

Nöropatisi Olan Tip 2 Diyabetiklerde Farklı Adım Sayılarıyla Yürüyüş Sonrası Plantar Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi

Investigation of Plantar Temperature Changes After Walking with Different Step Counts in Type 2 Diabetics with Neuropathy

Yasin YURT^a, Mehtap MERCAN^a, Cansu KOLTAK^a

^aDoğu Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Gazimağusa, KKTC

ÖZET Amaç: Tip 2 diyabetin (T2D) tedavisi ve komplikasyonların önlenmesi için tempolu yürüyüş, önerilen orta şiddet egzersizlerden birisidir. Ayak ülseri riski olan T2D'li bireylerde ise bu egzersizin ayak sağlığı açısından güvenliği tartışmalıdır. Amacımız, nöropatisi olan T2D'li bireylerde farklı adım sayılarıyla yürüyüş sonrası plantar sıcaklık değişimlerini incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmaya, en az 1 yıldır T2D tanısı olan, bağımsız yürüyebilen ve Michigan Nöropati Tarama Testi fiziksel değerlendirmesinden 2 ve üstü puan alan, 44 birey dâhil edildi. Katılımcıların cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, beden kitle indeksi, HbA1c değerleri ve hastalık yılları sorgulandı. Bireylerin ayrı günlerde, 3 farklı adım sayısı (2.000, 4.000 ve 6.000 adım) ile koşu bandı üzerinde yürüyüşleri öncesi ve sonrasında plantar sıcaklıkları kızılötesi termometre ile değerlendirildi. **Bulgular:** İki bin adımla yürüyüş sonrasında sol ayak başparmak altı ve 1. metatars distali, her 2 ayak laterali ve sağ ayak topuk sıcaklık değerleri anlamlı olarak artış gösterdi ($p<0,05$). Dört bin ve 6.000 adım yürüyüşleri sonrasında ise her 2 ayağın ölçülen tüm bölgelerinde sıcaklık anlamlı olarak yükseldi ($p<0,05$). Farklı adım sayılarıyla yürüyüş sonrası sıcaklık artış değerleri karşılaştırıldığında, her 2 ayakta da 4.000 adım sonrası artışın 2.000 adımdan fazla, 6.000 adım sonrası artışın ise en fazla olduğu görüldü ($p<0,05$). **Sonuç:** Nöropatisi olan T2D'li bireylerde plantar sıcaklık, yürüyüş adım sayısının artmasıyla birlikte artış göstermektedir. Özellikle 2.000 adım üzerinde belirgin olan sıcaklık artışı, ülser riskini artırabileceği için tempolu yürüyüşe başlayan nöropatili bireylerin, tek seferde 2.000 adımdan fazla atmaması daha güvenli olabilir.

ABSTRACT Objective: Brisk walking is one of the moderate exercises which are advised in the type 2 diabetes (T2D) treatment and preventing complications. Safety of this exercise for T2D subjects with foot ulcer risk is controversial. Our aim was to investigate plantar temperature changes after walking with different step counts in T2D subjects with neuropathy. **Material and Methods:** Forty-four individuals with T2D diagnoses for at least one year, ability to walk independently and more than two points from Michigan Neuropathy Screening Tool physical assessment participated in the study. Gender, age, body mass index, body length, HbA1c value and disease year of participants were questioned. Plantar temperatures of the subjects were measured before and after walking on treadmill, with three different step counts (2,000, 4,000 and 6,000 steps), on different days. **Results:** Temperature values increased significantly after 2000 steps under hallux, distal first metatarsal, lateral of both feet and right heel ($p<0.05$). After 4,000 and 6,000 steps of walking, temperature increased significantly at all measured sites of both feet ($p<0.05$). When temperature changes were compared, increase after 4,000 steps was higher than 2,000 and it was the highest after 6,000 steps ($p<0.05$). **Conclusion:** Plantar temperature shows an increase with increasing step count in T2D subjects. It could be safer to take no more than 2,000 steps when the neuropathic subjects start to do brisk walking. Because, the temperature increase which was prominent above 2,000 steps, might increase the ulcer risk.

Anahtar Kelimeler: Diyabetik ayak; egzersiz; deri sıcaklığı

Keywords: Diabetic foot; exercise; skin temperature

Tip 2 diyabet (T2D) prevalansı, neden olduğu komplikasyonlar ve ilişkili sağlık harcamaları tüm dünyada hızla artış göstermektedir.¹ Uluslararası Diyabet Federasyonu, 2045 yılında yaklaşık 700 milyon diyabetli erişkin olacağını ve Türkiye'nin, 10,4

milyon diyabetli erişkin sayısı ile dünyada 10. sıraya yükseleceğini öngörmektedir.² Diyabetin komplikasyonlarından biri olan ayak ülserleri, travmatik olmayan amputasyon nedenleri arasında ilk sırada yer almaktadır.³ T2D'li bir bireyde, yaşamı süresince

Correspondence: Yasin YURT

Doğu Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Gazimağusa, KKTC/TRNC

E-mail: fzt.yasinyurt@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences.

Received: 26 Dec 2020

Accepted: 23 Feb 2021

Available online: 11 Mar 2021

2536-4391 / Copyright © 2021 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ayak ülseri gelişme ihtimali %15-25 olarak hesaplanmıştır ve her 30 sn'de bir dünyanın bir yerinde diyabetik ayağa bağlı amputasyon yapıldığı tahmin edilmektedir.⁴ Diyabetik ayak; uzun hastane yatışları, uzun süreli antibiyotik tedavisi, cerrahi ve ortopedi gibi birçok kliniğin artmış mesai sürelerinden dolayı, maliyeti yüksek bir halk sağlığı problemidir.⁵

Nöropatinin bir sonucu olan ve ayağın travmalara karşı savunmasını azaltan koruyucu duyu kaybı, diyabetik ayak ülserlerinin gelişmesinde önemli bir etkidir.⁶ Motor nöropati ve azalmış yumuşak doku esnekliğinin neden olduğu ayak deformiteleri, artmış plantar basınç alanlarıyla sonuçlanmaktadır.⁷⁻⁹ Diğer yandan mikrovasküler ve makrovasküler etkilenim, ayağın beslenmesini bozarak, cildin kuru ve zayıf olmasına neden olur ve ülserasyonlar için zemin hazırlar.¹⁰ Diyabetik ayak ülserlerinin tedavisindeki zorluklar, ülser gelişmesini önleyecek koruyucu yaklaşımların önemini artırmıştır.¹¹ Düzenli yapılan aerobik ve dirençli egzersizlerin, glisemik kontrol ve hemoglobin A1c (HbA1c) düzeylerindeki iyileştiriciliğiyle periferik vasküler direncin ve nöropati semptomlarının azaltılmasındaki etkileri, birçok çalışmayla gösterilmiştir.¹²⁻¹⁵

Fiziksel aktivite ve egzersizin T2D yönetimindeki önemi bilinse de diyabetli veya diyabet riski olan bireylerin birçoğu, düzenli ve yeterli bir fiziksel aktivite seviyesine sahip değildir.¹⁶ Glisemik kontrolün sağlanabilmesi ve komplikasyon riskinin azaltılması için T2D'li bireylerin, haftalık en az 150 dk orta şiddette fiziksel aktivite yapması önerilmektedir.¹⁷ Nispeten güvenli olduğu için en sık önerilen orta şiddet bir fiziksel aktivite olan tempolu yürüyüşün, T2D kontrolünde etkili olduğu gösterilmiştir.¹⁸ Günlük 30 dk tempolu yürüyüş veya günlük toplam 10.000 adım, sedanter ve T2D'li bireylerde sıklıkla kullanılan fiziksel aktivite önerileridir.^{19,20} Nöropatisi olan T2D'li bireylerde, ayakta yapılan egzersizlerden kaçınılması gerektiği söylenece de son zamanlarda yapılan çalışmalarda, Charcot ayak gibi ciddi bir deformite olmadıkça, uygun ayakkabı seçimiyle ayakta yapılan egzersizlerin ve yürüyüşün yara riskini artırmadığı gibi ağırlık verilmeden yapılan egzersizlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.²¹⁻²³ Diğer yandan bu kişilerin, bir seferde yürüyebileceği güvenli adım sınırının ne olduğuna dair bir öneri yoktur. Aralıksız 30 dk tempolu yürüyen bir

bireyin, yaklaşık 3.000-4.000 arası adım attığı bilinmektedir.²⁴ Bireyler günlük 10.000 adım hedefine hızlı ulaşmak istediğinde tek seferde atacağı adım sayısı da artabilir. Artan adım sayısı birlikte, yürüyüş sırasında ayağın tekrarlı olarak maruz kaldığı kuvvetler ülserasyon riskini de artırabilir. Ayak tabanında oluşan parçalama streslerinin plantar sıcaklığın artmasına neden olarak, ülser oluşumunda rol oynadığı düşünülmektedir.^{25,26}

Diyabetik ayak ülseri riski olan bireylerde, tempolu yürüyüş için güvenli bir üst sınırın olmaması, fiziksel aktivite önerilerinin bir eksikliği olarak gözükmektedir. Bu nedenle yaptığımız çalışmada, nöropatisi olan T2D'li bireylerde farklı adım sayılarıyla yürüyüş sonrası plantar sıcaklık değişimlerini incelemeyi amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırma, 2018 Mayıs-2019 Nisan tarihleri arasında, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümünde yapıldı. Çalışmaya, en az 1 yıldır T2D tanısı olan, bağımsız yürüyebilen ve Michigan Nöropati Tarama Testi fiziksel değerlendirmesinden 2 ve üstü puan alanlar dâhil edilirken; diyabetik ayak ülseri, Charcot ayak deformitesi, amputasyon öyküsü, periferik vasküler yetersizlik olan veya yürüyüş biyomekaniğini etkileyebilecek farklı ortopedik veya nörolojik problemi olan kişiler dâhil edilmedi.²⁷ Çalışmaya katılan bireylerin hepsine aydınlatılmış onam formu imzalatıldı. Çalışmaya başlamadan önce Doğu Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 07.05.2018 tarih ve 2018/58-14 sayılı kararı ile etik kurul onayı alındı. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapıldı.

Katılımcıların cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, HbA1c değerleri ve hastalık yılları sorgulandı. Bireylerin, farklı günlerde 3 farklı adım sayısı (2.000, 4.000 ve 6.000 adım) ile koşu bandı üzerinde yürüyüşleri öncesi ve sonrasında plantar sıcaklıkları değerlendirildi. Tüm değerlendirmeler aynı fizyoterapist tarafından yapıldı.

PLANTAR SICAKLIK DEĞERLENDİRMESİ

Ayak tabanının istirahat sıcaklığına dönmesi amacıyla yürüyüş öncesi ölçümler, kişiler 25 °C oda sı-

çaklığında, ayakları açık olacak şekilde sırtüstü yatışta 15 dk dinlendikten sonra yapıldı ve yürüyüş sonrasında beklemeden, aynı pozisyonda tekrarlandı. Ölçümler, kızılötesi termometre (Saba, DS-310, Almanya) kullanılarak; başparmak altı, 1. ve 5. metatars distali, ayağın lateral orta noktası ve topuk orta noktası olmak üzere ayak tabanının 5 farklı bölgesinden 3 tekrarla alınarak, en yüksek değer santigrat (°C) olarak kaydedildi.

YÜRÜYÜŞ PROGRAMI

Katılımcılar 1 gün ara olacak şekilde, 3 ayrı günde 3 farklı adım sayılarıyla (2.000, 4.000, 6.000 adım) koşu bandında (Technogym, Excite Run 600 Med, İtalya) yürütüldü. Yürüme hızının belirlenmesi için ilk ölçümden 1 saat önce bireylerden tempolu şekilde 100 m mesafeyi yürümeleri istendi ve bulunan değer koşu bandı üzerinde kullanıldı. Katılımcıların ortalama yürüyüş hızı 4,7 km/s olarak bulundu. Yürüyüşte adım sayısı takibi yapılabilmesi için sol ayak bileklerine pedometre (Mesitaş, JP600-E, Türkiye) takıldı ve hedef adım sayısına ulaşıldığında yürüyüş sonlandırıldı. Bireyler arası standardizasyonu sağlayabilmek için kadınlar (TDO Therapy, 108-W, Türkiye) ve erkekler (TDO Therapy, 201-M, Türkiye) ayak numaralarına uygun diyabet ayakkabısı ve %100 pamuklu ince çorap giydiler.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bireylerde yapılacak olan tekrarlı ölçümlerin karşılaştırılmasında nonparametrik Friedman testi kullanılacağı varsayımıyla orta etki büyüklüğü Cohen'in $d=0,25$, $\alpha=0,05$, $\beta=0,80$ alınarak G-Power (Kiel University, Kiel, Almanya) programıyla alınması gereken kişi sayısı 39 olarak hesaplandı. Tekrarlı ölçümlerle oluşabilecek %20 kayıp oranı da eklenerek, toplam 47 kişinin alınmasına karar verildi.

Verilerin analizinde SPSS 22,0 (Statistical Package for Social Sciences, IBM, ABD) programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testiyle incelendi ve normal dağılım sağlanmadığı için yürüyüş öncesi ve sonrası karşılaştırmalarda Wilcoxon testi, farklı adım sayılarıyla yürüyüş sonrası oluşan sıcaklık farklarının karşılaştırılmasında ise Friedman testi kullanıldı. Fark bul-

nan test sonuçları için ikişerli karşılaştırmalar, Wilcoxon testiyle yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Parametrik olmayan test sonuçlarının tanımlayıcı verileri, ortanca ve çeyreklikler arası mesafe olarak verildi. İstatistiksel anlamlılık değeri $p<0,05$ olarak alındı.

BULGULAR

Çalışma, 38'i (%86,4) kadın ve 6'sı (%13,6) erkek olmak üzere toplam 44 bireyle tamamlandı. Bireylerin demografik ve diyabetle ilgili verileri Tablo 1'de verildi.

Bireylerin 2.000 adım yürüyüş sonrasında, sol ayak başparmak altı ve 1. metatars distali, her 2 ayak laterali ve sağ ayak topuk sıcaklık değerleri anlamlı olarak artış gösterdi ($p<0,05$) (Tablo 2). Dört bin ve 6.000 adım yürüyüşleri sonrasında ise her 2 ayağın ölçülen tüm bölgelerinde sıcaklık anlamlı olarak yükseldi ($p<0,05$) (Tablo 2).

Farklı adım sayılarıyla yürüyüş sonrası sıcaklık artış değerleri karşılaştırıldığında, her 2 ayakta da 4.000 adım sonrası artışın 2.000 adımdan fazla, 6.000 adım sonrası artışın ise en fazla olduğu görüldü ($p<0,05$) (Tablo 2, Şekil 1).

TARTIŞMA

Nöropatisi olan T2D'li bireylerde, farklı adım sayılarıyla yürüyüşün plantar sıcaklık üzerine etkisini incelediğimiz çalışmamızın sonucunda, tek seferde atılan adım sayısının artmasıyla plantar sıcaklığın da arttığı bulundu. Sıcaklık, 2.000 adım sonrası bazı bölgelerde artarken, 4.000 ve 6.000 adım sonrası her 2 ayağın da ölçülen tüm plantar bölgelerinde artış

TABLO 1: Bireylerin demografik ve diyabet verileri.

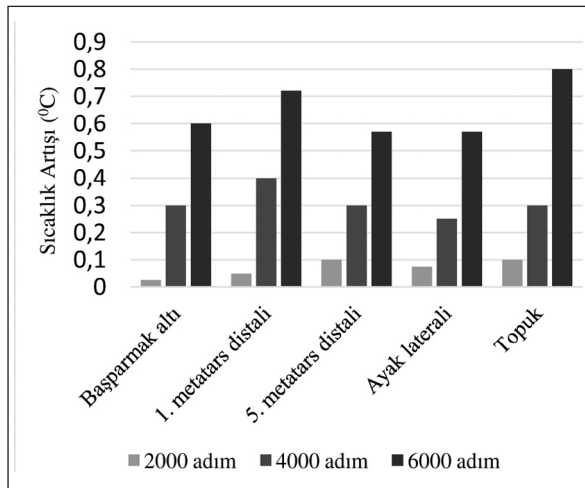
(n=44)	Ortalama (SS)
Yaş (yıl)	51,0 (6,2)
Boy (cm)	162,5 (6,5)
Kilo (kg)	79,8 (13,6)
BKİ (kg/m ²)	30,1 (4,7)
MNTT skoru	3,7 (0,8)
HbA1c değeri (%)	7,2 (0,6)
Diyabet yılı	5,3 (2,7)

SS: Standart sapma; BKİ: Beden kitle indeksi; MNTT: Michigan nöropati tarama testi; HbA1c: Hemoglobin A1c.

TABLO 2: Bireylerin yürüyüş sonrası ayak tabanı sıcaklık değişimlerinin karşılaştırılması.

Sıcaklık artışı (° C)		2.000 adım (1)	4.000 adım (2)	6.000 adım (3)	p değeri	post hoc farklar
		Ortanca (IQR) n=44				
Başparmak altı	Sağ	0,00 (0,30)	0,30 (0,28)*	0,50 (0,40)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
	Sol	0,05 (0,20)*	0,30 (0,30)*	0,70 (0,40)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
1. metatars distali	Sağ	0,00 (0,38)	0,40 (0,30)*	0,75 (0,50)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
	Sol	0,10 (0,40)*	0,40 (0,30)*	0,70 (0,48)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
5. metatars distali	Sağ	0,10 (0,30)	0,30 (0,20)*	0,55 (0,30)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
	Sol	0,10 (0,30)	0,30 (0,27)*	0,60 (0,57)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
Ayak laterali	Sağ	0,10 (0,50)*	0,20 (0,40)*	0,50 (0,40)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
	Sol	0,05 (0,38)*	0,30 (0,38)*	0,60 (0,40)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
Topuk	Sağ	0,10 (0,30)*	0,30 (0,40)*	0,80 (0,40)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3
	Sol	0,05 (0,27)	0,30 (0,38)*	0,80 (0,50)*	<0,001#	1-2, 1-3, 2-3

IQR: Çeyreklikler arası mesafe; *Yürüyüş öncesi ve sonrası ölçümlerin karşılaştırılması p<0,05; #Sıcaklık değişimlerinin karşılaştırılması p<0,05.



ŞEKİL 1: Ayak tabanı sıcaklık artışları (2 ayak ortalaması).

gösterdi. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, nöropatisi olan T2D'li bireylerde uzun mesafe yürüyüşün plantar sıcaklık üzerine etkisini değerlendiren ilk çalışmadır.

T2D'li bireylerde plantar sıcaklık artışı, akut ve kronik olarak sınıflanabilir. Akut sıcaklık artışı, egzersizle birlikte artan doku kan akışı ve ayak tabanının maruz kaldığı parçalama streslerine cevaben gelişen reaktif hipereminin bir sonucudur.^{25,28} Kronik sıcaklık artışı ise inflamasyonun bir bulgusudur ve istirahat hâlinde de devam eder. Her 2 durumda da sıcaklık artışı, ülser riskini artırabilen bir unsurdur.²⁹ Diyabetik ayak ülserlerinin önlenmesinde, plantar sıcaklık takibinin etkili bir yöntem olabileceği dü-

şünülmektedir. Armstrong ve ark., Lavery ve ark., T2D'li bireylerin evde plantar sıcaklık takibi yapımlarının ve 2 ayak arasındaki sıcaklık farkının 2,2°C'yi (4°F) aştığı durumlarda fiziksel aktiviteyi kısıtlayıp sağlık ekibine bilgilendirmelerinin, ülserasyon riskini azalttığını göstermişlerdir.^{30,31} Daha sonra yapılan çalışmalarda, 2 ayak arasındaki sıcaklık farkını ölçmenin ülser riskini değerlendirmede çok anlamlı olmadığı, fark olmasının her zaman yara açılabilirliğini göstermediği gibi fark olmamasının da bir risk oluşturmadığı fikrinin yanlış olduğu belirtilmiştir.^{32,33} Yavuz ve ark., nöropatisi olmayan T2D'li bireylerin, istirahat sırasında ayak tabanı sıcaklıklarının 30°C'nin altında, nöropatisi olanların ise 30°C'nin üstünde bulmuş ve bu artmış sıcaklığın ülser oluşumuna zemin hazırlayabileceğini belirtmiştir.³⁴ Çalışmamızda da Yavuz ve ark.'nın çalışmasıyla uyumlu olarak tüm katılımcıların 30°C'nin üzerinde olan istirahat plantar sıcaklıkları, artan yürüyüş adım sayılarına paralel bir şekilde arttı. Çalışmamızdaki sıcaklık artışı değeri, 6.000 adım sonrasında en çok artan bölgede 0,8°C olarak ölçüldü. Bu fark, yüksek bir sıcaklık artışı gibi gözükmesine de T2D'de azalmış doku kalitesi göz önüne alındığında ülser oluşumu için zemin hazırlayan bir faktör olabilir.

Nafaji ve ark., Charcot nöroartropatisi olan bireylerin 200 adımlık bir yürüyüş sonunda, artropatisi olmayan tarafa göre plantar sıcaklık keskin bir şekilde artış göstermiştir.²⁶ Yaklaşık %63'ünde ülser geliştiği bilinen Charcot nöroartropatisine

sahip bireylerin kısa mesafe yürüyüşte dahi ayak tabanlarında oluşan bu sıcaklık değişimi, diyabetik ayak ülserlerinde sıcaklık artışının rolü olduğu görüşünü desteklemektedir.³⁵ Çalışmamızda standardizasyonu sağlamak amacıyla kontrol ettiğimiz ortam sıcaklığı, ayakkabı ve çorap gibi faktörler, yürüyüş sonrası sıcaklık artışının az çıkmasına neden olmuş olabilir. Diyabetli bir bireyin uygun olmayan bir ayakkabıyla daha sıcak bir iklimde yapacağı yürüyüş sonrası sıcaklığın daha fazla artabileceği göz önüne alınmalıdır.

Nöropatisi olan bireylerde ayakta yapılan egzersizlerin sakıncalı olduğu düşünülse de ayak sağlığı üzerine faydalarından dolayı egzersiz programında olması gerektiği belirtilmiştir.^{22,23} Aerobik, dirençli ve denge egzersizlerini içeren kişiye özel bir egzersiz programının, T2D’de glisemik kontrol ve komplikasyonların önlenmesindeki rolü bilinse de bireylerin çok azı düzenli bir egzersiz programına dâhil olabilmektedir. Gelir düzeyinin düşüklüğü, depresyon, obezite sağlık ekibinin ve fiziki şartların yetersizliği gibi çeşitli bariyerler, bireylerin egzersize katılmalarını olumsuz yönde etkilemektedir.¹⁶ Bu nedenle bireylerini en azından haftalık 150 dk tempolu yürüyüş gibi orta şiddette bir fiziksel aktiviteyi devam ettirmesi önerilmektedir.¹⁷ Günlük 30 dk veya toplam 10.000 adım olarak da verilebilen bu önerilerin, özellikle nöropatisi olan grupta ne kadar güvenli olduğu net değildir. Shenoy ve ark., T2D’li bireylerin maksimum kalp hızının %50-60’ında yürüyüş programına başladıklarında 30 dk’da ortalama 3.291 adım attıklarını ve eğitimle birlikte bu sayının arttığını bulmuşlardır.¹⁸ Nöropati değerlendirmesinin yapılmadığı çalışmada, yürüyüşün neden olduğu bir ayak problemi bildirilmemiştir. Mueller ve ark., nöropatisi olan T2D’li bireylerin günlük 3.000 adımla başlayarak, her 2 haftada bir %10 artışla ilerlemenin ayak ülseri riskini artırmadığını göstermiştir, fakat takip ettikleri günlük adım sayısı olduğu için tek seferde attıkları adım sayılarına dair bir verileri yoktur.²³ Çalışmamızın sonuçlarına göre kontrollü şartlar altında yapılmasına rağmen adım sayısı 2.000’in üzerinde olduğunda plantar sıcaklığın artmış olması, 30 dk’lık bir tempolu yürüyüşün, ülser riski artmış olan bireyler için uygun olmayabileceğini göstermiştir. Özel-

likle ciddi nöropati, dolaşım bozukluğu ve ayak deformiteleri olan kişilerin, bireysel olarak bir yürüyüş programına başlaması durumunda uzun yürüyüşler yapması tehlikeli olabilir.

T2D tedavisi ve komplikasyonların önlenmesinde etkili bir egzersiz olan tempolu yürüyüş, bireylerin nispeten kolay uygulayabileceği bir yöntem olarak görülmektedir. İlk defa düzenli yürüyüş yapmaya karar vermiş T2D’li bir bireyin öncesinde, ayağı da içeren bir kas-iskelet sistemi değerlendirmesi, koruyucu duyu, dolaşım değerlendirmesi ve egzersiz testlerinin yapılması son derece önemlidir.²² Yürüyüş sırasında uygun ayakkabı kullanılması, deformite olması durumunda tabanlık kullanımı, ayak taban basıncının daha iyi dağıtılmasını sağlayarak ülser riskini kontrol etmektedir. Elde ettiğimiz bulgular, kontrollü şartlar altında da olsa yürüme programlarında artan adım sayısının, ülser riskini artırabileceğini ve bu nedenle tempolu yürüyüşe başlayan nöropatili bireylerin, tek seferde 2.000 adımdan fazla atmamasının daha güvenli olacağını göstermektedir.

Bu çalışmada, diyabetli bireylerin plantar sıcaklık değişimlerinin karşılaştırılacağı sağlıklı bir kontrol grubunun olmaması, verilerin yorumlanmasında sınırlılık getirmiştir. Ölçümlerin standardizasyonu için kontrollü şartlar altında yapılan çalışmamızın sonuçları, bireylerin dış ortamda yapacakları yürüyüşlerin plantar sıcaklığa etkilerini tam olarak yansıtmamaktadır. Ayrıca yürüyüş sonrası ayak tabanında artan sıcaklık derecesinin, ülserasyon oluşturabileceği değeri verilerimize dayandırarak söylemek zor olsa da adım sayısı arttıkça, termal stresin arttığını ve riskli ayaklarda dikkatli olunması gerektiğini söylemek mümkündür.

SONUÇ

Nöropatisi olan T2D’li bireylerde yürüyüş adım sayısı arttıkça, plantar sıcaklık artmaktadır. Artmış cilt sıcaklığı ülserasyon oluşumu için bir risk olduğundan, tempolu yürüyüş programı uygulayan bireylerin tek seferde attıkları adım sayısını kontrol etmeleri gerekir. Sıcaklık artışı 2.000 adım üzerinde belirginleştiğinden, özellikle tempolu yürüyüşe yeni başlayacak olan T2D’li bireylerin bu sınırı aşmadan yürüyüş yap-

ması önerilebilir. Ayrıca hastaların ayak sağlığı açısından düzenli kontrollerinin yapılarak, ayak bakımı ve uygun ayakkabı konularında eğitim alması, ve gerekli hâllerde süpervize bir egzersiz programına dâhil olmasının komplikasyonların önlenmesinde etkili olacağı bilinmelidir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Yasin Yurt, Mehtap Mercan; **Tasarım:** Yasin Yurt, Mehtap Mercan; **Denetleme/Danışmanlık:** Yasin Yurt; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Mehtap Mercan; **Analiz ve/veya Yorum:** Mehtap Mercan, Cansu Koltak; **Kaynak Taraması:** Mehtap Mercan, Cansu Koltak; **Makalenin Yazımı:** Mehtap Mercan, Yasin Yurt, Cansu Koltak; **Eleştirel İnceleme:** Yasin Yurt, Cansu Koltak; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Yasin Yurt, Mehtap Mercan; **Malzemeler:** Mehtap Mercan.

KAYNAKLAR

- Williams R, Karuranga S, Malanda B, Saeedi P, Basit A, Besançon S, et al. Global and regional estimates and projections of diabetes-related health expenditure: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th ed. *Diabetes Res Clin Pract.* 2020;162:108072. [Crossref] [PubMed]
- Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, Malanda B, Karuranga S, Unwin N, et al; IDF Diabetes Atlas Committee. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2030 and 2045: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th ed. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019;157:107843. [Crossref] [PubMed]
- Boulton AJ, Vileikyte L, Ragnarson-Tennvall G, Apelqvist J. The global burden of diabetic foot disease. *Lancet.* 2005;366(9498):1719-24. [Crossref] [PubMed]
- Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing foot ulcers in patients with diabetes. *JAMA.* 2005;293(2):217-28. [Crossref] [PubMed]
- Raghav A, Khan ZA, Labala RK, Ahmad J, Noor S, Mishra BK. Financial burden of diabetic foot ulcers to world: a progressive topic to discuss always. *Ther Adv Endocrinol Metab.* 2018;9(1):29-31. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Vinik AI, Nevoret ML, Casellini C, Parson H. Diabetic neuropathy. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2013;42(4):747-87. [Crossref] [PubMed]
- Crisp AJ, Heathcote JG. Connective tissue abnormalities in diabetes mellitus. *J R Coll Physicians Lond.* 1984;18(2):132-41. [PubMed] [PMC]
- Zimny S, Schatz H, Pfohl M. The role of limited joint mobility in diabetic patients with an at-risk foot. *Diabetes Care.* 2004;27(4):942-6. [Crossref] [PubMed]
- Lavery LA, Armstrong DG, Boulton AJ; Diabetic Research Group. Ankle equinus deformity and its relationship to high plantar pressure in a large population with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002;92(9):479-82. [Crossref] [PubMed]
- Fowler MJ. Microvascular and macrovascular complications of diabetes. *Clinical Diabetes.* 2008;26(2):77-82. [Crossref]
- Ortegon MM, Redekop WK, Niessen LW. Cost-effectiveness of prevention and treatment of the diabetic foot: a Markov analysis. *Diabetes Care.* 2004;27(4):901-7. [Crossref] [PubMed]
- Dixit S, Maiya AG, Shastry BA. Effect of aerobic exercise on peripheral nerve functions of population with diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes: a single blind, parallel group randomized controlled trial. *J Diabetes Complications.* 2014;28(3):332-9. [Crossref] [PubMed]
- Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di Biase N, Calandriello E, Leonetti F, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications.* 2006;20(4):216-23. [Crossref] [PubMed]
- Qiu S, Cai X, Yin H, Sun Z, Zügel M, Steinacker JM, et al. Exercise training and endothelial function in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Cardiovasc Diabetol.* 2018;2;17(1):64. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Zanuso S, Jimenez A, Pugliese G, Corigliano G, Balducci S. Exercise for the management of type 2 diabetes: a review of the evidence. *Acta Diabetol.* 2010;47(1):15-22. [Crossref] [PubMed]
- Morrato EH, Hill JO, Wyatt HR, Ghushchyan V, Sullivan PW. Physical activity in U.S. adults with diabetes and at risk for developing diabetes, 2003. *Diabetes Care.* 2007;30(2):203-9. [Crossref] [PubMed]
- American Diabetes Association. Standards of medical care for patients with diabetes mellitus. *Diabetes Care.* 2003;26 Suppl 1:S33-50. Erratum in: *Diabetes Care.* 2003;26(3):972. [Crossref] [PubMed]
- Shenoy S, Guglani R, Sandhu JS. Effectiveness of an aerobic walking program using heart rate monitor and pedometer on the parameters of diabetes control in Asian Indians with type 2 diabetes. *Prim Care Diabetes.* 2010;4(1):41-5. [Crossref] [PubMed]
- Wilde BE, Sidman CL, Corbin CB. A 10,000-step count as a physical activity target for sedentary women. *Res Q Exerc Sport.* 2001;72(4):411-4. [Crossref] [PubMed]
- Fayehun AF, Olowookere OO, Ogunbode AM, Adetunji AA, Esan A. Walking prescription of 10 000 steps per day in patients with type 2 diabetes mellitus: a randomised trial in Nigerian general practice. *Br J Gen Pract.* 2018;68(667):e139-e45. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care.* 2006;29(6):1433-8. [Crossref] [PubMed]
- Kluding PM, Bareiss SK, Hastings M, Marcus RL, Sinacore DR, Mueller MJ. Physical training and activity in people with diabetic peripheral neuropathy: paradigm shift. *Phys Ther.* 2017;97(1):31-43. [PubMed] [PMC]

23. Mueller MJ, Tuttle LJ, Lemaster JW, Strube MJ, McGill JB, Hastings MK, et al. Weight-bearing versus nonweight-bearing exercise for persons with diabetes and peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013;94(5):829-38. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
24. Welk GJ, Differding JA, Thompson RW, Blair SN, Dziura J, Hart P. The utility of the Digi-walker step counter to assess daily physical activity patterns. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9 Suppl):S481-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Yavuz M, Brem RW, Davis BL, Patel J, Osbourne A, Matassini MR, et al. Temperature as a predictive tool for plantar triaxial loading. *J Biomech.* 2014;47(15):3767-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Najafi B, Wrobel JS, Grewal G, Menzies RA, Talal TK, Zirie M, et al. Plantar temperature response to walking in diabetes with and without acute Charcot: the Charcot activity response test. *J Aging Res.* 2012;2012:140968. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
27. Kaymaz S, Alkan H, Karasu U, Çobankara V. Turkish version of the Michigan Neuropathy Screening Instrument in the assessment of diabetic peripheral neuropathy: a validity and reliability study. *Diabetol Int.* 2020;11(3):283-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
28. Romero SA, Minson CT, Halliwill JR. The cardiovascular system after exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2017;122(4):925-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
29. Kokate JY, Leland KJ, Held AM, Hansen GL, Kveen GL, Johnson BA, et al. Temperature-modulated pressure ulcers: a porcine model. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(7):666-73. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Armstrong DG, Holtz-Neiderer K, Wendel C, Mohler MJ, Kimbriel HR, Lavery LA. Skin temperature monitoring reduces the risk for diabetic foot ulceration in high-risk patients. *Am J Med.* 2007;120(12):1042-6. Erratum in: *Am J Med.* 2008;121(12). [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Lavery LA, Higgins KR, Lanctot DR, Constantinides GP, Zamorano RG, Armstrong DG, et al. Home monitoring of foot skin temperatures to prevent ulceration. *Diabetes Care.* 2004;27(11):2642-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Wijlens AM, Holloway S, Bus SA, van Netten JJ. An explorative study on the validity of various definitions of a 2°C temperature threshold as warning signal for impending diabetic foot ulceration. *Int Wound J.* 2017;14(6):1346-51. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
33. Skafjeld A, Iversen MM, Holme I, Ribu L, Hvaal K, Kilhovd BK. A pilot study testing the feasibility of skin temperature monitoring to reduce recurrent foot ulcers in patients with diabetes--a randomized controlled trial. *BMC Endocr Disord.* 2015;15:55. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
34. Yavuz M, Ersen A, Hartos J, Lavery LA, Wukich DK, Hirschman GB, et al. Temperature as a causative factor in diabetic foot ulcers: a call to revisit ulceration pathomechanics. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2019;109(5):345-50. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Sohn MW, Lee TA, Stuck RM, Frykberg RG, Budiman-Mak E. Mortality risk of Charcot arthropathy compared with that of diabetic foot ulcer and diabetes alone. *Diabetes Care.* 2009;32(5):816-21. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]