

Transtibial amputelerde pozisyon hissi ile yürüyüş ve denge arasındaki ilişki

Sevilay Seda BAŞ^a, Bahar ANAFOROĞLU KÜLÜNKOĞLU^b, Senay ÇEREZCİ DUYGU^c

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, tek taraflı transtibial amputelerde gövde ve diz pozisyon hislerinin, yürüyüş parametreleri ve denge ile olan ilişkisinin incelenmesidir. **Yöntem:** Bu kesitsel çalışmaya, tek taraflı transtibial amputasyon geçirmiş ve bağımsız yürüyebilen 18-65 yaş arası bireyler dahil edildi. Katılımcıların gövde ve diz pozisyon hisleri dijital bir inklinometre ile, yürüyüşlerine ait zaman-mesafe parametreleri ve pelvik hareketlerine ait değişkenler yürüyüş sensörü ile, dinamik dengeleri ise 4 kare adım testi ile değerlendirildi. **Bulgular:** Çalışmaya katılan bireylerin (22 E, 3 K) ortalama yaşları 43.32 ± 13.75 yıl olarak kaydedildi. Katılımcıların ampute ve ampute olmayan diz pozisyon hislerinin arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulundu. Ampute taraf diz eklem pozisyon hissi mutlak hatası ile ampute taraf pelvik internal/eksternal rotasyonu ve ampute olmayan taraf pelvik internal/eksternal rotasyonu arasında negatif yönde orta dereceli korelasyon; ve gövde pozisyon hissi ile ampute taraf posterior pelvik tilt ve kadans arasında pozitif yönde orta derecede korelasyon, gövde pozisyon hissi ile ampute taraf pelvik eksternal rotasyon ve ampute olmayan taraf pelvik internal rotasyon arasında negatif yönde orta derecede korelasyon bulundu. **Sonuç:** Ampute diz ve gövde pozisyon hissi ile yürüyüş parametreleri arasında ilişki tespit edildi. Bu ilişki yürüyüş deviasyonlarına, alt ekstremit ve gövdeye ait yapıların zorlanmasına ve bu yapılarda yaralanma riskinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Ampute rehabilitasyon programlarına gövde ve diz eklem pozisyon hislerinin geliştirilmesine yönelik egzersizlerin eklenmesi bu riskleri azaltabilir.

Anahtar Kelimeler: Ampüteler, yürüyüş, postural denge, pelvis

The relationship between sense of position with gait and balance in transtibial amputees

ABSTRACT

Objective: This study aimed to investigate the relationship between trunk and knee position sense and gait parameters and balance in unilateral transtibial amputees (UTA). **Methods:** The cross-sectional study included individuals aged 18-65 years with UTA who were able to walk independently. The study evaluated the trunk and knee position sense of participants using the dual digital inclinometer, while spatio-temporal and pelvic parameters of gait were assessed with the gait sensor. Dynamic balance was evaluated using the 4-square step test. **Results:** The study included 22 male and 3 female participants, with a mean age recorded as 43.32 ± 13.75 years. The results showed a statistically significant difference in knee position sense between amputee and non-amputee knee. A moderate negative correlation was found between the absolute error of the amputee side knee joint position sense and the amputee side pelvic internal/external rotation and the non-amputee side pelvic internal/external rotation. There was a moderate positive correlation between trunk position sense and amputee side pelvic external rotation and non-amputee side pelvic internal rotation. Additionally, trunk position sense was found to be correlated with amputee side posterior pelvic tilt and cadence. **Conclusion:** A relationship was determined between amputated knee, trunk position sense and gait parameters. This relationship may cause gait deviations, strain on lower extremity and trunk structures, and the risk of injury to these structures. Providing amputee rehabilitation programmes with exercises that improve trunk and knee joint position sense may reduce these risks.

Keywords: Amputees, proprioception, gait, postural balance, pelvis

Geliş Tarihi: 16.01.2024

Kabul Tarihi: 01.04.2024

^aAnkara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye, e-posta: sevilaysedabas@gmail.com ORCID: 0000-0003-1660-7723

^bAnkara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye, e-posta: anaforoglu@hotmail.com ORCID: 0000-0002-2148-0379

^cSağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ortez-Protez Bölümü, Ankara, Türkiye, e-posta: senay.cerezciduygu@sbu.edu.tr ORCID: 0000-0003-4060-9366

Sorumlu Yazar/Correspondence: Sevilay Seda Baş e-posta: sevilaysedabas@gmail.com

Atıf/Citation: Baş SS, Anaforoğlu Kulunkoğlu B, Çerezci Duygu S. Transtibial amputelerde pozisyon hissi ile yürüyüş ve denge arasındaki ilişki Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi 2024;6(1):32-39.

GİRİŞ

Alt ekstremité amputasyonları fiziksel fonksiyon ve mobilitéyi ciddi düzeyde etkilemekte ve sıklıkla diyabetes mellitus, vasküler problemler ve travma nedeniyle gerçekleştirilmektedir.¹ Her yıl gerçekleştirilen alt ekstremité amputasyonlarının %75'ini transtibial amputasyonların oluşturduğu belirtilmektedir.² Ancak prevalans verilerinin yetersizliği ve tahminlerdeki belirsizlik nedeniyle amputasyon prevalansı hakkında çok az şey bilinmektedir.²

Amputasyon sonrası periferik yapılar ve nöral sonlanmaların kaybı, nöromusküler sistemde majör değişikliklere neden olmaktadır. Kutanöz dokular, eklem kapsülü, kas içiği ve golgi tendon organlarının da kaybedilmesi ile kutanöz, kuvvet, hız ve pozisyon duyularına ait bilgilerin merkezi sinir sistemine artık iletilmediği ve bununla birlikte normal sensorimotor mekanizmanın bozulduğu bildirilmiştir.³ Özellikle, proprioseptif girdinin taşındığı alanların amputasyon sonrası uyarılabilirliğinin azaldığı görülmüştür.⁴

Kinestezi, kuvvet hissi ve eklem pozisyon hissi alt komponentlerinden oluşan propriosepsiyon; postüral kontrolün sağlanması ve yürüyüşün tüm süreçlerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi için gereklidir.^{5,6} Postüral kontrol, denge ve yürüyüş için en önemli proprioseptif komponentlerden biri diz pozisyon hissidir. Diz pozisyon hissini, yürüme kinematiği ve yürüyüş sırasında maruz kalınan yüklenmeler ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir.⁷ Yürürken vücut segmentlerinin hareket ve pozisyonlarına ait farkındalık yeterli olmadığında, topuk vuruşunda yer reaksiyonundan kaynaklanan şoka ve ardından taban temasına yeterince hazır olunamayacağı bildirilmiştir.^{7,8} Denge açısından ise, özellikle dik duruş esnasında, alt ekstremiteden gelen pozisyon hissini oldukça önemli olduğu belirtilmiş ancak yürüyüş esnasındaki postüral kontrolde diz pozisyon hissini etkisi henüz tam olarak ortaya konulamamıştır.⁷⁻⁹

Postüral kontrol ve denge için önemli olan bir başka proprioseptif komponent, gövde pozisyon hissidir. Farklı popülasyonlarda yapılan çalışmalarda gövde pozisyon hissini, denge ve düzgün ekstremité hareketlerinin oluşması için temel gereksinimlerden biri olduğu belirtilmiştir. Gövde pozisyon hissi düzgünlüğü azalmış olan hastalarda asimmetrik yüklenmelerin, postüral salınımların ve düşmelerin arttığından ve anormal ağırlık merkezi translyasyonundan bahsedilmiştir.^{10,11} Transtibial amputasyonlardan sonra, denge ve yürüyüşün motor kontrolü için gerekli olan ayak ve ayak bileğinden gelen proprioseptif bilgi kaybedilmektedir.^{12,13} Kaybedilen proprioseptif bilginin postüral kontrol, yürüyüş ve dengede problemlere neden olduğu bildirilmiştir.^{14,15} Amputelerin yalnızca kaybedilen

uzuvları sebebiyle proprioseptif kayıp yaşamadığı, aynı zamanda ampute ekstremitelerinin diz pozisyon hissini de yetersizlik olduğu görülmüştür.^{16,17} Ayrıca, transtibial amputelerde ekstremiteler arası asimmetrik ağırlık aktarımı, artmış postüral salınım ve düşme sıklığı gövde pozisyon hissi ile ilgili değişimler olabileceğini düşündürse de bu konuda bir kanıt henüz bulunamamıştır.^{18,19}

Transtibial amputelerde proprioseptif değişiklikleri araştıran az sayıda çalışma vardır. Bu çalışmaların çoğu diz pozisyon hissi ile ilgili olup, genelde birbiri ile çelişen sonuçlar bildirmektedir.^{16,17,20} Bu çelişkili bulgular muhtemelen farklı metodolojik yaklaşımlardan kaynaklanmaktadır. Bilgimiz dahilinde, tek taraflı transtibial amputelerin gövde ve diz eklem pozisyon duyuları ile yürüyüş ve dengelerinin ilişkisini inceleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, tek taraflı transtibial amputelerde, gövde pozisyon ve diz pozisyon hissini yürüyüş parametreleri ve denge ile olan ilişkisini incelenmesidir. Çalışmamızın hipotezi ise gövde, ampute ve ampute olmayan diz pozisyon hisleri ile yürüyüş ve denge arasında bir ilişki bulunmasıdır.

YÖNTEM

Araştırma Tasarımı

Bu kesitsel çalışma Ağustos 2023-Kasım 2023 tarihleri arasında Ankara'daki 6 farklı özel protez-ortez uygulama merkezinde gerçekleştirildi. Çalışmaya, 18-65 yaş arası, total temaslı soket ile protezini en az 1 senedir kullanan, bir yürüme yardımcısı olmadan bağımsız yürüyebilen, fonksiyonel olarak Medicare Fonksiyonel K Sınıflamasına göre en az K2 sınıfında (toplum içerisinde sınırlı ambulasyon düzeyine sahip) yer alan bireyler dahil edildi. Bilateral alt ekstremité ve üst ekstremité amputasyonu olan, nörolojik veya amputasyon dışında alt ekstremité ve/veya omurgasında ortopedik problem öyküsü olan bireyler ise çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmaya katılmaya uygun bireylere, sözlü olarak ve aydınlatılmış onam formu ile yazılı olarak bilgi verildi. Çalışma için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulundan gerekli onay alındı (Etik kurul no: 14.06.2023/06-270). Bu çalışma, Helsinki Dünya Tıp Birliği Deklarasyonuna uygun yapıldı ve çalışmaya katılmaya onay veren bireyler dâhil edildi.

Veri Toplama

Çalışma kapsamında katılımcıların, yaş, boy, cinsiyet, eğitim düzeyi, tıbbi özgeçmiş-soygeçmiş, geçirilen operasyonlar, kullanılan ilaçlar, sigara-alkol kullanımı, amputasyon nedeni, amputasyon cerrahisi tarihi, ampute taraf, alt ekstremité uzunluğu, süspansiyon ve protez ayak türleri kaydedildi.

Katılımcıların gövde ve diz pozisyon duyuları, dual dijital inklinometre cihazı ile değerlendirildi. Gövde pozisyon duyusu ölçümü, gözler kapalı sert zeminde çıplak ayakla destek yüzeyi omuz genişliğinde olacak şekilde ayakta durma pozisyonunda gerçekleştirildi. Ölçüme başlamadan önce hata oranını en aza indirebilmek amacı ile hastaya hem sözlü olarak hem de iki defa pratik yaptırılarak ölçüm öğretildi. Gövde fleksiyon hareketi için ayakta durma pozisyonunda inklinometrenin bir parçası palpasyonla yeri tespit edilip işaretlenen T1 spinöz proses üzerinde, diğer parçası ise yine palpasyonla yeri tespit edilip işaretlenen S1 spinöz proses üzerinde sabitlendi ve 30° gövde fleksiyon hareketi istendi. Diz pozisyon duyusu için, hastalar yüz üstü yatış pozisyonunda iken, inklinometre femur ve fibulaya yerleştirildi ve 40° diz fleksiyonu yapmaları istendi. Belli bir süre bu pozisyonda bekletilerek açığı tam olarak hissetmeleri ve daha sonra nötral pozisyona dönmeleri istendi. Ardından hastadan hedef açığı bulması ve söylemesi istendi. İnclinometre ekranındaki değer kaydedildi. Hedef açı ve elde edilen açı arasındaki fark mutlak değer olarak belirlendi ve derece cinsinden kaydedildi. İşlem üç defa gerçekleştirilerek ortalaması alındı.^{21,22}

Yürüyüşün zaman-mesafe parametrelerinin ve pelvik hareketlerin değerlendirilmesinde yürüyüş sensörü kullanıldı. Sensör, bir kemer aracılığıyla L5-S1 vertebra düzeyine denk gelecek şekilde bağlandı. Katılımcıların yürüyüşleri esnasında veriler, Bluetooth aracılığıyla, sensör yazılımının bulunduğu bilgisayara aktarıldı.²³ Katılımcılardan 10 metrelik düz bir zeminde yürümeleri istendi. Bu esnada yürüyüş hızı, ampute taraf ve ampute olmayan taraf adım uzunlukları, çift adım uzunluğu, kadans parametreleri yürüyüşün zaman-mesafe parametreleri olarak ve anterior/posterior pelvik tilt, pelvisin internal ve eksternal rotasyonları ile pelvisin yukarı ve aşağı rotasyonları ise yürüyüş esnasındaki pelvis hareketleri olarak kaydedildi.

Katılımcıların dinamik dengeleri yürüyüş, mobilite ve dinamik denge değerlendirmesinde geçerli ve güvenilir bir ölçüm olan “Dört Kare Adım Testi” ile değerlendirildi. Dört kare adım testi amputelerde kullanılan, yürüyüş, mobilite ve dinamik denge değerlendirilmesinde geçerli ve güvenilir bir ölçümdür.²⁴ Bireylerden, mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde dört kareyi öne, arkaya, sağa ve sola adımlamaları istendi. Bireylerin, dört kareyi tamamlama süreleri kaydedildi.²⁵

İstatistiksel Analiz

Örneklem için hesaplamalar G*Power version 3.1 programı kullanılarak yapıldı. Çalışmaya dahil edilecek katılımcıların sayısını belirlemek amacıyla Demirdel ve arkadaşlarının 2022 yılında yayınlamış oldukları makaledeki ampute diz eklem pozisyon hissi ve dört kare denge testi parametreleri temel alındı.¹⁷

Buna göre iki parametre arasındaki korelasyon ($r=0.674$; $p<0.05$) göz önünde bulundurularak %95 güç ve 0,05 anlamlılık düzeyi için gereken kişi sayısı 22 olarak bulundu.

Değerlendirmeden elde edilen değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Tüm nicel değişkenler normal dağılıma uymaları durumunda ortalama±standart sapma (SS), normal dağılıma uymamaları durumunda medyan (min;maks) olarak ifade edildi. Kategorik değişkenler sayı (n) ve yüzde (%) ile ifade edildi. Değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz etmek için normal dağılan değişkenler arasında Pearson’s Korelasyon testi, normal dağılım göstermeyen değişkenler arasında Spearman’s Korelasyon testi kullanıldı. Ampute diz eklem pozisyon hissi ve ampute olmayan diz eklem pozisyon hissinin karşılaştırılmasında Paired Samples T test kullanıldı. Tüm analizler %95 Güven Aralığı ve 0.05 anlamlılık düzeyinde, SPSS (Statistical Package for Social Science) 29.0.1.0 programı ile gerçekleştirildi.

BULGULAR

Çalışmaya yaş ortalaması 43.32 ± 13.75 yıl olan 22 erkek ve 3 kadın katılımcı katıldı. Katılımcıların beden kitle indeksleri 28.96 ± 4.96 kg/m², güdük uzunlukları 15.40 ± 5.11 cm ve amputasyon cerrahisi geçirme süreleri 12.10 ± 8.70 yıl olarak belirlendi. Tamamı karbon kompozit ayak kullanan katılımcıların %52’si aktif vakum sistemli transtibial protez kullanmaktaydı. Katılımcıların %72’si travma, %12’si periferik damar hastalığı ve %16’sı ise Diabetes Mellitus, tümör ve konjenital nedenlerle amputasyon geçirdiğini belirtti.

Tablo 1. Katılımcıların demografik ve protez kullanım özellikleri

	Ort±SS	n (%)
Yaş (yıl)	43.32±13.75	
Beden Kitle İndeksi (kg/m ²)	28.96±4.96	
Güdük uzunluğu (cm)	15.40±5.11	
Cinsiyet		
Erkek		22 (88)
Kadın		3 (12)
Eğitim düzeyi		
İlköğretim		3 (12)
Ortaöğretim		3 (12)
Lise		14 (56)
Lisans ve üzeri		5 (20)
Amputasyon nedeni		
Travma		18 (72)
Periferik damar hastalığı		3 (12)
Diğer		4 (16)
Cerrahi süresi (yıl)	12.10±8.70	
Süspansiyon türü		
Aktif vakum		13 (52.0)
Pasif vakum		9 (36.0)
Pin sistem		3 (12.0)

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; kg: kilogram; cm: santimetre; n: sayı; m²: metre kare

Katılımcıların, ampute ve ampute olmayan taraf diz eklem pozisyon hisleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulundu ($p=0.000$) (Tablo 2).

Tablo 2. Katılımcıların diz eklem pozisyon his mutlak hatalarının karşılaştırılması

	Median (min;maks)	P
Ampute diz eklem pozisyon hissi (mutlak hata) ($^{\circ}$)	4.00 (1.00;13.33)	0.000*
Non* ampute diz eklem pozisyon hissi (mutlak hata) ($^{\circ}$)	2.33 (0.33;8.33)	

$^{\circ}$: derece; *: $p<0.05$; min: Minumum; Maks: Maksimum

Katılımcıların, gövde pozisyon hisleri, ampute ve ampute olmayan taraf diz eklem pozisyon hisleri, dört

kare denge testi sonuçları ve yürüyüş parametreleri Tablo 3'te verildi.

Katılımcıların ampute taraf diz eklem pozisyon hisleri ile ampute taraf eksternal pelvik rotasyonları ($r=-0.576$, $p=0.003$) ampute olmayan taraf eksternal pelvik rotasyonları ($r=-0.424$, $p=0.035$), ampute taraf internal pelvik rotasyonları ($r=-0.417$, $p=0.038$) ve ampute olmayan taraf internal pelvik rotasyonları ($r=-0.551$, $p=0.004$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulundu. Katılımcıların gövde pozisyon hisleri ile kadansları ($r=0.493$, $p=0.012$), ampute taraf posterior pelvik tilt ($r=0.412$, $p=0.041$), ampute taraf eksternal pelvik rotasyon ($r=0.408$, $p=0.043$) ve ampute olmayan taraf internal pelvik rotasyonları ($r=-0.421$, $p=0.036$) arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4).

Tablo 3. Katılımcıların gövde pozisyon hisleri, denge ve yürüyüş parametreleri

	Median (min;maks)	Ort \pm SS
Gövde pozisyon hissi (mutlak hata) $^{\circ}$		4.62 \pm 2.39
Dört Kare Denge (sn)	11.04 (8.28-17.92)	
Hız (m/sn)	1.14 (0.55-2.15)	
Kadans, Median (min;maks)	103.74 (44.76-126.44)	
Adım uzunluğu (m)		
Ampute taraf	0.67 (0.49-1.23)	
Ampute olmayan taraf	0.65 (0.51-1.04)	
Çift adım uzunluğu (m)		
Ampute taraf	1.33 (1.02-2.37)	
Ampute olmayan taraf	1.33 (1.01-2.17)	
Anterior Pelvik Tilt $^{\circ}$		
Ampute taraf		0.78 \pm 0.44
Ampute olmayan taraf		0.78 \pm 0.42
Posterior Pelvik Tilt $^{\circ}$		
Ampute taraf	1.20 (0.10-4.50)	
Ampute olmayan taraf	1.30 (0.10-4.60)	
İnternal Pelvik Rotasyon $^{\circ}$		
Ampute taraf		4.54 \pm 2.27
Ampute olmayan taraf		4.76 \pm 2.33
Eksternal pelvik rotasyon $^{\circ}$		
Ampute taraf		4.95 \pm 2.45
Ampute olmayan taraf		4.36 \pm 2.27
Yukarı rotasyon $^{\circ}$		
Ampute taraf		0.99 \pm 0.41
Ampute olmayan taraf		1.43 \pm 0.73
Aşağı rotasyon $^{\circ}$		
Ampute taraf		1.42 \pm 0.68
Ampute olmayan taraf		1.02 \pm 0.44

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; $^{\circ}$: derece; min: Minumum; Maks: Maksimum; m/sn: metre/saniye; sn: saniye, m: metre

TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı tek taraflı transtibial amputelerde, gövde pozisyon ve diz pozisyon hislerinin yürüyüş ve denge ile olan ilişkisinin incelenmesiydi. Çalışmamızın hipotezi, gövde, ampute ve ampute olmayan diz pozisyon hisleri ile yürüyüş ve denge arasında bir ilişki bulunmasıydı. Çalışmamızın sonuçlarına göre ampute ve ampute olmayan diz eklem ve gövde pozisyon hisleri ile denge ve yürüyüşün

kadans dışındaki zaman-mesafe parametreleri arasında bir ilişki bulunduğunu savunan hipotezimiz reddedilmiş ancak; ampute diz pozisyon hissi ile internal ve eksternal pelvik rotasyon; gövde pozisyon hissi ile kadans ve ampute taraf posterior tilt, ampute taraf eksternal pelvik rotasyon ve ampute olmayan taraf internal pelvik rotasyon arasında bir ilişki bulunduğunu savunan hipotezimiz kabul edilmiştir.

Tablo 4. Katılımcıların gövde pozisyon hissi ve diz pozisyon hisleri ile denge yürüyüş parametrelerinin ilişkisi

		Gövde pozisyon hissi (mutlak hata) ⁰		Ampute diz eklem pozisyon hissi (mutlak hata) ⁰		Non*ampute diz eklem pozisyon hissi (mutlak hata) ⁰	
		r	p	r	p	r	p
Denge		-0.094	0.655 ^b	-0.069	0.743 ^b	0.080	0.705 ^b
Hız		0.257	0.215 ^b	0.066	0.755 ^b	0.102	0.628 ^b
Kadans		0.493	0.012*^b	0.017	0.934 ^b	0.085	0.685 ^b
Adım uzunluğu	Ampute taraf	0.077	0.715 ^b	0.170	0.417 ^b	0.139	0.507 ^b
	Ampute olmayan taraf	-0.241	0.245 ^b	0.039	0.851 ^b	-0.054	0.799 ^b
Çift adım uzunluğu	Ampute taraf	-0.023	0.914 ^b	0.174	0.405 ^b	0.122	0.560 ^b
	Ampute olmayan taraf	-0.070	0.739 ^b	0.082	0.696 ^b	0.030	0.886 ^b
Anterior pelvik tilt	Ampute taraf	-0.280	0.175 ^a	0.178	0.394 ^b	0.147	0.484 ^b
	Ampute olmayan taraf	-0.298	0.148 ^a	0.061	0.771 ^b	0.129	0.539 ^b
Posterior pelvik tilt	Ampute taraf	0.412	0.041*^b	0.309	0.133 ^b	-0.087	0.677 ^b
	Ampute olmayan taraf	0.374	0.066 ^b	0.296	0.151 ^b	-0.133	0.526 ^b
Eksternal pelvik rotasyon	Ampute taraf	-0.408	0.043*^a	-0.576	0.003*^b	-0.331	0.106 ^b
	Ampute olmayan taraf	-0.002	0.991 ^a	-0.424	0.035*^b	-0.295	0.153 ^b
İnternal pelvik rotasyon	Ampute taraf	-0.044	0.069 ^a	-0.417	0.038*^b	-0.356	0.081 ^b
	Ampute olmayan taraf	-0.421	0.036*^a	-0.551	0.004*^b	-0.363	0.075 ^b
Yukarı rotasyon	Ampute taraf	-0.257	0.214 ^a	0.053	0.800 ^b	-0.202	0.332 ^b
	Ampute olmayan taraf	0.219	0.293 ^a	-0.052	0.805 ^b	-0.050	0.812 ^b
Aşağı rotasyon	Ampute taraf	0.264	0.202 ^a	-0.098	0.640 ^b	-0.043	0.840 ^b
	Ampute olmayan taraf	-0.322	0.116 ^a	0.020	0.924 ^b	-0.229	0.271 ^b

⁰: derece; ^a: Pearson korelasyon testi; ^b: Spearman korelasyon testi; r: Korelasyon katsayısı; *: p<0.05

Yürüyüş esnasında vücut ağırlık merkezinin yer değiştirmesi transvers ve vertikal plandaki pelvis hareketleri ile sınırlandırılmaktadır.^{26,27} Moisan ve arkadaşlarının 2021 yılında yapmış oldukları bir çalışmada, tek taraflı transtibial amputelerde, ampute taraftaki internal pelvik rotasyonun yürüyüş siklusunun %0-9, %30-38 ve %53-100'lük periyotlarında anlamlı derecede fazla olduğu görülmüştür. Araştırmacılar bu sonucun, pelvisin yürüyüş sırasında kütle merkezinin daha etkili bir şekilde öne doğru ilerlemesine daha fazla katkıda bulunması sebebiyle ortaya çıktığını bildirmişlerdir.²⁸ Bu çalışmada ampute taraf diz pozisyon hissi mutlak hatası ile bilateral internal ve eksternal pelvik rotasyonlar; gövde pozisyon hissi mutlak hatası ile ampute taraf eksternal pelvik rotasyonu ve ampute olmayan taraf internal rotasyonu arasında bir korelasyon bulundu. Önceki çalışmaların sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, diz ve gövde eklem pozisyon hissindeki mutlak hata azaldıkça pelvisteki rotasyonların artmasının rutin bir hızda, adım uzunluğu ve kadansı dengelemek için geliştirilmiş bir kompensasyon olduğu düşünülebilir.²⁶⁻²⁹

Çalışmamızın sonucunda, gövde pozisyon hissi mutlak hatası ile yürüyüş esnasındaki ampute taraf posterior tilt arasında pozitif yönde anlamlı korelasyon bulundu. Alt ekstremité amputelerinin yürüyüş esnasında pelvis ve gövdeyi de içeren çeşitli nöromusküler adaptasyonlar gösterdikleri bildirilmiştir.^{30,31} Ayrıca yakın tarihli bir meta-analizin sonucuna göre, bel ağrısı yaşayan amputelerin yürüyüş sırasındaki sagittal

düzlem pelvik hareket açıklıklarının istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da bel ağrısı yaşamayan amputelere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.³² Aşırı pelvik hareketin belde asimetrik yüklenmelere neden olabileceği ve değişen nöromusküler kontrolün, gövde kasları üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir.^{31,33,34} Gövde kas kuvveti ile gövde pozisyon hissi ve yürüyüş esnasındaki pelvik hareketler arasındaki ilişki çalışmamızda değerlendirilmemiştir. Bununla birlikte, yeterli kas kuvvetinin, pelvis stabilizasyonuna katkı vererek aşırı hareketleri limitleyebileceği göz önünde bulundurulduğunda, çalışmaya dahil olan popülasyonun gövde kas kuvveti zayıflığı yaşadığı düşünülebilir. Bahsedilen parametreler arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilecek çalışmalara ihtiyaç vardır.³⁸ Transtibial amputelerde, somatosensörial girdinin denge ile ilişkili olduğu belirtilmektedir.^{35,36} Demirdel ve arkadaşlarının çalışmasında, dinamik denge ile ampute diz eklem pozisyon hissi arasında istatistiksel açıdan anlamlı korelasyon bulunmuştur.¹⁷ Çalışmamızda ise dinamik denge ile ampute taraf ve ampute olmayan taraf diz arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmadı. Çalışmamızda Demirdel ve arkadaşlarından farklı sonuçlara ulaşılması birkaç nedenden kaynaklanmış olabilir. Bu nedenlerden biri, her iki çalışmada da pozisyon hissinin mutlak hatası, geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracıyla değerlendirilmiş olmasına rağmen çalışmamızda farklı olarak, diz eklem pozisyon hissinin 40°'de ve protezsiz olarak değerlendirilmesi olabilir. Ayrıca aynı çalışmada amputasyon sonrası geçen süre ortalama 29.23 yıl

olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar, süre arttıkça ampute diz eklem pozisyon hissi hatasının arttığını göstermişlerdir.²² Bu çalışmada ise amputasyon sonrası geçen süre ortalama 12.10 yıl olarak bulundu. Bu durum dinamik denge ile ampute diz eklem pozisyon hissi mutlak hatası arasında ilişki bulunmamasının nedenlerinden biri olabilir. Çünkü, amputasyon sonrası geçen sürenin artması ile eklem pozisyon hislerini olumsuz etkileyecek, sekonder kas iskelet sistemi problemlerinin de ortaya çıkma olasılığı artabilir. Ayrıca, amputasyon öncesi ve sonrasında rehabilitasyon süreçlerinden geçmemiş amputelerde postür, yürüyüş ve denge problemlerine ilişkin birtakım deviasyonlar gelişebilmektedir. Bu problemlerin zamanla daha ciddi ve kronik hale geldiği göz önünde bulundurulduğunda, amputasyon tarihi üzerinden uzun zaman geçmiş olan bireylerde, bu olumsuz etkilerin daha fazla olabileceği de düşünülebilir.

Transtibial amputelerde, fiziksel performans ile kadans değişkenliğinin ilişkili olduğu ve alt ekstremitte amputelerinde yürüyüşteki asimetri arttıkça alt ekstremitte fiziksel performansının azaldığını belirten çalışmalar bulunmaktadır.^{37,38} Eklem pozisyon hissi ve keskinliği azaldığında, fonksiyonel performansta da azalmalar görülmeye başlanmaktadır. Demirdel ve arkadaşlarının çalışmalarında, ampute diz eklem pozisyon hissi ve 10 metre yürüme testi ile belirlenen yürüyüş hızının ilişkili olduğu bildirilmiştir.¹⁷ Çalışmamızda, ampute ve ampute olmayan diz eklem pozisyon hisleri ile yürüyüş hızı, kadans, adım uzunluğu ve çift adım uzunlukları arasında bir ilişki bulunmamıştır. Bu durum, yürüyüşün zaman-mesafe parametrelerinin, çalışmamızda objektif bir değerlendirme aracı olan sensörlü yürüyüş analizi kullanılarak değerlendirilmesine rağmen Demirdel ve arkadaşlarının çalışmasında ise daha subjektif bir yöntem olan 10 metre yürüme testi ile değerlendirilmesinden kaynaklanmış olabilir. Düşme yatkınlığı olan yaşlı bireylerde ise yürüyüşün, kısa adımlar ve yüksek kadans ile gerçekleştirildiği belirtilmektedir.³⁹ Çalışmamızın sonucunda bulunan gövde pozisyon hissi mutlak hatası ile kadans arasındaki ilişki, literatürdeki bilgilerle tam olarak açıklanamamaktadır.^{17,39} Ancak, gövde pozisyon hissi kötü olan bireylerin rutin hızlarında yürüyebilmek için geliştirdiği bir kompensasyon mekanizması olabileceği düşünülebilir.

Çalışmamızın birtakım sınırlılıkları bulunmaktadır. Bunlar, süspansiyon yönteminin ve amputasyon etyolojilerinin homojen olmaması, dominant ekstremitte bilgilerinin kaydedilmesi ve kas-iskelet sistemi ağrısının sorgulanmamış olmasıdır. Travma sebebiyle gerçekleşen bir amputasyon ile vasküler nedenler sebebiyle gerçekleşen bir amputasyonun, ampute ekstremitede ve tüm vücuttaki etkileri farklılık arz edebilir.¹⁶ Kas-iskelet sistemi ağrısı ise yürüyüş ve denge üzerinde doğrudan etkiye sahip olabilir.⁴⁰

Gelecekte, bu sınırlılıkların göz önünde bulundurulduğu kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

SONUÇ

Transtibial amputasyonlardan sonra, nöromusküler sistemde meydana gelen majör değişiklikler sensorimotor mekanizmanın bozulmasına neden olmaktadır. Sensorimotor mekanizmada bozukluk sonucu yürüyüş ve dengede farklı kompensatuar stratejiler gelişmektedir. Kompansasyonlar, zaman içerisinde düşmeler ve sekonder kas iskelet sistemi yaralanmaları için hazırlayıcı olabilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda gövde ve diz pozisyon hisleri ile denge ve yürüyüşün kadans haricindeki zaman-mesafe parametreleri arasında bir ilişki bulunmadı. Ancak, ampute diz pozisyon hissi ile internal ve eksternal pelvik rotasyon; gövde pozisyon hissi ile kadans ve ampute taraf posterior tilt, ampute taraf eksternal pelvik rotasyon ve ampute olmayan taraf internal pelvik rotasyon arasında bulunan ilişki, ampute bireylerin sekonder yaralanma riskleri üzerinde etkili olabilir. Aynı zamanda çalışmamız sonucunda ulaşılan bu ilişkinin, yürüyüş esnasındaki enerji sarfiyatı üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Transtibial amputelerin rehabilitasyonunda protez ile fonksiyonel aktivitelerin yanı sıra gövde ve ampute diz eklem pozisyon hissinin geliştirmeye yönelik kuvvetlendirme-germe gibi egzersizlere de yer verilmesi amputasyona sekonder kas-iskelet sistemi yaralanmalarını azaltabilir yürüyüş esnasında enerji sarfiyatını dengeleyebilir ve daha etkili ve güvenli ambulasyonun gerçekleşmesini sağlayabilir.^{18,19}

Etik Onay

Çalışmanın uygulanabilmesi için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu'ndan izin alınmıştır (Etik kurul no: 14.06.2023/06-270). Bu çalışma Helsinki Dünya Tıp Birliği Deklarasyonuna uygun yapılmış ve çalışmaya katılmaya onay veren bireyler dâhil edilmiştir. Araştırma katılımcılarının gönüllülük durumu esas alınarak, araştırmanın amacıyla ilgili açıklama yapıp ve katılımın gönüllü olduğuna ilişkin sözlü izin alınıp, katılımcıların kişisel bilgi ve gizliliğinin korunacağı bilgisi verilmiştir.

Yazar Katkıları

Çalışma Fikri/Tasarımı: SSB, BAK, ŞÇD
Veri Toplama: SSB
Veri Analizi ve Yorumlama: SSB, BAK, ŞÇD
Literatür Tarama: SSB
Eleştirel İnceleme: BAK, ŞÇD
Son Onay ve Sorumluluk: SSB, BAK, ŞÇD

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek beyan etmemektedir.

KAYNAKÇA

1. McDonald CL, Westcott-McCoy S, Weaver MR, Haagsma J, Kartin D. Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation. *Prosthet Orthot Int*. 2020;45(2):105-14.
2. Ziegler-Graham K, MacKenzie EJ, Ephraim PL, Travison TG, Brookmeyer R. Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(3):422-9.
3. Srinivasan SS, Carty MJ, Calvaresi PW, Clites TR, Maimon BE, Taylor CR, et al. On prosthetic control: A regenerative agonist-antagonist myoneural interface. *Sci Robot*. 2017;2(6):eaan2971. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aan2971>
4. Molina-Rueda F, Navarro-Fernández C, Cuesta-Gómez A, Alguacil-Diego IM, Molero-Sánchez A, Carratalá-Tejada M. Neuroplasticity modifications following a lower-limb amputation: A systematic review. *Pm & R*. 2019;11(12):1326-34.
5. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Translating Research into Clinical Practice. 3rd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
6. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci*. 2016;5(1):80-90. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>
7. Riskowski JL, Mikesky A, Bahamonde RE, Alvey III T V, Burr DB. Proprioception, gait kinematics, and rate of loading during walking: are they related? *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2005;5(4):379-87.
8. Gordon J, Ghilardi MF, Ghez C. Impairments of reaching movements in patients without proprioception. I. Spatial errors. *J Neurophysiol*. 1995;73(1):347-60.
9. Qu X, Hu X, Zhao J, Zhao Z. The roles of lower-limb joint proprioception in postural control during gait. *Appl Ergon*. 2022;99:103635.
10. Ryerson S, Byl NN, Brown DA, Wong RA, Hidler JM. Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *J Neurol Phys Ther*. 2008;32(1):14-20.
11. Konczak J, Corcos DM, Horak F, Poizner H, Shapiro M, Tuite P, et al. Proprioception and motor control in Parkinson's disease. *J Mot Behav*. 2009;41(6):543-52.
12. Tromp AM, Pluijm SMF, Smit JH, Deeg DJH, Bouter LM, Lips P. Fall-risk screening test: A prospective study on predictors for falls in community-dwelling elderly. *J Clin Epidemiol*. 2001;54(8):837-44.
13. Fraisse N, Martinet N, Kpadonou TJ, Paysant J, Blum A, André JM. Muscles of the below-knee amputees. *Ann Readapt Med Phys*. 2008;51:218-27.
14. Kavounoudias A, Roll R, Roll J. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation. *J Physiol*. 2001;532(3):869-78.
15. Kavounoudias A, Gilhodes JC, Roll R, Roll JP. From balance regulation to body orientation: Two goals for muscle proprioceptive information processing? *Exp Brain Res*. 1999;124(1):80-8.
16. Kavounoudias A, Tremblay C, Gravel D, Iancu A, Forget R. Bilateral changes in somatosensory sensibility after unilateral below-knee amputation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(4):633-40.
17. Demirdel S, Ekinci Y, Demirdel E, Erbahçeci F. Investigation of the correlation between knee joint position sense and physical functional performance in individuals with transtibial amputation. *Prosthet Orthot Int*. 2022;47(5):494-8.
18. Hunter SW, Batchelor F, Hill KD, Hill AM, Mackintosh S, Payne M. Risk factors for falls in people with a lower limb amputation: A systematic review. *Pm & R*. 2017;9(2):170-80.
19. Dite W, Connor HJ, Curtis HC. Clinical identification of multiple fall risk early after unilateral transtibial amputation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):109-14.
20. Liao KI, Skinner HB. Knee joint proprioception in below-knee amputees. *Am J Knee Surg*. 1995;8(3):105-9.
21. Goldberg A, Hernandez ME, Alexander NB. Trunk repositioning errors are increased in balance-impaired older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60(10):1310-4.
22. De Asha AR, Buckley JG. The effects of laterality on obstacle crossing performance in unilateral trans-tibial amputees. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2015;30(4):343-6.
23. De Ridder R, Lebleu J, Willems T, De Blaiser C, Detrembleur C, Roosen P. Concurrent validity of a commercial wireless trunk triaxial accelerometer system for gait analysis. *J Sport Rehabil*. 2019;28(6):jsr.2018-0295.
24. Dite W, Connor HJ, Curtis HC. Clinical identification of multiple fall risk early after unilateral transtibial amputation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):109-14.
25. Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(11):1566-71.
26. Kerrigan DC, Riley PO, Lelas JL, Della Croce U. Quantification of pelvic rotation as a determinant of gait. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(2):217-20.
27. Lin YC, Gfoehler M, Pandy MG. Quantitative evaluation of the major determinants of human gait. *J Biomech*. 2014;47(6):1324-31.
28. Moisan G, Miramand L, Younesian H, Legrand T, Turcot K. Assessment of biomechanical deficits in individuals with a trans-tibial amputation during level gait using one-dimensional statistical parametric mapping. *Gait Posture*. 2021;87:130-5.
29. Della Croce U, Riley PO, Lelas JL, Kerrigan DC. A refined view of the determinants of gait. *Gait Posture*. 2001;14(2):79-84.
30. Devan H, Hendrick P, Ribeiro DC, Hale LA, Carman A. Asymmetrical movements of the lumbopelvic region: is this a potential mechanism for low back pain in people with lower limb amputation? *Med Hypotheses*. 2014;82(1):77-85.
31. Gaffney BM, Murray AM, Christiansen CL, Davidson BS. Identification of trunk and pelvis

- movement compensations in patients with transtibial amputation using angular momentum separation. *Gait Posture*. 2016;45:151-6.
32. Lee SP, Farrokhi S, Kent JA, Ciccotelli J, Chien LC, Smith JA. Comparison of clinical and biomechanical characteristics between individuals with lower limb amputation with and without lower back pain: A systematic review and meta-analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2023;101:105860.
33. van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Rietman JS, Hermens HJ. Lumbar and abdominal muscle activity during walking in subjects with chronic low back pain: support of the “guarding” hypothesis? *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(1):31-8.
34. Vogt L, Pfeifer K, Banzer W. Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain. *Man Ther*. 2003;8(1):21-8.
35. Vanicek N, Strike S, McNaughton L, Polman R. Postural responses to dynamic perturbations in amputee fallers versus nonfallers: A comparative study with able-bodied subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90(6):1018-25.
36. Ku PX, Osman NAA, Abas WABW. Balance control in lower extremity amputees during quiet standing: A systematic review. *Gait Posture*. 2014;39(2):672-82.
37. Seth M, Coyle PC, Pohlig RT, Beisheim EH, Horne JR, Hicks GE ve ark. Gait asymmetry is associated with performance-based physical function among adults with lower-limb amputation. *Physiother Theory Pract*. 2022;38(13):3108-18.
38. Beisheim EH, Arch ES, Horne JR, Sions JM. Performance-based outcome measures are associated with cadence variability during community ambulation among individuals with a transtibial amputation. *Prosthet Orthot Int*. 2020;44(4):215-24.
39. Callisaya ML, Blizzard L, McGinley JL, Srikanth VK. Risk of falls in older people during fast-walking—the TASCOC study. *Gait Posture*. 2012;36(3):510-5.
40. Yanardag M, Şimşek TT, Yanardag F. Exploring the relationship of pain, balance, gait function, and quality of life in older adults with hip and knee pain. *Pain Manag Nurs*. 2021;22(4):503-8.