,41/178,41)	0,155
	ND	60,67 (7,32/158,8)	57,51 (5,97/142,52)	84,91 (10,09/233,43)	0,126
3. Metatars (N)	D	61,52 (15,42/172,44)	63,87 (13,15/155,53)	64,29 (17,34/250,63)	0,770
	ND	93,83 (31,06/233,08)	85,87 (37,03/197,68)	93,90 (24,52/282,69)	0,735
4. Metatars (N)	D	61,27 (14,07/160,08)	41,97 (16,28/108,75)	55,66 (11,09/188,37)	0,416
	ND	64,68 (16,99/184,1)	68,31 (22,53/155,17)	78,37 (9,24/304,58)	0,878
5. Metatars (N)	D	5,69 (0/52,6)	7,11 (0,21/35,75)	5,69 (0/47,98)	0,454
	ND	4,41 (0/46,56)	17,59 (0/73)	13,19 (0/109,89)	0,204
Orta Ayak (N)	D	41,44 (1,99/327,19)	30,6 (1,28/341,62)	42,19 (10,02/207,91)	0,437
	ND	42,97 (1,85/320,29)	70,83 (12,08/346,1)	66,71 (22,32/348,37)	0,308
Topuk Mediyali (N)	D	127,45 (27,86/277,43)	108,79 (33,48/397,42)	150,09 (33,27/388,89)	0,242
	ND	136,37 (39,45/331,74)	150,20 (28,86/520,46)	152,72 (57,22/536,03)	0,674
Topuk Lateral (N)	D	96,53 (27,22/215,24)	87 (21,25/160,79)	88,28 (27,3/263,64)	0,605
	ND	146,06±74,13	129,78±63,24	129,05±68,21	0,659

N: Newton; D: Dominant alt ekstremit; ND: Non-Dominant alt ekstremit; Değerler medyan (minimum/maksimum) olarak ya da standart sapma olarak verilmiştir. p: Kruskal Wallis H Test ya da Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA).

Tablo 4. Katılımcıların dominat ve non-dominat alt ekstremitelerinden elde edilen postural kontrol parametreleri ile dinamik tepe kuvvet değerleri arasındaki ilişki.

			Total Kör (n=20)		Az Gören (n=28)		Normal Gören (n=20)	
			<i>Ellipse</i>	<i>CoP Path</i>	<i>Ellipse</i>	<i>CoP Path</i>	<i>Ellipse</i>	<i>CoP Path</i>
			<i>Area</i>	<i>Length</i>	<i>Area</i>	<i>Length</i>	<i>Area</i>	<i>Length</i>
Dominant Alt Ekstremiteler	1. Metatars	rho	-0,047	-0,093	0,136	0,139	-0,262	-0,683
		p	0,845	0,696	0,491	0,480	0,265	*0,001
	5. Metatars	rho	-0,041	-0,107	0,217	0,173	0,029	-0,268
		p	0,865	0,654	0,268	0,378	0,905	0,254
	Orta Ayak	rho	-0,126	-0,451	-0,206	-0,144	-0,323	-0,642
		p	0,596	*0,046	0,292	0,463	0,165	*0,002
	Topuk Mediyali	rho	-0,340	-0,388	0,346	-0,003	-0,268	-0,811
		p	0,143	0,091	0,071	0,987	0,254	*0,000
	Topuk Lateralı	rho	-0,101	-0,262	0,299	0,111	0,117	-0,278
		p	0,673	0,265	0,122	0,574	0,622	0,235
Non-Dominant Alt Ekstremiteler	1. Metatars	rho	-0,230	-0,170	0,036	0,017	-0,229	-0,762
		p	0,329	0,474	0,857	0,932	0,332	*0,000
	5. Metatars	rho	-0,199	-0,290	0,072	-0,042	0,000	-0,311
		p	0,401	0,214	0,715	0,834	1,000	0,182
	Orta Ayak	rho	-0,283	-0,475	0,001	0,112	-0,367	-0,559
		p	0,227	*0,034	0,998	0,572	0,112	*0,010
	Topuk Mediyali	rho	-0,027	-0,180	-0,189	-0,249	-0,224	-0,576
		p	0,910	0,446	0,336	0,201	0,342	*0,008
	Topuk Lateralı	rho	-0,057	-0,164	0,209	0,056	-0,189	-0,257
		p	0,811	0,490	0,286	0,776	0,424	0,274

*Ellipse area: Elips alanı; CoP path length: CoP toplam yol uzunluğu. Korelasyon analizleri Spearman korelasyon testi ile yapılmıştır. rho katsayıları ilişki yönünü ve gücünü, alt satırlarda verilen p değerleri ise istatistiksel anlamlılığı göstermektedir *(p<0,05).*

TARTIŞMA

Bu çalışmada, doğuştan farklı seviyelerde görme kaybı olan çocuklar (az gören ve total kör) ve normal görme yetisine sahip çocukların, statik pedobarografik analiz ile elde edilen *CoP* parametreleri ve dinamik pedobarografik ölçüm ile elde edilen farklı temas alanlarındaki tepe kuvveti değerleri karşılaştırıldı ve ölçülen parametreler arası ilişkiler incelendi.

Literatürde, görme engelli bireylerin postural kontrol, stabilite ve denge performanslarına ilişkin sonuçlar

çelişkilidir (13-15). Bazı çalışmalar, normal gören bireylerin statik veya dinamik postural görevler sırasında, görmeyen bireylere kıyasla daha iyi postural kontrol sergilediklerini öne sürmektedir (14). Bazı çalışmalarda ise farklı yaş gruplarındaki kör ve gören bireylerde postural kontrolün benzer olduğunu bildirilmiştir (16, 17). Ayrıca literatürde doğuştan ve edinilmiş görme engelliler arasındaki farklar da incelenmiştir. Nakata ve ark. doğuştan körlüğün postural salınım üzerinde çok az ya da hiç etkisi olmadığını belirtmiştir (17). Schmid ve ark. ise doğuştan ve edinilmiş

görme engelinin hem statik hem de dinamik denge üzerinde benzer etkiler yarattığından bahsetmiştir (18). Bu durum görsel girdi eksikliğine rağmen diğer somatosensoriyel bilgilerin postural salınımı koruyabildiğini düşündürmektedir.

Yapılan diğer çalışmalarda da görsel girdi eksikliğinin denge kontrolünde artan motor çabaya ve denge stratejilerinde kompensasyonlara neden olduğu (17, 19) ve binoküler görmenin çocuklarda dengeyi sağlamak için önemli olduğu belirtilmiştir (20). Bu çalışmalar, görme kaybının *CoP* değişkenlerini hem statik hem dinamik olarak etkilediğini ancak bu etkilenimin bireylerin yaşına, görme kaybının süresine ve fiziksel aktivite düzeyine bağlı olarak değiştiğini de göstermektedir. Fiziksel aktivite ve sporun görme engelilerde postural kontrolü geliştirdiği ve *CoP* salınımını azalttığı yönünde araştırmalar da bulunmaktadır (21).

Literatürde yaşın ilerlemesinin görme engelli çocuklarda denge performansı üzerinde etkiler yaratabileceğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır. Häkkinen ve ark., puberte öncesi çocukların puberte sonrası döneme kıyasla daha düşük denge becerilerine sahip olduğunu bildirmiştir (22). Rutkowska ve Skowroński (23) 7–11 yaş ile 12–16 yaş grupları arasında fark bulmazken, Rutkowska ve ark. (24) daha küçük yaş grubunun daha zayıf denge performansı sergilediğini belirtmiştir. Bu çalışmada, benzer bir yaş aralığı (7–14 yaş) seçilmiş olmasına rağmen katılımcılar puberte dönemine göre alt gruplara ayrılmamıştır; bu durum yaşa bağlı nörolojik ve fizyolojik gelişim farklılıklarının ayrıntılı değerlendirilememesine neden olmuş olabilir. Çocuklarda yaş ilerledikçe kas kuvvetinin artması, merkezi sinir sisteminin olgunlaşması ve proprioseptif

mekanizmaların gelişmesi dengeyi olumlu etkileyebilir. Bu nedenle, değerlendirme ve eğitim programlarının yaş gruplarına uygun bir şekilde yapılandırılması önemlidir.

Bu çalışmada normal görme yetisine sahip çocuklara kıyasla görme engelli çocukların daha yüksek *CoP path length* değerine sahip olması, postural stabiliteyi korumakta daha çok zorlandıklarını ve görsel girdinin postural kontrol ve stabilite açısından önemli bir yerinin olduğunu göstermektedir. Buna karşın dinamik tepe kuvvet değerlerinin gruplar arasında benzer bulunması, statik ve dinamik görevlerde görsel girdi eksikliğinde farklı motor stratejilerin kullanıldığını düşündürmektedir. Ayrıca, görme kaybı olan çocukların yürüme sırasında görsel girdi eksikliğini somatosensöriyel ve vestibüler sistemler sayesinde kompanse ettiği düşünülmektedir.

Tepe kuvvet (*peak force*), ayağın belirli bir temas bölgesine uyguladığı en yüksek anlık kuvveti temsil eder; ancak bu değer plantar yük dağılımındaki bölgesel farklılıkları ve asimetrisi tam olarak yansıtmayabilir. Tepe kuvvet değerinin vücut ağırlığı ve ekstremiteler uzunluğu gibi antropometrik özelliklere; adım genişliği, kas kuvveti ve yürüme hızı gibi mekanik değişkenlere bağlı olduğu bilinmektedir (25). Bu çalışmada demografik ve antropometrik özelliklerin gruplar arasında benzer olması ($p>0.05$), tepe kuvvet değerlerinde fark olmamasını açıklayabilir. Ayak tabanındaki basınç ve kuvvet dağılımları, bireylerin duruş pozisyonu, yürüyüş paternleri, postural kontrol stratejileri ve duyu sistemlerinden gelen afferent girdilere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (26). Yapılan çalışmalarda görme engeli olan bireylerde plantar yüzeye uygulanan tepe basınç değerlerinde bölgesel farklılıklar olduğu bildirilmiştir. (27,28). Statik

postürde görsel girdinin yokluğu postural salınımı artırırken, dinamik görevlerde görme engelli çocukların daha yavaş yürüme, kısa adım uzunluğu ve artmış çift destek süresi gibi kompensatuvar stratejiler kullanarak yük aktarımını düzenledikleri söylenebilir (5, 29-30). Bu stratejiler plantar basınç bölgelerinde farklılıklara yol açabilse de yükün zaman içinde daha kontrollü aktarılması, tepe kuvvetin büyüklüğünü değiştirmeyebilir. Böylece statik stabilite bozulmuş olsa da dinamik yüklenmenin korunması, görme engelli çocuklarda duyuşal girdilerin yeniden ağırlandırıldığını (*sensory re-weighting*) düşündürmektedir (28).

Bu çalışmada normal gören çocuklarda, özellikle bazı metatars ve topuk bölgelerinde plantar kuvvet dağılımı ile *CoP path length* arasında anlamlı negatif ilişkiler (dominant ayakta 1. metatars: $\rho=-0,633$; orta ayak: $\rho=-0,642$; topuk medial: $\rho=-0,811$; $p<0,05$) görsel girdinin yük aktarımının büyüklüğünün ayarlanmasında rol oynadığını düşündürmektedir. Ayrıca az gören ve total kör çocuklarda ayak tepe kuvvet dağılımları ile *CoP* salınımları arasında güçlü ilişkiler kurulamamıştır. Bu bulgu, dengeyi sağlarken yük aktarımının kontrollü yapılmasının *CoP* salınımını azaltabileceği kanısına varmamıza neden olmuştur. Literatürde görme engelli bireylerin postural kontrolde plantar yük dağılımından ziyade vestibüler ve proprioseptif girdilere bağımlı olduğu belirtilmektedir (5,31).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, görme engelli çocuklarda statik postural kontrolün, gören akranlarına kıyasla önemli ölçüde bozulduğu ve *CoP path length* değerlerinin daha yüksek olduğu bulundu ($p=0,002$). Dinamik tepe kuvvet değerlerinin gruplar arasında benzer

olması ($p>0,05$) ve görme engelli çocuklarda tepe kuvvet değerleri ile *CoP* parametreleri arasında genel olarak anlamlı ilişkilerin saptanmaması ($p>0,05$), bu çocukların postural kontrolü sürdürürken plantar yük dağılımından ziyade alternatif duyuşal-motor stratejilere başvurduğunu düşündürmektedir. Korelasyon analizleri ile, normal gören çocuklarda *CoP path length* ile plantar yüklenme bölgeleri arasında orta ila çok güçlü arasında değişen negatif ilişkiler olduğunu gösterirken ($p<0,05$), az gören çocuklarda anlamlı bir ilişki saptanmadı. Total kör çocuklarda ise yalnızca orta ayak bölgesinde zayıf ila orta düzeyde negatif ilişki görülmesi, bu çocukların postural kontrolü sürdürürken dinamik ayak yüklemesini kısmen bir strateji olarak kullanabileceğini düşündürmektedir.

Görsel girdinin eksikliğinde veya yokluğunda vücut salınımının artması, kalça ve ayak bileği stratejilerinin kompensatuvar olarak kullanılması şeklinde de değerlendirilebilir.

Sonuç olarak; görsel girdinin postural stabilite üzerinde etkili olduğu ve görsel yeti yitimi seviyelerine bağlı olarak farklı kompensatuvar stratejilerin oluştuğunu düşünmekteyiz. Gelecek çalışmalarda, yaş gruplarının biyolojik gelişim evreleri dikkate alınarak sınıflandırılması, elde edilecek bulguların literatürle karşılaştırılabilirliğini artıracaktır.

SINIRLILIKLAR

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Çalışmamız yaş gruplarına ayrılarak sınıflandırılmamıştır. Gelecek çalışmalarda, yaş gruplarının biyolojik gelişim evreleri dikkate alınarak sınıflandırılması, elde edilecek bulguların literatürle karşılaştırılabilirliğini artıracaktır. *CoP* verilerinin elde edilmesine

yönelik değerlendirmelerinin normal gören ve az gören çocuklarda gözler açık pozisyonunda yapılmış olması ve dengeyi etkileyebilecek bazı parametrelerin (vestibüler/proprioseptif) göz ardı edilmiş olması çalışmanın bir diğer sınırlılığı arasındadır. Ayrıca basınç değil de tepe kuvvet değerlendirmesinin yapılmış olması da sonuçları etkilemiş olabilir.

ARAŞTIRMA KATKI ORANI BEYANI

Çalışmanın Tasarlanması: NB, NF, MS; Verilerin Toplanması: NF, MS; Makalenin Yazımı: NF, MS, NB; Makalenin Gözden Geçirilmesi ve Düzenlenmesi: NB

MADDİ DESTEK

Yazarlar çalışmanın yürütülmesi sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan ederler.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMANIN ETİK BEYANI

Bu çalışmanın verileri sorumlu araştırmacının doktora tezi için planladığı kesitsel çalışmanın ön test verilerinden elde edilmiştir. Çalışma, 29 Ağustos 2024 tarihinde Lokman Hekim Üniversitesi Bilimsel Araştırma Etik Kurulu tarafından 2024/09-1 karar numarası ile onaylanmış ve Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür.

KAYNAKÇA

1. Ghasemi Fard F, Mirzaie H, Hosseini SA, Riazi A, Ebadi A. Vision-related tasks in children with visual impairment: A multi-method study. *Frontiers in Psychology*. 2023;14:1180669.

2. Bakke HA, Cavalcante WA, de Oliveira IS, Sarinho SW, Cattuzzo MT. Assessment of motor skills in children with visual impairment: A systematic and integrative review. *Clinical Medicine Insights: Pediatrics*. 2019;13:1179556519838287.
3. Gogate P, Gilbert C, Zin A. Severe visual impairment and blindness in infants: Causes and opportunities for control. *Middle East African Journal of Ophthalmology*. 2011;18(2):109-14.
4. Yu B, Dai L, Chen J, Sun W, Chen J, Du L, et al. Prenatal and neonatal factors for the development of childhood visual impairment in primary and middle school students: A cross-sectional survey in Guangzhou, China. *BMJ Open*. 2020;10(9):e032721.
5. Gazzellini S, Lispi ML, Castelli E, Trombetti A, Carniel S, Vasco G, et al. The impact of vision on the dynamic characteristics of the gait: Strategies in children with blindness. *Experimental brain research*. 2016;234(9):2619-27.
6. Mesci E. Pedobarographic evaluations in physical medicine and rehabilitation practice. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2023;69(4):400-9.
7. Teo I, Thompson J, Neo YN, Lundie S, Munnoch DA. Lower limb dominance and volume in healthy individuals. *Lymphology*. 2017;50(4):197-202.
8. Kokhan S, Romanova E, Nadeina L, Skaliy T, Kowalski W, Petrova-Gotova T, et al. Goalball as a factor of physical rehabilitation of students with visual impairments. *Palaestra*. 2021;35(3):28-36.
9. Seyhan S, Açar G, Yaşasın Y, Üzümcü B, Sinen H. Investigation of foot biomechanics in 5–15 years old children performing gymnastics. *Research in Sport Education and Sciences*. 2024;26(3):119-25.
10. Soylu C, Karataş CŞ, Açar G. Reliability and validity of Analiz Sistem in plantar pressure assessment for unilateral chronic ankle instability. *Istanbul Gelisim University Journal of Health Sciences*. 2025;26:464-76.
11. Quijoux F, Nicolaï A, Chairi I, Bargiotas I, Ricard D, Yelnik A, et al. A review of center of pressure (COP) variables to quantify standing balance in elderly people: Algorithms and open-access code. *Physiological Reports*. 2021;9(22):e15067.
12. Prion S, Haerling KA. Making sense of methods and measurement: Spearman-rho ranked-order correlation coefficient. *Clinical Simulation in Nursing*. 2014;10(10):535-6.
13. Tomomitsu MS, Alonso AC, Morimoto E, Bobbio TG, Greve J. Static and dynamic postural control in low-vision and normal-vision adults. *Clinics*. 2013;68(4):517-21.

14. Zarei H, Norasteh AA, Lieberman LJ, Ertel MW, Brian A. Balance control in individuals with visual impairment: A systematic review and meta-analysis. *Motor Control*. 2023;27(4):677-704.
15. Alghadir AH, Alotaibi AZ, Iqbal ZA. Postural stability in people with visual impairment. *Brain and Behavior*. 2019;9(11):e01436.
16. Daneshmandi H, Norasteh AA, Zarei H. Balance in the blind: A systematic review. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*. 2021;11(1):1-12.
17. Nakata H, Yabe K. Automatic postural response systems in individuals with congenital total blindness. *Gait Posture*. 2001;14(1):36-43.
18. Schmid M, Nardone A, De Nunzio AM, Schmid M, Schieppati M. Equilibrium during static and dynamic tasks in blind subjects: No evidence of cross-modal plasticity. *Brain*. 2007;130(Pt 8):2097-107.
19. Salari A, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Karimi Afshar F. Assessment of balance recovery strategies during manipulation of somatosensory, vision, and vestibular system in healthy and blind women. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*. 2019;6(3):123-9.
20. Zipori AB, Colpa L, Wong AMF, Cushing SL, Gordon KA. Postural stability and visual impairment: Assessing balance in children with strabismus and amblyopia. *PLoS One*. 2018;13(10):e0205857.
21. Mohammadi F, Bayati M, Abbasi H, Allafan N. Better functioning of the somatosensory system in postural control of blind athletes compared to non-athletes. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019;8(3):179-87.
22. Häkkinen A, Holopainen E, Kautiainen H, Sillanpää E, Häkkinen K. Neuromuscular function and balance of prepubertal and pubertal blind and sighted boys. *Acta Paediatrica*. 2006;95(10):1277-83.
23. Rutkowska I, Skowroński W. A comparison of body balance of blind children aged 7–16 years in sex and age categories. *Studies in Physical Culture & Tourism*. 2007;14(Suppl):287-92.
24. Rutkowska I, Bednarczyk G, Molik B, Morgulec-Adamowicz N, Marszałek J, Kaźmierska-Kowalewska K, et al. Balance functional assessment in people with visual impairment. *Journal of Human Kinetics*. 2015;48:99-109.
25. Kırmızı M, Şengül YS, Angın S. The effects of gait speed on plantar pressure variables in individuals with normal foot posture and flatfoot. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2020;22(3):161–168.
26. Fragua-Blanca R, Tovaruela-Carrión N, Tena-León MJ, Escamilla-Martínez E. Variations in centre of pressure and balance performance induced by footwear drop in healthy adults. *International Orthopaedics*. 2025;1-9.
27. Abu-Faraj ZO, Faraj YT, Mohtar KH, Rammal MM. Characterization of plantar pressures in visually impaired individuals: A pilot study. 6th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering. 2013;2013:1549-53.
28. Castro KJS, Salomão RC, Feitosa NQ Jr, Henriques LD, Kleiner AFR, Belgamo A, et al. Changes in plantar load distribution in legally blind subjects. *PLoS One*. 2021;16(4):e0249467.
29. Hallemans A, Ortibus E, Truijien S, Meire F. Development of independent locomotion in children with a severe visual impairment. *Research in Developmental Disabilities*. 2011;32:2069-74.
30. Majlesi M, Farahpour N, Robertson GE. Comparisons of spatiotemporal and ground reaction force components of gait between individuals with congenital vision loss and sighted individuals. *Journal of Visual Impairment & Blindness*. 2020;114:277-88.
31. Hallemans A, Ortibus E, Meire F, Aerts P. Low vision affects dynamic stability of gait. *Gait Posture*. 2010;32(4):547-55.