

ORIGINAL ARTICLE

Sağlıklı sedanter bireylerde vücut ağırlığı artışının ayak postürü ve diz ağrısı üzerine etkisi

Ebrar ATAĞ, Hanefi ÖZBEK, Zehra Candan ALGUN

Amaç: Bu çalışmanın amacı, vücut ağırlığı artışının her hangi bir alt ekstremitte patolojisine sahip olmayan orta yaş sağlıklı sedanter bireylerin ayak biyomekaniği ve diz ağrısı üzerine etkisiyle ilgili bilgi edinmektir.

Yöntem: Çalışmaya 45-55 yaşları arasında 75 kadın, 18 erkek toplam 93 birey alındı. Bireylerin vücut kütle indeksi (VKİ), medial longitudinal arkan (MLA) ve subtalar açıları (SA) ölçüldü. Pes planusun MLA değerlendirilmesinde Harris tabakası, diğer açısız ölçümlerde ise universal gonyometre kullanıldı. Harris tabakası ile bulunan ayak tabanı grafisini yorumlamak için Staheli indeksi kullanıldı. Vizüel analog skala ile diz ağrısı değerlendirildi. Bütün ölçümler saat 16:00 ile 18:00 arasında ve bireyler 30 dk dinlendikten sonra yapıldı. Ölçümler standart tekniklerle yapıldı ve üç kez tekrarlandı.

Bulgular: Değerlendirmelerin sonucuna göre, VKİ ile Sİ, Sİ ile SA arasındaki ilişki anlamlıydı ($p < 0,05$). VKİ ile SA arasında anlamlı ilişki olmadığı görüldü ($p > 0,05$). Sİ ve SA ile ağrı arasında anlamlı ilişki bulundu ($p < 0,05$). VKİ ile diz ağrısı arasında ise zayıf anlamlı ilişki olduğu belirlendi ($p = 0,049$).

Tartışma: Bu çalışma, pes planus'un VKİ'den doğrudan etkilendiğini, SA'nın ise VKİ'den ayak arkının değişmesiyle dolaylı olarak etkilendiğini gösterdi. VKİ artışı ile birlikte ayak arkındaki değişikliklerin hatalı alt ekstremitte dizilimi ve dizde ağrı oluşmasına neden olabileceği, bu durumun da uzun vadede alt ekstremitteye bağlı ortopedik sorunların birincil nedeni olabileceği sonucuna varıldı.

Anahtar kelimeler: Vücut kütle indeksi, Pes planus, Subtalar eklem, Diz ağrısı.

Effects of increased body mass index on foot posture and knee pain in healthy sedentaries

Purpose: The aim of this study was to obtain information regarding the effect of body weight gain on the biomechanics of foot and the knee pain in middle aged healthy sedentary individuals without any lower extremity pathology.

Methods: Seventy-five women and 18 men a total of 93 cases between the ages of 45-55 years were included in the study. Body mass index (BMI), medial longitudinal arch (MLA), and subtalar angles (SA) of participants were measured. To evaluate pes planus (medial longitudinal arch), Harris Mat was used and universal goniometer was used for angular measurements. The Staheli Index (SI) was used to interpret the graph of foot arch found using the Harris Mat. Knee pain was evaluated by Visual Analog Scale. All assessments were performed at a standard time line between 16:00 and 18.00 after resting for 30 minutes. Measurements were performed with standard techniques, and repeated for three times.

Results: According to the results of the evaluations, there were significant correlations between SI and BMI and SA ($p < 0.05$). There was no significant difference between BMI and SA ($p > 0.05$). There were significant correlations between the SI and SA with pain ($p < 0.05$). There was a weak significant correlation between BMI and the knee pain ($p = 0.049$).

Conclusion: This study showed that foot arch (pes planus) was directly affected from BMI and SA was indirectly affected. Changes in foot arch with the increase of BMI may cause incorrect alignment of lower extremity and formation of the knee pain. It was concluded that this situation may be the primary reason for the orthopedic problems due to the lower extremities in long term.

Keywords: Body mass index, Flatfoot, Subtalar joint, Knee pain.

Atak E, Özbek H, Algun ZC. Sağlıklı sedanter bireylerde vücut ağırlığı artışının ayak postürü ve diz ağrısı üzerine etkisi. J Exerc Ther Rehabil. 3(2):66-71. *Effects of increased body mass index on foot posture and knee pain in healthy sedentaries.*



E Atak: Gerçek Dünya Rehabilitation Center, Yalova, Türkiye.

H Özbek: Medipol University, Vocational School of Health Services, İstanbul, Türkiye.

ZC Algun: Medipol University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, İstanbul, Türkiye.

Corresponding author: Ebrar Atak: ebraratak@hotmail.com

Received: May 17 2016.

Accepted: July 4 2016.

Vücut kütle indeksi (VKİ) insanların vücut ağırlıklarının normal sınırlarda olup olmadığını hesaplamak için kullanılan, bilimsel olarak kabul görmüş basit, kullanışlı ve geçerli bir yöntemdir. VKİ'si yüksek olan kişilerde yapılan çalışmalar fazla vücut ağırlığına sahip olmanın alt ekstremitte patolojileri açısından olumsuz bir etken olduğunu göstermiştir.

VKİ artışı ile diz patolojileri arasındaki ilişki ele alındığında diz eklemine binen fazla yükten kaynaklı mekanik zorlanmanın arttığı, bunun da eklem dejenerasyonu ve patolojilerini meydana getirdiği yönündedir.¹⁻³ Bununla beraber ayak arkındaki değişikliklerinin diz biyomekaniğini etkilediği bilinmektedir.^{4,5} Ayakta meydana gelen pes planus veya pes kavus gibi deformitelerde, vücudun kapalı bir kinetik zincir olduğu düşünülürse, bu patolojilerin kolayca üst seviyelerde yer alan eklemlerdeki biyomekanik dizilimi bozduğu ve çeşitli problemlere neden olduğu söylenebilir. Herhangi bir eklemden meydana gelen değişimlerin biyomekaniksel ve kinezyolojik olarak üst ve alt eklemleri etkilediği bilinmektedir.^{6,7} Bu nedenle ayak postüründe meydana gelen değişimlerin alt ekstremitte dizilimini etkilediği ve hatta bozduğu, diz ağrısı ve patolojileri bakımından risk faktörü oluşturduğu düşünülmektedir. Artmış vücut ağırlığının ayak postürü üzerine etkisi ve bunun diz eklemindeki sonuçlarının hangi yöle olduğu, meydana gelen deformite veya patolojilere yaklaşımı etkileyecektir. Vücut ağırlığının doğrudan diz mekaniğini etkilemesi ile ayak postürünü bozması sonucunda diz eklemine etkilenmesi diz ile ilgili sorunlara çözüm üretme stratejilerini değiştirecektir.

Ayak ark patolojileri, tanı konulması, sınıflandırılması, etiyoloji ve patofizyolojisi birçok araştırmacı tarafından ele alınmış ve detaylı sınıflandırmalar yapılmıştır. Down Sendromu, Marfan Sendromu gibi bazı genetik hastalıklarda, çocuklarda, geriatric bireylerde ve belirli bir hastalık sonrasında ayak ark patolojilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır.⁸⁻¹³ Alt ekstremitte patolojilerinde fazla vücut ağırlığının önemli bir etken olduğu bilinmesine rağmen,¹⁴ orta yaş sağlıklı sedanterlerde VKİ artışının ayak biyomekaniği üzerindeki etkisini irdeleyen çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı VKİ artışına bağlı

olarak ayak arkında ve subtalar açıda meydana gelen değişiklikleri incelemek, varsa meydana gelen değişimlerin daha üst eklemlerdeki etkileri ve diz ağrısıyla ilişkisi hakkında fikir sahibi olmaktır.

YÖNTEM

Araştırmada yaşları 45-55 arasında, çalışmaya alınma kriterlerine uygun VKİ 18,5 ile 24,9 arasında 17 kişi, VKİ 25 ile 29,9 arasında 32 kişi, VKİ 30 ve üzerinde olan 44 kişi, toplamda 75'i Kadın, 18'i Erkek olmak üzere 93 gönüllü değerlendirildi. Araştırma Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Girişimsel Olmayan Klinik Çalışmalar etik kurulunun 17/12/2013 tarih ve 10840098 dosya numarasıyla onay aldı ve Helsinki Deklarasyonuna uygun olarak yürütüldü. Araştırmaya alınan gönüllülere çalışmanın amacı ve yapılacak değerlendirmeler hakkında bilgi verildi ve Medipol Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından belirlenen "Gönüllü Bilgilendirme Formu" okutulup imzaları alınmak suretiyle onayları alındı.

Alt ekstremitte kas iskelet sistemine ait travma öyküsüne sahip olan, nörolojik herhangi bir hastalığı olan, alt ekstremitteye ait tanısı konulmuş herhangi bir hastalığı olan, alkol kullanan, kas, iskelet veya nörolojik sistem üzerinde etkili ilaçları düzenli kullanan bireyler dahil edilmedi. Araştırmaya 45-55 yaşları arasında sedanter yaşam süren olgular alındı.

Gönüllülere değerlendirme formu, VKİ, subtalar açısı (SA), Harris Tabakası ile ayak değerlendirmesi ve Staheli indeksi (Sİ) uygulandı. Coughlin ve Kaz, pes planus deformitesinin belirlenmesinde Harris tabakasının geçerli ve güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.¹⁵ Ayrıca katılımcıların ağrıları Vizüel Analog Skala (VAS) ile değerlendirildi.

Vücut kütle indeksi (VKİ): Kilogram cinsinden vücut ağırlığının metre cinsinden boy uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplandı.

Staheli indeksi: Pedogramla yük altında ayağın yere temas eden bölgelerinin belirlendiği grafik üzerinde topuğun en geniş yerinin çapı ve ayak arkının en dar yerinin çapı

belirlenerek ölçüldü ve birbirine oranlandı. Ölçüm sırasında Harris tabakası ve standart ölçeklendirilmiş baskı kağıdı kullanıldı. Kağıt mürekkeple boyanmış kısımla diafram arasına yerleştirildi. Katılımcılardan önce ölçüm yapılmayacak ayağı Harris tabakasının yanına getirmeleri daha sonra ölçüm yapılacak ayağı diyaframın üzerine basarak her iki ayağa eşit yük vermeleri istendi. Aynı işlemler her iki tarafa uygulandı.

Subtalar açısı: Bu ölçüm için katılımcı yüz üstü olacak şekilde pozisyonlanıp, cetvelle aşıl orta noktası ayak bileği eklemi ve kalkaneus orta noktası işaretlenerek çizildi ve daha sonra statik ayakta duruş pozisyonunda pivot noktası ayak bileği orta noktası alınarak aşıl ve kalkaneustaki hatlar arası açı ölçüldü. İstirahat ile yüklenme arasındaki valgus yönündeki açısal değişiklik (örneğin; istirahatta 3 derece varus, yüklenmede 4 derece valgus ise değişim 7 derece tespit edildi. Varus yönündeki değişiklikler negatif yönde değerlendirildi ve negatif olarak kaydedildi.) derece cinsinden kaydedildi.

Ağrı: Vizüel analog skala (VAS) ile cm cinsinden değerlendirildi (0-10 cm): "0" hiç ağrı yok, "10" dayanılmaz ağrı.

Değerlendirmelerin hepsi bireyler değerlendirilmeler yapıldığı merkeze geldikten sonra 30 dk istirahat ettirilip sonrasında yapıldı. Ardışık üç ölçümden sonra elde edilen değerlerin ortancası istatistik analiz için kullanıldı.

İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz için Minitab® 17.1.0 istatistik paket programı kullanıldı ve veriler ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edildi. İstatistik değerlendirmeler Pearson korelasyon analizi ile yapıldı. $p < 0,05$ olasılık değeri anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmaya katılan 93 kişinin yaş ortalamaları ve VKİ ortalamaları Tablo 1'de gösterildi. Diz ağrısı ve ayak parametrelerinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 1'de verildi.

VKI ile Sİ karşılaştırıldığında, VKİ ile Sİ arasında anlamlı ilişki olduğu saptandı. VKİ arttıkça pes planus geliştiği anlaşılmaktadır. VKİ ile SA arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, VKİ ile SA açısı arasında

bir ilişki olmadığı bulundu. SA ile Sİ arasında anlamlı ilişki belirlendi. Bu da pes planustan SA'nın etkilendiğini göstermektedir. VKİ ile ağrı karşılaştırıldığında, anlamlı zayıf ilişki olduğu anlaşılmaktadır. SA ile ağrı arasında anlamlı ilişki bulundu (Tablo 2).

Tablo 1. Bireylerin yaş, vücut kütle indeksi, Stahel indeksi, subtalar açısı ve diz ağrısı değerleri (N=93).

| | X \pm SD |
|------------------------------------------|------------------|
| Yaş (yıl) | 50,10 \pm 3,82 |
| Vücut kütle indeksi (kg/m ²) | 29,17 \pm 4,83 |
| Staheli indeksi | |
| Sağ | 0,73 \pm 0,13 |
| Sol | 0,73 \pm 0,12 |
| Subtalar açısı (derece) | |
| Sağ | 3,90 \pm 2,89 |
| Sol | 3,99 \pm 3,12 |
| Diz ağrısı (VAS, cm) | 3,17 \pm 2,13 |

Tablo 3. Vücut kütle indeksi, Staheli indeksi, subtalar açısı ve diz ağrısı arasındaki ilişki.

| | X \pm SD |
|--------------------------------------------|----------------|
| Vücut kütle indeksi-Staheli indeksi (sağ) | 0,309 (0,003)* |
| Vücut kütle indeksi-Staheli indeksi (sol) | 0,315 (0,002)* |
| Vücut kütle indeksi-Subtalar açısı (sağ) | 0,129 (0,218) |
| Vücut kütle indeksi-Subtalar açısı (sol) | 0,121 (0,250) |
| Vücut kütle indeksi-Ağrı | 0,205 (0,049)* |
| Staheli indeksi (sağ)-Subtalar açısı (sağ) | 0,357 (<0,001) |
| Staheli indeksi (sol)-Subtalar açısı (sol) | 0,301 (0,003)* |
| Staheli indeksi (sağ)-Ağrı | 0,315 (0,002)* |
| Staheli indeksi (sol)-Ağrı | 0,300 (0,004)* |
| Subtalar açısı (sağ)-Ağrı | 0,370 (<0,001) |
| Subtalar açısı (sol)-Ağrı | 0,378 (<0,001) |

* $p < 0,05$. r: Pearson korelasyon katsayısı.

TARTIŞMA

Araştırmaya 45-55 yaş aralığında orta yaş sağlıklı sedanter bireyler alındı. Aşırı vücut ağırlığı veya obezitenin yetişkin sedanterlerde SA ve ayak mekaniğini nasıl etkilediğiyle ilgili çok fazla yayın olmamakla beraber fazla

kilolularda SA'nın normal vücut ağırlığına sahip bireylere oranla valgus yönünde daha fazla olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır.^{4,16-18} Obez çocuklarda arka ayak basınçlarının ve yapılarının değiştiğiyle ilgili veriler elde edildi.¹⁹ Araştırmamızın sonucunda bu verilerin aksine VKİ ile SA arasında anlamlı bir ilişki bulunmaması SA'nın fazla vücut ağırlığından doğrudan değil dolaylı yollarla etkilenmiş olabileceğini düşündürdü.

Buna karşın ayak tipini değerlendirmek için birden fazla değerlendirme yöntemine ihtiyaç olduğu bilinmektedir. SA ile navikular ve talar pozisyonun ilişkili olabileceği, ayağı değerlendirme açısından tek bir parametre seçilecek olursa bunun SA olması gerektiği,²⁰ SA valgus yönünde arttıkça eversiyonun da arttığı, statik duruşta ve yürümede medial longitudinal ark ile SA'nın birlikte değiştiği vurgulanmıştır.²¹ Yaptığımız bu çalışmada da benzer sonuç alınmıştır.

Aşırı vücut ağırlığının tibiotalar bağlantıyla talusu, talokalkaneal ve talonavikular bağlantıyla da navikulyayı aşağı yönde ittiği bilinmektedir.²²⁻²⁴ Bu anlamlı ilişkinin nedeninin, yine aynı şekilde navikula ve talusun inferiora doğru gitmesi sonucu meydana gelen iç rotasyon etkisinin kalkaneusu da iç rotasyona çekebileceği ve bunun da SA'yı artırması olabileceği söylenebilir.²³

Literatürde diz ağrısı ile aşırı vücut ağırlığı arasında doğrudan anlamlı bir ilişki olduğunu iddia eden bunu da dokulara binen aşırı yüklenmeye bağlayan çalışmalar yer almaktadır.²⁵ Buna karşın çalışmamızda VKİ ile VAS karşılaştırıldığında anlamlı zayıf ilişki olduğu görülmüştür. Bu sonuç alt ekstremitede meydana gelen ağrının doğrudan ve tek başına vücut ağırlığıyla alakalı olmadığı, alt ayak biyomekaniklerinin alt ekstremitte ağrısında önemli bir rol oynadığını düşündürmüştür.

Yapılan çalışmalar ergenlik çağındaki bireylerin vücut ağırlıkları arttıkça ayak arklarının azaldığını göstermektedir.²⁶ VKİ arttıkça pes planus derecesinin arttığı düşünülmektedir. Bu artan vücut ağırlığının tibia üzerinden talusu vertikal yönde zemine doğru daha kuvvetli ittiği, yumuşak dokular ve eklemin bu strese bir süre karşı koyabildiği, fakat bu süreçte aşırı kullanım travmaları meydana geldikten bir müddet sonra yumuşak

dokuların ve eklemin bu strese karşı koyamayıp talusun inferiora gittiği ve pes planusun meydana geldiği belirtilmiştir.²²⁻²⁴ Araştırmamızda da buna paralel veriler elde edilmiş, VKİ ile pes planus arasında kuvvetli ilişki olduğu bulunmuştur.

Tüm bu veriler ışığında, fazla vücut ağırlığının uyguladığı aşırı vertikal yüklerle talusu dolayısıyla MLA'yı düşürdüğü, alt ekstremitte dizilimini bozduğu, kasların çekme açılarındaki değişiklikler ve benzeri faktörlerden dolayı alt ekstremitede patolojik yüklenmelere neden olarak ağrıya neden olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak orta yaş sağlıklı sedanterlerde VKİ artışına bağlı olarak ayakta biyomekaniksel değişiklikler meydana gelmektedir. VKİ artışıyla birlikte ayakta meydana gelen öncelikli biyomekaniksel değişiklik ayak arkının azalmasıdır. Subtalar açındaki değişiklikler ayak arkının azalmasına bağlı rölatif olarak açığa çıkmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre diz ağrısı VKİ artışından etkilenirse de bu etkilenimin de dolaylı olduğu düşünülmektedir. Çünkü Sİ ve SA ile ağrı arasında daha kuvvetli bir bağlantı bulunmuştur. Vücut ağırlığı artışından ayak olumsuz yönde etkilenmekte ve aşırı vücut ağırlığı alt ekstremiteye ait ağırlı süreçlerin hızını ve şiddetini artırmaktadır. Fakat bu süreçlerin doğrudan fazla vücut ağırlığından değil, artmış vücut ağırlığına bağlı ayak arkının bozulması sonucunda biyomekaniksel dizilimin etkilenmesiyle dolaylı olarak oluştuğu söylenebilir.

Kilo vermek ve ayak arkını destekleyecek terapatik yaklaşımlar alt ekstremiteye ait ağrının giderilmesine veya şiddetinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Ancak alt ekstremitte ağrısını azaltmak için ayak üzerinden yapılan tedavilerin (lateral kama vs.) etkinliği hala tartışmalıdır. Yapılan bazı çalışmalar ayak ortezlerinin hastaları rahatlattığını ancak erken dönemde ağrıyı azaltma yönünde çok etkili olmadığını göstermiştir.²⁷

Çalışmanın limitasyonları

Çocukluk çağı obezitesinin ayak biyomekaniklerini etkilediği, ayakta deformiteye yol açtığı, pes planus ve topukta patolojik pronasyona neden olduğu bilinmektedir.²⁸ Bununla birlikte çalışmamızda yetişkin bireylerden oluşan olgular değerlendirilmiş ve

çocukluk çağı kiloları ile ilgili herhangi bir bilgi edinilememiştir. Bu da fazla kilonun çocukluk çağından itibaren olursa mı ayak biyomekaniğini bozar, yoksa herhangi bir yaşta oluşan fazla kilo da ayak biyomekaniğini bozar mı sorusunu cevaplamamızı engelleyen bir durum oluşturmaktadır. Çalışmamızda kullanılan ölçme yöntemlerinin tamamı manuel yöntemlerdir ve gelişmiş görüntüleme yöntemleri değildir. Buna karşın, halen kliniklerde kullanılan geçerli ve güvenilir değerlendirmelerdir. Fakat insan hatası bakımından çok standardize edilebilen ölçümler değildirler. İstatistiksel analizde Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır ve bu yöntemde katılımcı sayısı önem arz etmektedir. Daha sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek adına daha fazla olguya sahip evrenlerle çalışma yapmak gerekebilir. Çalışmanın bir diğer limitasyonu ise çalışma gurubundaki kadın ve erkek katılımcı sayısının eşitsizliğidir. Daha dengeli dağılımı olan ve daha fazla sayıda katılımcılı çalışmalar VKİ ile alt ekstremitte dizilimi arasındaki ilişki ile ilgili daha detaylı bilgi vermeyi sağlayacaktır.

Sonuç

VKİ artışının pes planus, subtalar eklem ve diz patolojileriyle ilişkisini araştırdığımız bu çalışmanın sonucunda VKİ artışının ayak arki ve subtalar açığı etkilemek suretiyle ayak postürünü değiştirdiğini, bütün bunlara bağlı olarak dizde ağrı meydana gelmekle birlikte bunun temel sebebinin artan vücut ağırlığından ziyade ayak arkındaki değişikliklere bağlı gelişen dizdeki dizilim bozukluğu olduğu düşünülmüştür. VKİ artışı, ayak arkını ve subtalar açığı etkileyerek ayak postürünün bozulmasına yol açması bakımından diz ağrısı ve patolojileri oluşmasında önemli bir risk faktörü olabilir.

Teşekkür: Yok.

Çıkar çatışması: Yok.

Finans: Yok.

KAYNAKLAR

- Burton BT, Foster WR, Hirsch J, et al. Health implications of obesity: an NIH Consensus Development Conference. *Int J Obes.* 1985;9:155-169.
- Tukker A, Visscher TL, Picavet HS. Overweight and health problems of the lower extremities: osteoarthritis, pain and disability. *Public Health Nutr.* 2009;12:359-368
- Chan G, Chen CT. Musculoskeletal effects of obesity. *Curr Opin Pediatr.* 2009;21(1):65-70.
- Palastanga N, Soames RW. Anatomy and human movement: Structure and function. Churchill living stone Elsevier 6th ed; 2011.
- Nigg BM, Herzog W. Biomechanics of the Musculo-skeletal System. 3rd ed. Wiley. 2007.
- Shih YF, Chen CY, Chen WY, et al. Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: a comparative study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:31.
- Gross KD, Felson DT, Niu J, et al. Association of flat feet with knee pain and cartilage damage in older adults. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2011;63:937-944.
- Barry JR, Scranton PE Jr. Flat feet in children. *Clin Orthop Rel Res.* 1983;181(12):69-75.
- Rodgers MM. Dynamic biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. *Phys Ther.* 1988;68:1822-1830.
- Morris JM. Biomechanics of the foot and ankle. *Clin Orthop Rel Res.* 1977;122(1-2):10-17.
- Mann R. Biomechanics of the foot. In *Atlas of Orthotics*, American Academy of Orthopedic Surgeon 2nd ed. CV Mosby Company, St. Louis. 1985:112-125.
- Bernhardt DB. Prenatal and postnatal growth and development of the foot and ankle. *Phys. Ther.* 1988;68(12):1831-1839.
- Salathe EP, Arangio GA. The Foot as a shock absorber. *J Biomech.* 1990;23(7):655-659.
- Stolzman S, Irby MB, Callahan AB, Skelton JA. Pes planus and paediatric obesity: a systematic review of the literature. *Clin Obes.* 2015;5(2):52-59.
- Coughlin MJ, Kaz A. Correlation of Harris mats, physical exam, pictures, and radiographic measurements in adult flatfoot deformity. *Foot Ankle Int.* 2009;30(7):604-612.
- Messier SP, Davies AB, Moore DT, Davis SE, Pack RJ, Kazmar SC. Severe obesity: effects on foot mechanics during walking. *Foot Ankle Int.* 1994;15(1):29-34.
- Hills AP, Henning EM, McDonald M, et al. Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001 Nov;25(11):1674-1679.
- Aurichio TR, Rebelatto JR. The relationship between the body mass index (BMI) and foot posture in elderly people. *Arch Gerontol Geriatr.* 2011;52(2):89-92.
- Dowling AM, Steele JR, Baur LA. Does obesity

- Burton BT, Foster WR, Hirsch J, et al. Health implications of obesity: an NIH Consensus

- influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children? *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(6):845-852.
20. Chuckpaiwong B, Nunley JA 2nd, Queen RM. Correlation between static foot type measurements and clinical assessments. *Foot Ankle Int.* 2009;30(3):205-12.
 21. Hunt AE, Fahey AJ, Smith RM. Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking. *Aust J Physiother.* 2000;46(1):9-16.
 22. Tachdjian MO. *Pediatric orthopedics* 2nd ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia. 1990: 2717-2728.
 23. Gould N. Evaluation of Hyperpronation and pes planus in Adults. *Clin Orthop Rel Res.* 1983;181(12):37-45.
 24. Bernhardt DB. Prenatal and Postnatal Growth and Development of the Foot and Ankle. *Phys Ther.* 1988;68(12):1831-1839.
 25. Janke EA, Collins A, Kozak AT. Overview of the relationship between pain and obesity: What do we know? Where do we go next? *J Rehabil Res Dev.* 2007;44(2):245-62.
 26. Tenenbaum S, Hershkovich O, Gordon B, et al. Flexible pes planus in adolescents: body mass index, body height, and gender--an epidemiological study. *Foot Ankle Int.* 2013;34(6):811-7.
 27. Hatfield GL, Cochrane CK, Takacs J, et al. Knee and ankle biomechanics with lateral wedges with and without a custom arch support in those with medial knee osteoarthritis and flat feet. *J Orthop Res.* 2016 Jan 22. doi: 10.1002/jor.23174.
 28. Sadeghi-Demneh E, Azadinia F, Jafarian F, et al. Flatfoot and obesity in school-age children: a cross-sectional study. *Clin Obes.* 2016;6(1):42-50.