

## Halluks Valgus Deformitesinde Plantar Basınç Değişimi

Görkem AÇAR\*, Gülşah KONAKOĞLU\*\*

### Öz

Halluks valgus deformitesi, birinci metatarsofalangeal eklemin laterale rotasyonu ve proksimal falanksın mediale rotasyonu ile karakterize, ağrı, şişlik ve bunyonun eşlik ettiği 3 boyutlu kompleks bir deformitedir. Halluks valgus deformitesi, kadınlarda, erkeklere göre daha sık görülmekte olup yaşla birlikte görülme sıklığı artmaktadır. Halluks valgus deformitesinin oluşmasında intrinsik ve ekstrinsik faktörlerin rol oynadığı düşünülmektedir, ancak tam nedeni hala bilinmemektedir. İnsanların ayaklarını yere basarken ayak tabanlarına uyguladığı basınç olarak tanımlanan plantar basınç, ayaktaki dağılımları sayesinde son zamanlarda çeşitli ayak bozukluklarını araştırmak ve teşhis etmek için güvenilir bir biyomekanik parametre olarak kabul edilmektedir. Ayakta durma, yürüme veya diğer aktiviteler sırasında yapılan ayak tabanı basınç ölçümleri, ayak bileği, diz, kalça, sırt ve diğer patomekanikleri içeren deformitelerin değerlendirilmesi için detaylı bilgi sağlamaktadır. Aynı zamanda deformitelerin ilerlemesini takip etmek için hedef odaklı ölçüm sonuçları sunmaktadır. Bazı araştırma grupları, ayak tabanı basınç dağılımları teknolojisinin farklı ayak anormalliklerinin teşhisi ve analizi için potansiyelini kabul etmektedir. Statik ve dinamik olarak iki şekilde gerçekleştirilen pedobarografik analiz, literatürde halluks valgus deformitesine sahip kişilerin plantar basıncını ölçmede sık kullanılmıştır. Ancak bazı çalışmalarda plantar basınç ölçen tabanlıklar da kullanılmıştır. Literatür, geçmişten günümüze gelen bilgiler ışığında incelendiğinde halluks valgus ve plantar basınç ilişkisine yönelik tam bir fikir birliği bulunamamakta olup, farklı görüşler öne sürülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Halluks valgus, ayak deformiteleri, podiatri.

### Plantar Pressure Changes in Hallux Valgus Deformity

#### Abstract

Hallux valgus deformity is a three-dimensional complex deformity characterized by lateral rotation of the first metatarsophalangeal joint and medial rotation of the proximal phalanx, accompanied by pain, swelling, and the presence of a bunion. Hallux valgus deformity is more common in women than men and its prevalence increases with age. Intrinsic and extrinsic factors are believed to play a role in developing hallux valgus deformity, but the exact cause is still unknown. Plantar pressure, defined as the pressure exerted by individuals on the soles of their feet when standing, has recently been accepted as a reliable biomechanical parameter for investigating and diagnosing various foot disorders. Plantar pressure measurements during

#### Derleme Makale (Review Article)

**Geliş / Received:** 31.05.2023 & **Kabul / Accepted:** 10.07.2023

**DOI:** <https://doi.org/10.38079/igusabder.1307475>

\* Uzm. Fzt., Quedyne Robocare By Cyberdyne Türkiye, İstanbul, Türkiye. E-posta: [gorkemacar@quedyne.com](mailto:gorkemacar@quedyne.com)

**ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-0970-8625>

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-posta: [gkonakoglu@gelisim.edu.tr](mailto:gkonakoglu@gelisim.edu.tr) **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-0051-0137>

standing, walking, or other activities provide detailed information for evaluating deformities involving the ankle, knee, hip, back, and other pathomechanics. They also provide targeted measurement results for monitoring the progression of deformities. Some research groups acknowledge the potential of plantar pressure distribution technology for diagnosing and analysing different foot abnormalities. Pedobarographic analysis, performed in static and dynamic modes, has been widely used in the literature to measure plantar pressure in individuals with hallux valgus deformity. However, in some studies, pressure-sensing insoles have also been used. When examining the literature based on the knowledge accumulated from the past to the present, there is no consensus on the relationship between hallux valgus and plantar pressure, and different views have been put forward.

**Keywords:** Hallux valgus, foot deformities, podiatry.

## Giriş

Ayak, vücudun en distalinde yer alan ve yerküre ile temasımızı sağlayan 26 kemik, 33 ligamentten ve çok sayıda eklemden oluşan kompleks bir yapıdır. Koşma, yürüme, sıçrama, vücudu öne itme ve taban teması ile meydana gelen şokları absorbe eder<sup>1</sup>. Ayağın ön kısmında en çok görülen deformitelerden birisi halluks valgustur. Halluks valgus deformitesi birinci metatarsofalangeal eklem lateral rotasyonu ile birlikte proksimal metatarsın medial deviasyonu ile karakterize kompleks ve 3 boyutlu bir deformitedir<sup>2</sup>. Literatürde, halluks valgus deformitesinin neden olduğu plantar basınç değişimlerine ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda halluks valgus deformitesine sahip kişilerin plantar basınçlarında meydana gelen değişimler dinamik ve statik pedobarografi ile incelenmiştir. Bu derlemede, halluks valgus deformitesinin plantar basınç üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmektedir.

## Halluks Valgus

Halluks valgus, ayak başparmağının metatarsofalangeal eklem seviyesinde lateral deviasyonu ve pronasyonu ile birlikte birinci proksimal metatarsın mediale deviasyonu ile karakterize aynı zamanda ön ayakta sıklıkla ağrı, fonksiyon bozukluğu ve eklem mekanizmasının değişmesine neden olan kompleks üç boyutlu bir deformitedir<sup>2,3</sup>. Bunyon olarak da adlandırılan halluks valgus deformitesinde, genellikle ayak başparmağının medial tarafı genişlemektedir ve kronik şişlik şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu durum, birinci metatarsofalangeal eklem diziliminin zarar görmesine yol açmaktadır. Halluks valgusun biyomekanik etiyojisi tam olarak anlaşılammış olsa da başlangıcında birçok faktörün rol oynadığı bilinmektedir<sup>4,5</sup>. Halluks valgus yetişkin popülasyonda yaygın olarak görülmektedir. Prevalansı, 18-64 yaş arasındaki kişilerde %23 iken, 65 yaş ve üzerinde %35,7 olduğu bildirilmektedir<sup>1</sup>. Halluks valgus görülme sıklığı kadınlarda erkeklere göre daha yüksektir. Ancak bu oran literatürde değişkenlik gösterebilmektedir; literatürde en düşük oran 2:1 iken, en yüksek oran 15:1 olarak rapor edilmiştir<sup>2,6,7</sup>. Bir çalışmada, halluks valgus deformitesine sahip kişilerde belirtilen deformitenin bilateral olarak görülme

sıklığının %87 olduğu bildirilmiştir<sup>8</sup>. Abdüktör-addüktör kaslarının dengesizliği, halluks valgus deformitesinin gelişiminde önemli faktörlerden biri olarak gösterilmektedir<sup>9</sup>.

Proksimal falanksın uzun eksenini boyunca çizilen bir doğru ile birinci metatars boyunca çizilen diğer bir doğru arasındaki açı Halluks Valgus Açısı (HVA) olarak adlandırılmaktadır. HVA'nın normal açısal değeri 15°'nin altındadır. Ancak 15°-19° arasında iken "ılımlı", 20°-40° arasında iken "orta şiddetli" halluks valgusu tanımlanmaktadır, 40° ve üstü açılar ise "şiddetli" halluks valgus olarak kabul edilmektedir. İntermetatarsal açı (IMA) ise 9°'den az olmalıdır. IMA, 10°-15° arasında "başlangıç", 15°-19° arası "ılımlı", ve 20° üstü açılar "şiddetli" deformite olarak kabul edilmektedir<sup>10</sup>.

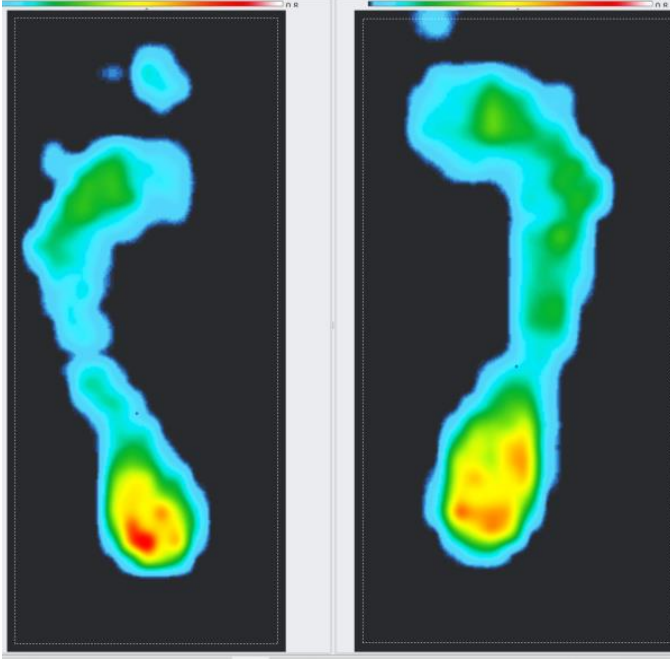
Halluks valgus deformitesinin ortaya çıkmasında rol oynayan mekanizmalar, intrinsik ve ekstrinsik faktörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İntersik faktörler arasında kalıtım, ligamentöz laksitesi, metatarsus primus varus, pes planus, fonksiyonel halluks limitus, yaş, Beden Kütle İndeksi, cinsiyet, metatarsal morfoloji ve aşıl tendon kısalığı bulunmaktadır. Ekstrinsik faktörler ise yüksek topuklu ayakkabı kullanımı, dar ayakkabı kullanımı, meslek, uzun süre ayakta durma ve aşırı yük taşıma gibi biyomekaniksel etkenlerdir<sup>11,12</sup>. Literatürde bazı yazarlar, halluks valgus deformitesinin oluşumunda otozomal dominant ve X kromozomu geçişi ile ilişkili bir yatkınlığa işaret etmektedir, ancak bu bilgi henüz kanıtlanamamıştır. Deformitenin erken yaşta gelişimi genellikle aile kökenlidir<sup>13,14</sup>. Halluks valgus deformitesi 30-50 yaş aralığında daha sık görülmektedir<sup>15</sup>. Yüksek topuklu ve/veya dar burunlu ayakkabı giyilmesi deformitenin ilerlemesini hızlandırmaktadır<sup>16</sup>. Ayrıca, ayakkabı giyen toplumlarda halluks valgus daha sık görülmektedir<sup>17</sup>. Halluks valgus deformitesi ayakkabı giyen toplumlarda kadınlarda %44, erkeklerde ise %22 oranında görülmektedir<sup>18</sup>. 20. yüzyılın ikinci yarısında Japon kadınlarda halluks valgus insidansı artış göstermiştir. Bunun nedeninin modern ayakkabı kullanımına bağlı olduğu tespit edilmiştir<sup>16</sup>. Britanyalı kadınlarda modern ayakkabı (önü dar ve topuklu ayakkabı) kullanımının artması nedeniyle halluks valgusa sahip hastaların %90'ının kadın olduğunu bildirilmektedir<sup>19</sup>.

**Şekil 1.** Halluks Valgus Deformitesine Sahip Ayak<sup>8</sup>**Plantar Basınç**

Plantar basınç, ayakların yeryüzü ile teması sırasında basma fazında ayak tabanlarına uygulanan basınç olarak tanımlanmaktadır. Ayaktaki plantar basınç dağılımları, günümüzde çeşitli ayak deformitelerini araştırmak ve teşhis etmek için güvenilir bir biyomekanik parametre olarak kabul edilmektedir. Ayak tabanı basınç dağılımları, kilo, cinsiyet, ayak yapısı ve hatta kişilerin duruş ya da yürüme şekli gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir<sup>20</sup>. Ayakta durma, yürüme veya diğer aktiviteler sırasında gerçekleştirilen ayak tabanı basınç ölçümleri, ayak bileği, diz, kalça, sırt ve diğer patomekanik durumları içeren hastalıkların veya anormalliklerin değerlendirilmesi için detaylı bilgi sağlamakta olup deformitedeki ilerleme düzeyini takip etmek için hedef odaklı ölçüm sonuçları sunmaktadır<sup>21</sup>. Ayrıca, hem statik hem de dinamik koşullarda ayak mekanik davranışının anlaşılması hakkında önemli bilgiler vermektedir. Geçmişte, ayak tabanı basıncı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ayak tabanı basıncı ile destek yüzeyi arasındaki ilişkiyi analiz eden cihaz “pedobarografi cihazı” olarak adlandırılmaktadır. Bu cihaz ile genellikle insan yürüyüşünün biyomekanik analizi veya duruş analizi incelenmektedir<sup>20</sup>. Pedobarografi kullanımı, kişilerin bipedal pozisyonda, ayakta durma veya yürüme sırasında ayağın ve temas eden destek yüzeyinin etkileşimini değerlendirmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir.

Pedobarografi, yer reaksiyon kuvvetinin vertikal bileşenleri hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Pedobarografik analiz statik ve dinamik olarak iki şekilde yapılmaktadır<sup>22,23</sup>. Pedobarografide bazı araştırma grupları, ayak tabanı basınç dağılımları teknolojisinin farklı ayak anormalliklerinin teşhisi ve analizi için potansiyelini kabul etmektedir<sup>24</sup>. Bazı ayak biyomekaniği araştırmalarında, ayak tabanı basınç dağılımlarının yürüyüş patolojilerinin tespit edilmesinde hayati öneme sahip olduğu belirtmiştir<sup>20</sup>.

**Şekil 2.** Pedobarografi cihazında plantar basıncı statik analiz görüntüsü



### Halluks Valgusa Deformitesi ve Plantar Basıncı İlişkisini İnceleyen Araştırmalar

Literatüre bakıldığında halluks valgus ile plantar basınç arasındaki ilişkinin birçok araştırmacının dikkatini çektiği görülmektedir. Hoffmann ve arkadaşları (2019) tarafından yürütülen bir araştırmada, halluks valgus deformitesine sahip 36 birey (33 kadın ve 3 erkek) ve halluks valgusa deformitesi olmayan 30 birey (19 kadın ve 11 erkek) çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmadaki katılımcılardan halluks valgusa sahip olan bireylerin ortalama halluks valgus açısı  $30,64^{\circ} \pm 10,66^{\circ}$ 'dir. Kişilerin plantar basınç ölçümleri dinamik olarak alınmış olup, ölçüm sonuçları sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmede plantar basıncın, halluks valgus deformitesine sahip bireylerin ikinci ve üçüncü metatars başlarında, aynı zamanda dördüncü ve beşinci ayak parmaklarında sağlıklı kontrol grubundaki bireylere göre anlamlı şekilde artış gösterdiği, ayak başparmağının plantar basıncının ise sağlıklı kontrollere kıyasla anlamlı şekilde azaldığı tespit edilmiştir<sup>25</sup>. Bir başka çalışmada 52 kadın ve 3 erkek olmak üzere toplamda 55 kişi çalışmaya dahil edilmiştir. Ortalama halluks valgus açısı  $34,1^{\circ} \pm 7,9^{\circ}$  olarak bildirilen katılımcıların (%35,2'si ılımlı, %55,6'sı orta ve %9,3'ü şiddetli halluks valgus deformitesine sahip) plantar basınç ölçümleri dinamik olarak alınmıştır. Çalışma sonucunda

halluks valgus açısı arttıkça ayak parmaklarının plantar basınçlarında azalma olduğu, aynı zamanda ayak başparmağı maksimum kuvveti ile parmakların temas süresi arasında negatif korelasyon, plantar basınç arasında pozitif korelasyon olduğu bildirilmiştir. Çalışmada halluks valgus açısı ile sesamoid sublüksasyonunun derecesi arasında, halluks valgus deformitesine sahip ayakların lateral taraftaki yüklenmelerinde anlamlı artışlar olduğu tespit edilmiştir<sup>26</sup>.

Yokozuka ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yürütülen bir çalışmada 39 halluks valgusa sahip kadın ve 55 halluks valgusa sahip olmayan kadın dahil edilmiştir. Halluks valgusa sahip kadınların, ortalama halluks valgus açısı  $20,3^{\circ} \pm 5,1^{\circ}$  olup, çalışmaya katılan kişilerin plantar basınç ölçümleri dinamik olarak yürüme esnasında alınmıştır. Halluks valgusa sahip kişilerde, halluks valgusa sahip olmayan kişilere göre 2-5. ayak parmaklarındaki plantar basıncın ve aynı zamanda 2-4. metatars başlarındaki plantar basıncın önemli derecede azaldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte ayağın lateral arkındaki plantar basınç önemli derecede artış tespit edilmiştir<sup>27</sup>.

Bir başka çalışmaya orta ve ciddi derecede halluks valgusa sahip 25 kişi ile 13 sağlıklı kontrol dahil edilmiştir. Kişilerin plantar basınç ölçümleri dinamik olarak, ayaklarının dorsal kısmına yerleştirilen plantar basınç ölçümü yapan tabanlık ile alınmıştır. Ölçüm sonuçlarında halluks valgusa sahip kişiler ile sahip olmayan kişilerin ayak başparmaklarındaki plantar basınç arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak, halluks valgusa sahip kişilerde, sağlıklı kontrol grubunda bulunan bireylere göre 2.-3. metatars başlarının plantar basıncında anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Halluks valgus deformitesine sahip katılımcıların ayak başparmağı maksimum kuvvetinde, halluks valgusa sahip olmayan kişilere göre anlamlı şekilde azalma olduğu bildirilmiştir<sup>28</sup>.

“İlmlı” derecede halluks valgus deformitesine sahip 79 kadın ve sağlıklı kontrol grubunda bulunan 98 kadın katılımcı üzerinde araştırma yapılan bir başka çalışmada, halluks valgus deformitesine sahip kişilerin ayak başparmağının ve birinci metatars başının plantar basıncında, kontrol grubundaki kadınlara göre artış olduğu bildirilmiştir<sup>29</sup>. Aynı şekilde Bryant ve arkadaşları da 44 halluks valgus deformitesine sahip olan ayakta, sağlıklı kontrol grubundaki 36 ayağa göre ayak başparmağının plantar basıncında anlamlı bir artış olduğunu tespit etmişlerdir<sup>30</sup>. Iliou ve arkadaşlarının daha büyük bir örneklem grubunda yürüttükleri araştırmaya halluks valgusa sahip 87 kişi (74 kadın ve 13 erkek, yaş ortalamaları 57), toplamda bu kişilere ait 152 ayak ve halluks valgusa sahip olmayan 241 kişi (182 kadın ve 59 erkek, yaş ortalamaları 51) toplamda bu kişilere ait 391 ayak dahil edilmiştir. Halluks valgusa sahip olan ayaklarda, halluks valgus olmayan ayaklara göre başparmağının plantar basıncında anlamlı bir artış olduğu ve halluks valgus deformitesinin derecesi ile bu artış arasında korelasyon olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde halluks valgus deformite derecesi arttıkça birinci ve ikinci metatars başlarındaki plantar basınçta da artış olduğu bildirilmiştir<sup>31</sup>. Verdu Roman ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptığı çalışmada, dahil ettikleri 114 katılımcının (94 kadın ve 20 erkek) ortalama HVA ölçümü  $31,3^{\circ} \pm 8,2^{\circ}$  ve ortalama IMA değeri  $12,7^{\circ} \pm 2,7^{\circ}$  olarak tespit edilmiştir. Katılımcılardan 11 kişinin “ilmlı”, 92 kişinin “orta”

ve 11 kişinin ise “ciddi” derecede halluks valgus deformitesine sahip olduğu belirtilmektedir. Katılımcılar arasında HVA ve IMA değeri yükseldikçe, 3. metatars başının plantar basıncında artış olduğu, fakat bu korelasyonun zayıf olduğu bildirilmektedir<sup>32</sup>. Çocuklarda ayak basıncı ölçümlerinde cinsiyetin etkisini araştıran bir başka çalışmaya ise 5 ile 15 yaş arasında hipermobilitate ve halluks valgus deformitesine sahip toplamda 61 çocuk (35 erkek çocuk ve 26 kız çocuk) dahil edilmiştir. Katılımcıların cinsiyetleri açısından hipermobilitate anlamlı bir farklılık bulunmadığı, ancak HVA değerinin ve birinci metatars başı plantar basıncının kız çocuklarında erkek çocuklarına göre daha fazla olduğu bildirilmektedir<sup>33</sup>. Wen ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı bir çalışmaya bilateral halluks valgus deformitesine sahip 229 kişi (219 kadın ve 10 erkek) ve 35 sağlıklı kişi dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen toplam 458 halluks valgus deformitesine sahip ayaktan, 248 tanesinin ağırlı olduğu bildirilmektedir. Ağırlı halluks valgus deformitesine sahip olan ayaklarda 2.-3. metatars başlarının plantar basıncında artışın olduğu, başparmağın kuvvetinde ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte sağlıklı kontrol grubundaki katılımcılarla karşılaştırıldığında, halluks valgus deformitesine ayaklarda, transvers arkın çöktüğü, birinci ve ikinci metatarslarda binen yükte artış olduğu ve başparmağa binen yükte önemli ölçüde azalma olduğu belirtilmektedir<sup>34</sup>.

### **Sonuç ve Öneriler**

Halluks valgus deformitesi, genel olarak çok boyutlu bir deformitedir. Yapılan araştırmalar ağrı, inflamasyon, şişlik ve bunyon gibi eşlik eden diğer bulguların kişilerin plantar basıncını değiştirdiğini göstermektedir. Halluks valgus deformitesi nedeniyle ortaya çıkan bulgular ayak başparmağı plantar basıncının azalmasına, ayağın diğer bölümlerinde (ikinci ve üçüncü metatars başlarına, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmaklara) yük dağılımında orantısızlıklara neden olabilmektedir. Gelişen teknoloji ile plantar basınç ölçümlerinde kullanılan pedobarografi cihazları, hem yazılım hem de malzeme bakımından gelişmektedir. Ancak ayakkabı içi plantar basıncın dağılımını anlık olarak bildiren pedobarografik tabanlıklar maliyetinden dolayı çok az çalışmada kullanılmaktadır. Çeşitli ayak deformitelerine yönelik sağlıklı plantar basınç dağılımlarını sağlayabilecek nitelikte uygun tabanlıkların geliştirilebilmesi için statik ve dinamik ölçümlerin daha büyük örneklem gruplarında gerçekleştirildiği ve karşılaştırıldığı çok sayıda araştırmaya ihtiyaç vardır.

### **KAYNAKLAR**

1. Towers JD, Deible CT, Golla SK. Foot and ankle biomechanics. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2003;7(1):67-74. doi:10.1055/s-2003-41086.
2. Ray JJ, Friedmann AJ, Hanselman AE, et al. Hallux Valgus. *Foot & Ankle Orthopaedics.* 2019;4(2). doi:10.1177/2473011419838500.

3. Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: A systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2010;3:21. doi:10.1186/1757-1146-3-21.
4. Coughlin MJ. Juvenile hallux valgus: Etiology and treatment. *Foot & Ankle International.* 1995;16(11):682–697. doi:10.1177/107110079501601104.
5. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus and first ray mobility. A prospective study. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* 2007;89(9):1887–1898. doi:10.2106/JBJS.F.01139.
6. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Ballerini FJ, Kobata S. Hallux valgus in males-part 1: demographics, etiology, and comparative radiology. *Foot & Ankle International.* 2013;34(5):629–635. doi:10.1177/1071100713475350.
7. Piqué-Vidal C, Solé MT, Antich J. Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *The Journal of Foot and Ankle Surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons.* 2007;46(3):149–154. doi:10.1053/j.jfas.2006.10.011.
8. Natsaridis P, Goulas V, Poullos T, et al. A new alternative surgical treatment of hallux valgus, in moderate to severe cases of the disease with a two-and-a-half-year follow-up. *Cureus.* 2021;13(4):e14334. doi:10.7759/cureus.14334.
9. Hoffmeyer P, Cox JN, Blanc Y, Meyer JM, Taillard W. Muscle in hallux valgus. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1988;(232):112–118.
10. Samoto N, Higuchi K, Sugimoto K, Tanaka Y, Takakura Y. Electromyographical evaluation of the effect on the active abduction exercise of the big toe for hallux valgus deformity. *J Jap Soc Surg Foot.* 2000;21:12-6.
11. Perera AM, Mason L, Stephens MM. The pathogenesis of hallux valgus. *J BoneJoint Surg Am.* 2011;93(17):1650-1661. doi:10.2106/JBJS.H.01630.
12. Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Renner JB, Jordan JM. Factors associated with hallux valgus in a community-based cross-sectional study of adults with and without osteoarthritis. *Arthritis Care & Research.* 2015;67(6):791–798. doi:10.1002/acr.22517.
13. Bonney G, Macnab I. Hallux valgus and hallux rigidus; a critical survey of operative results. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume.* 1952;34-B(3):366–385. doi:10.1302/0301-620X.34B3.366.
14. Lowery NJ, Wukich DK. Adolescent hallux valgus: evaluation and treatment. *Operative Techniques in Orthopaedics.* 2009;19(1):52-57.



15. Roddy E, Zhang W, Doherty M. Prevalence and associations of hallux valgus in a primary care population. *Arthritis and Rheumatism*. 2008;59(6):857–862. doi:10.1002/art.2370.
16. Kato T, Watanabe S. The etiology of hallux valgus in Japan. *Clinical Orthopaedics*. 1981;157:78-81.
17. Saro C, Jensen I, Lindgren U, Fellander L. Quality-of-life outcome after hallux valgus surgery. *Quality of Life Research*. 2007;16:731-738. doi:10.1007/s11136-007-9192-6.
18. Ferrari J, Higgins JP, Williams RL. Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2000;(2):CD000964. doi:10.1002/14651858.CD000964.
19. Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus--etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1981;(157):31–41.
20. Ramirez-Bautista JA, Hernández-Zavala A, Chaparro-Cárdenas SL, Huerta-Ruelas JA. Review on plantar data analysis for disease diagnosis. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. 2018;38(2):342-361. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2018.02.004>.
21. Katoh Y, Chao EY, Laughman RK, Schneider E, Morrey BF. Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;177:23–33. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6861400/>.
22. Soames RW. Foot pressure patterns during gait. *J Biomed Eng*. 1985;7(2):120-126. doi:10.1016/0141-5425(85)90040-8.
23. Duckworth T, Betts RP, Franks CI, Burke J. The measurement of pressures under the foot. *Foot Ankle*. 1982;3(3):130-141. doi:10.1177/107110078200300303.
24. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Phys Ther*. 2000;80(4):399-409. doi:10.1093/ptj/80.4.399.
25. Hoffmann UK, Götze M, Wiesenreiter K, Müller O, Wünschel M, Mittag F. Transfer of plantar pressure from the medial to the central forefoot in patients with hallux valgus. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019;20(1):149. doi:10.1186/s12891-019.
26. Koller U, Willegger M, Windhager R, Wanivenhaus A, Trnka HJ, Schuh R. Plantar pressure characteristics in hallux valgus feet. *Journal of orthopaedic research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society*. 2014;32(12):1688–1693. doi:10.1002/jor.22707.
27. Yokozuka M, Okazaki K, Sakamoto Y, Takahashi K. Correlation between functional ability, toe flexor strength, and plantar pressure of hallux valgus in young female adults: a cross-sectional study. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2020;13(1):44. doi:10.1186/s13047-020-00411-1.

28. Hida T, Okuda R, Yasuda T, Jotoku T, Shima H, Neo M. Comparison of plantar pressure distribution in patients with hallux valgus and healthy matched controls. *Journal of orthopaedic science: Official Journal of the Japanese Orthopaedic Association*. 2017;22(6):1054–1059. doi:10.1016/j.jos.2017.08.008.
29. Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez R, Pérez-Soriano P, Llana-Belloch S, Leal-Muro A, Pedrera-Zamorano JD. Plantar pressures determinants in mild Hallux Valgus. *Gait & Posture*. 2010;32(3):425–427. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.06.015.
30. Bryant AR, Tinley P, Cole JH. Plantar pressure and radiographic changes to the forefoot after the Austin bunionectomy. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2005;95(4):357–365. doi:10.7547/0950357.
31. Iliou K, Paraskevas G, Kanavaros P, Gekas C, Barbouti A, Kitsoulis P. Relationship between pedographic analysis and the Manchester scale in hallux valgus. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2015;49(1):75–79. doi:10.3944/AOTT.2015.14.0012.
32. Verdu Roman C, Martinez Gimenez E, Bustamante Suarez de Puga D, Mas Martinez J, Morales Santias M, Sanz-Reig J. Radiographic measurements have limited effect in dynamic plantar pressures in hallux valgus patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022;32(1):19-26. doi:10.1007/s00590-021-02906-4.
33. Ferrari J, Watkinson D. Foot pressure measurement differences between boys and girls with reference to hallux valgus deformity and hypermobility. *Foot Ankle Int*. 2005;26(9):739-747. doi:10.1177/107110070502600912.
34. Wen J, Ding Q, Yu Z, Sun W, Wang Q, Wei K. Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients. *Gait Posture*. 2012;36(3):344-349. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.03.030.