

Yürüme Analizinin Ortopedik Uygulamaları

Ulunay Kanatlı*, Haluk Yetkin**, Murat Songür***, Ali Öztürk****, Selçuk Bölükbaşı**

Günümüzdeki teknolojik gelişimle, kas iskelet sistemindeki araştırma ve klinik uygulamada tanı, tedavi planlaması ve tedavinin sonucunu ölçme ve izleme amacıyla yürüme analizlerinin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle, nöromusküler hastalıklarda görülen kas iskelet sistemi sorunlarının tanı ve tedavisinde, yürüme analizi önemli bir yer tutmaktadır. Çocukluk çağı nöromusküler hastalıklar, serebral palsi (SP) ve kas iskelet sistemi sorunlarının tanı ve tedavi planlamasında kullanılan yürüme analizi konusunda otör olan James R Gage'in dediği gibi; SP ile uğraşmak eskiden bir sanat dalı iken yürüme analizlerinin kullanımı ile birlikte bir bilim dalı haline gelmiştir.^(12,13) Bunun ileride birçok kas iskelet sistemi hastalıklarının tedavisinde de geçerli olacağı düşünülmektedir.

Yürüme analizinin klinik kullanımı dışında kinetik ve kinematik ölçümler yapıp, bunlara basınç ölçümlerini de ekleyerek birçok eklem içi biyomekanik çalışma yapılmaktadır. Özellikle, alt ekstremitede, diz, kalça, ayak bileği eklemleri biyomekaniği ve bu eklemlere uygulanan rekonstrüksiyonların mekaniği konusunda yürüme analizi teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Osteoartrit ve instabilite başta olmak üzere eklem bütünlüğünü bozan hastalıklarda, eklem biyomekaniğinin klinik veya araştırma amaçlı değerlendirilmesinde yürüme analizi kullanılmakta ve bu konuda önemli kapılar açılmaktadır.

Bu derlemede yürümenin evreleri, yürüme analizi yöntemleri, osteoartrit, eklem travmalarının etkilerinin yürüme analizleri ile değerlendirilmesinden ve bunların olası ortopedik kullanımından bahsedilecektir. Günümüzde yürüme analizinin klinik amaçla en yaygın kullanım alanı olan serebral palsideki kullanımı irdelenmekle birlikte, özellikle

ayak hastalıklarının değerlendirilmesi ve ölçümünde kullanılan, yürüme analizinin bir komponenti olan ve klinikte ve araştırmalarda kullanımı giderek artan pedobarografiden de söz edilecektir.

Yürümenin Tanımı

Bir yerden bir yere hareket etmek amacıyla, en az biri her zaman yer ile temas halinde olacak şekilde, destek ve ilerlemek için iki bacağın birlikte kullanılmasına yürüme denir.^(1,3)

Yürüme sırasında gözlenen normal dışı bir eğilimin sayısal verilerle belirlenebilmesi için, öncelikle normal yürüyüş parametrelerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu tanım yapılırken cinsiyete, yaşa ve vücut yapısına göre bir sınıflamanın yapılması kaçınılmazdır. Örneğin, yaşlı bir insanın yürüyüş analizinden elde edilen parametrelerin genç bireylerdekiyle aynı olması beklenmemelidir.^(3,5,12,13)

1. Yürüme Döngüsü

Yürüme, sürekli kendini tekrar eden hareketlerden oluşur. Bu hareketler topluluğu, bir yürüyüş döngüsü (gait cycle) olarak tanımlanır.⁽⁹⁾ Aslında yürüme, beyinde başlar. Bu nedenle yürüme sorunlarında değerlendirme, beyinden medulla spinalise, oradan da kas ve eklemlere doğru olmalıdır. Yürüme döngüsü iki fazdan oluşur. Bunlar duruş ve salınım fazlarıdır.

a. Duruş Fazı:

Tüm yürüme döngüsünün %60'ını oluşturur ve beş birimden oluşur. Bunlar; ilk temas (İT), yüklenmeye cevap (YC) (loading response), orta duruş fazı (ODF), terminal duruş (TD), salınım öncesi (SÖ) alt birimlerdir. İT ve SÖ esnasında her iki ekstremitede, yerle temas halindedir ki, buna çift destek adı verilir (Şekil 1).

b. Salınım Fazı:

Bu faz, SÖ ile birlikte yürümenin ilerleme safhasını oluşturur. Salınım fazı üç birimden oluşur. Bunlar, ilk salınım (İS), orta salınım (OS), terminal salınım (TS) olarak sıralanabilir. (Şekil 1).

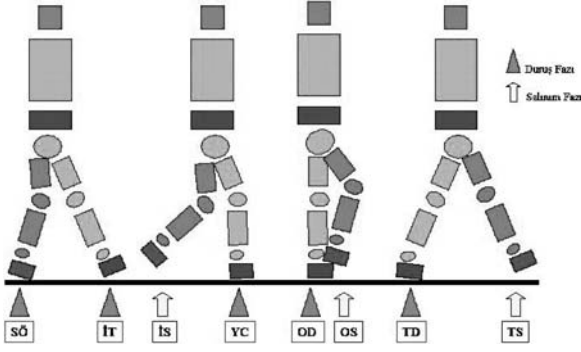
Yürüme analizi sırasında önemli bazı terimler

* Doç. Dr., Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji A.D., Ankara

** Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji A.D., Ankara

***Asit. Dr., Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji A.D., Ankara

**** Uzm. Dr., S. B. Sungurlu Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji, Çorum



Şekil 1. Yürüme döngüsü. Duruş fazının beş bölümü ve salınım fazının üç bölümü görülmektedir.

kullanılmaktadır. Bu terimler:

Adım; bir ayağın yerle temas halinde iken diğer ayağın yerle temasa geçme eylemi.

Adım uzunluğu; Bir adımda kat edilen mesafe.

Adım genişliği; Her iki ayağın topuklarının, yere değdikleri noktalar arasında yürüyüş yönüne dik olarak ölçülen uzaklık.

Stride (çift adım); iki adım

Stride süresi; tek stride için geçen süredir.

Stride uzunluğu; tek stride içerisinde kat edilen mesafe.

Kadans; birim zamanda atılan adım sayısı (adım / zaman).

Hız; birim sürede kat edilen mesafe (uzaklık/zaman).

Bunların yanında, yürüme analiz sonuçlarının takip edilebilmesi için alt ekstremitte eklem hareket düzenlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Örneğin ayak bileği, bir yürüme döngüsünde, biri orta duruş fazının geç döneminde, diğeri ise salınım fazının terminal salınım bölümünde olmak üzere iki kez dorsifleksiyon yapmaktadır. Bu duruma bimodal hareket adı verilir. Bimodal hareket yapan bir diğer eklem ise diz eklemidir. Diz eklemi de, orta duruş fazında ve orta salınım fazında iki kez fleksiyon yapmaktadır. Kalça eklemi ise, terminal salınım fazında fleksiyon yapmaktadır. Bu nedenle unimodal bir harekete sahiptir.^(2,8,11,3)

2. Yürüme Analizi Teknikleri:

- Gözleme dayalı: Video eklenirse daha güçlü bir yöntem haline gelir. Belirgin yürüme anomalilerini ortaya koyabilir. Ancak sonuçları subjektiftir, hafif anomalileri ortaya koyamaz.⁽²⁹⁾

- Adım analizi. Zaman ve mesafe ile ilgili kantitatif

değerler elde edilir. Kolay ve hızlı uygulanır ve az yer kaplar, ancak açısal kinetik ve kinematik analize izin vermez. Ölçüm için hastanın tam bir salınım fazı (ayak yerden kalkarak) yapması gerekmektedir.

- Açısal kinematik analiz: Objektif ve kantitatif veriler elde edilmesine olanak sağlar. Eklem açısal hareketlerini gösterir. Teknik olarak eğitilmiş personele ve geniş bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca kısıtlı taşınabilirliğe sahiptir.
- Kuvvet levhası ve basınç levhası analizleri: Eksternal kuvvetler ölçülür. Ters dinamik analizlere izin vererek duruş fazında yük dağılımı ile ilgili bilgi verir. Tek başlarına sınırlı kullanıma sahiptir. Sabit kurulum gerektirir, eğitilmiş personele ihtiyaç duyulur.^(4,29)
- Elektromyografik (EMG) analizler: Kas fonksiyonunu ve motor performans hakkında bilgi verir. Kinetik ve kinematik parametrelerin birlikte yorumlanabilmesini sağlar. Eğitilmiş elemana ihtiyaç vardır. İnvaziv bir işlemdir.
- Videofloroskopik analizler: Kemik ve implantların direkt olarak gözlenmesini sağlar, eksternal işaretlere ihtiyaç duyulmaz. Teknik açıdan eğitilmiş elemanlara ihtiyaç duyulur.

Günümüzde modern analizler, hareket analiz laboratuvarlarında gerçekleştirilmektedir. Bu laboratuvarlarda, yukarıda bahsedilen yöntemlerin hemen tümü kullanılmaktadır. Hasta veya denek önce gözlemlenir ve kabaca yürüme sorunu belirlenir. Ardından fizik muayene ile eklem hareket genişlikleri, eklem ve kas kontraktürleri, kas kuvvet ve tonusları, kemik deformite ve nörolojik durum değerlendirilir. Ardından modern teknikler kullanılarak yürüme parametreleri kantitatif olarak ölçülür. Bu laboratuvarlarda bulunan primer ölçüm sistemleri şunlardır;⁽²⁶⁾

a. Hareket Verisi Yakalayıcılar:

Bu cihazlar ile hastanın cildine yerleştirilen pasif yansıtıcı işaretler, özel video kameralar tarafından (genellikle 6-12 adet) üç boyutlu olarak görüntülenir ve bir bilgisayar tarafından bir araya getirilerek vücudun segmentlerinin açısal değişimleri ortaya çıkartılır. Bu yöntem genel olarak "kinematik" adı verilir. Ayrıca işaretlerin işlenmesi ile, yürüme hızı, adım uzunluğu, iki adım uzunluğu ve kadans hakkında bilgi elde edilmektedir.⁽⁸⁾

b. Yer Kuvveti Ölçümü (kuvvet levhaları):

Zemin ile ayak arasındaki "yer reaksiyon kuvveti" ölçen kuvvet levhaları (force plate) sayesinde gerçekleştirilir. Ölçülen kuvvet "basınç merkezi" olarak adlandırılır. Newton'un hareket kanunları kullanılarak, hareket veri yakalayıcısından alınan verilerden (kinematik) eklem reaksiyonları (kinetik) hesaplanır. Bu yöntem "ters dinamik" adı verilmektedir.^(27,28)

c. EMG:

Cilde veya kas içine yerleştirilen elektrodlar, yürüme sırasındaki kas aksiyon potansiyelini ölçmektedirler. Bu yöntem dinamik EMG adı verilir. Bu veriler kinetik ve kinematik verilerle birleştirilerek hastanın nöromusküler durumu hakkında bilgi elde edilir.⁽²⁹⁾

Bir hareket analizi laboratuvarında, bu standart donanımların dışında metabolik enerji ölçüm sistemleri ve pedobarografi de bulunmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin klinik kullanımları, halen yeteri kadar yaygınlaşmamıştır.^(1,3,4,8,11)

3. Normal Eklem Yüklenmeleri;

Kas iskelet sistemi hareketi, dış ve iç kuvvetlerin dengesine bağlıdır. Dış kuvvetler, yer çekimi, atalet, yer tepki kuvveti olarak sayılabilirken, iç kuvvetler ise, kas kontraksiyonu (motor), yumuşak dokuların pasif olarak gerilmesi ve eklemlerde oluşan kemik temas olarak sıralanabilir. Yürüme analizi yöntemleri kullanılarak ölçülen dış kuvvetler, bir eklemdaki fleksör ve ekstansörlerinin aktivitesi hakkında bilgi vermektedir.^(2,3)

Diz çevresi yüklenmeleri: Diz ekleminde duruş fazı sırasında üç fazlı bir yüklenme olur. Maksimum yüklenme, yürüme hızına bağlı olarak vücut ağırlığının 4-7 katı kadardır. Ayrıca diz medial ve lateral kompartmanları asimetrik olarak yüklenmektedir. Yükün %70'i medial kompartmandan geçmektedir. Bunun nedeni, yürüme sırasında oluşan addüksiyon momentidir. Bu nedenle diz patolojilerinin araştırmalarında addüksiyon momenti sıklıkla kullanılmaktadır.

Kalça eklemi yüklenmeleri: Duruş fazı sırasında iki kez zirve yapmaktadır. Yapılan in-vivo transdüser çalışmasında, yaklaşık olarak vücut ağırlığının 2-5 katı maksimum yüklenme tespit edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda bir duruş fazında, iki kez yüksek basınç oluştuğu tespit edilmiştir. Bu döngü nedeniyle döngüsel eklem yüklenme çalışmaların-

da, her adımda iki kez yüklenme hesaplanması gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

4. Yürüme Analizinin Ortopedide Kullanımı:

Yürüme analizi bugün için, klinik kullanımı olan yardımcı bir araç olarak görülmektedir. Yürüme analizi nadiren bir hastalığın tanısında kullanılmaktadır. Bir nöromusküler ve kas-iskelet sistemi hastalığının evresi, bileşenleri ve hareket üzerine olan etkisini belirleme amacıyla kullanılmaktadır.⁽¹¹⁾ Sağladığı kantitatif veriler sayesinde tedaviyi planlamada ve sonuçların takibinde önemlidir. Günümüzde daha çok nöromusküler hastalıkların tedavi planlaması ve takibinde kullanılmakla birlikte bu bölümde, ortopedideki kullanım alanları özetlenecektir.

i. Osteoartrit;

Hastalar, ağrı, instabilite, nöromusküler hastalık ve kas güçsüzlüğüne bağlı olarak yürüme paternlerini değiştirirler ve mevcut durumlarına uygun bir şekilde adapte ederler.

Kalça osteoartriti; kalça osteoartritli hastalar, ağrı ve fleksiyon kontraktürü nedeniyle yürümelerini değiştirirler. Hareket genişliği kısıtlandığından normalde duruş fazı sırasında beklenen maksimum ekstansiyon, ya olmaz veya tersine döner. Bu durumu telafi etmek için hasta, lumbardozunu artırır veya pelvise fleksiyon verebilir.^(8,30)

Ayak bileği osteoartriti ve yürüme analizi konusunda yapılan tek çalışmada Khazzam ve arkadaşları, osteoartritli hastalar ile normal kişileri karşılaştırdığında, osteoartritli hastaların duruş fazında uzama, adım uzunluğunda kısalma, kadans- ta azalma ve yürüme hızının normalin %66,96'si olduğunu tespit etmişlerdir.⁽¹⁷⁾

ii. İnstabilite

Diz instabilitelerinde ortaya çıkan yürüme paterni, video hareket analizi ve yüzey EMG yöntemleri kullanılarak değerlendirilebilir. Kuadriseps kas fonksiyonu ile fleksiyon ve ekstansiyon momentlerinin değerlendirilmesi mümkün olmakla birlikte klinik kullanımı oldukça kısıtlıdır.⁽⁶⁾

iii. Eklem Rekonstrüksiyonları:

Kalça artroplastisi; Ters dinamik yöntemi kullanılarak kalça eklemine binen yük hesaplanabilmektedir. Son zamanlarda ise, Newton kanunları kullanılarak yapılan çalışmalarda gerçek vertikal eklem yüklemesinin hesaplanamayacağı, buna

neden olarak dengeyi sağlamak için birlikte çalışan ve birbirlerini nötralize eden agonist ve antagonist kasların kontraksiyonlarının gerçek vertikal yüklenmenin hesaplanmasını engelleyeceği öne sürülmektedir. Kalça kırığı sonrası endoprotez uygulanmış bir hastada 14 transdüser yerleştirilerek yapılan bir çalışmada, ters dinamikte elde edilen asetabulum yüklenmesinden çok daha fazla basınç oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum, kas kontraksiyonuna, özellikle de abdükör kas kuvvetlerinin asetabulum üzerindeki etkisine bağlanmıştır. Yavaş yürüme sırasında binen yük, kas kontraksiyonu daha fazla olduğundan hızlı yürümede meydana gelenden yüksek bulunmuştur. Osteoartrit nedeniyle yürüme hızını azaltan hastalarda eklem basıncının daha yüksek olması, bir paradoks oluşturmaktadır.^(6,31,32)

Karşı ele alınan baston, gluteus medius aktivitesinde %45 azaltma yaparak asetabulumu binen yükü %40 azaltmaktadır. Ayrıca kullanılan baston, yer temas kuvvetini de azaltarak binen yükün azalmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, yavaş yürümek zorunda olanlarda, karşı ele verilen baston eklem basınçlarını azaltmada önemlidir.⁽⁶⁾

Diz artroplastisi; Bir tarafına arka çapraz bağı koruyan, diğer tarafına ise arka çapraz bağı feda eden total diz eklem protezi uygulanan hastalar üzerinde yapılan yürüme analizi çalışmasında iki protez arasında diz hareket, moment, kas aktivitesi açısından fark bulunmamıştır. Her iki tasarımın da yürüme ve merdiven çıkma yönünden başarılı oldukları gözlenmiştir.⁽³³⁾

Videofloroskopik çalışmada ise PCB koruyan ve feda eden sistemler karşılaştırıldığında, kondiler lift-off'un her iki tasarımda da olduğu gösterilmiş ve bu durum, daha çok abdüksiyon-addüksiyon momentlerine bağlanmıştır.⁽³⁴⁾

Yapılan videofloroskopik yürüme analizlerinde, lift-off'la birlikte screw home hareketi de izlenmiş, bu nedenle de, rotasyonlu platformu olan protezlerin daha dayanıklı olabileceği bildirilmektedir.⁽⁶⁾ Saari ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda ise, total diz protezi uygulanmış hastalarda implant tasarımından bağımsız olarak yürüme analizi kullanılarak, hastalar merdiven inerken ve çıkarken diz ve kalça ekstansiyonunda azalmanın varlığını tespit etmişlerdir.^(18,19) Bir diğer yürüme analizi çalışmasında ise, patellası değiştirilen ve değiştirilmeyen total diz protezi uygulanmış hastalarda yürüme

paterni açısından bir fark tespit edilememiştir.⁽¹⁵⁾

iv. Serebral Palsi ve Yürüme Analizi:

Serebral palsy hastalarında, özellikle pediatrik yaş grubunda deformiteyi önlemek ve mobilizasyonu artırma amacıyla çeşitli ilaçlar, cerrahi dışı tedaviler, ortezler ve destek cihazları, ortopedik ve nöroşirürjik ameliyatlar uygulanmaktadır.^(28,11) Serebral palsy, yürüme analizinin dinamik patolojinin tespitinde ve tedavi planlamasında bugün için en sık kullanılan hastalık grubudur. Yürüme analizi öncesi, SP'li çocuklarda ameliyatlar, basamaklı olarak ayrı seanslarda yapılmaktaydı. Mercer Rang, bu durumu "doğum günü ameliyatları" olarak adlandırmaktadır. Buna göre çocuk ameliyat olur, sonraki bir yılı rehabilitasyonla geçirir ve ardından tekrar ameliyat olur ve bu durum böylece sürüp gider.⁽¹⁴⁾ Yürüme analizi, yürüme sorunun tümünü ortaya koyduğundan, tek cerrahi seansta alt ekstremitedeki sorunlar giderilebilmektedir. En sık uygulanan kas-tendon uzatma girişimlerinin belirlenmesinde ve sonucunun izlenmesinde, yürüme analizi kullanımı oldukça yol göstericidir.⁽¹⁰⁾

Yürüme analizi ile birlikte spastisite tespit edilen kaslara botulinum toksini uygulanması sonrası yapılan kontrol yürüme analizi ile uygulanacak ameliyatın etkinliği ortaya konulabilir. Yürüme analizi ile patolojik eklem dışındaki diğer eklemler de değerlendirilerek yapılacak girişimin potansiyel sonuçları da önceden öngörülebilir.⁽⁷⁾ Yapılan bir çalışmada yürüme analizinin SP'de cerrahi gereksinimini %20 azalttığı ortaya konulmuştur. DeLuca ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, yürüme analizinin klasik yöntemler kullanılarak konulan cerrahi endikasyonu, serebral palside %52 oranında değiştirdiğini bulmuşlardır.⁽¹¹⁾ Kay ve arkadaşları ise endikasyon değiştirme oranını %89 olarak bildirmişlerdir.⁽¹²⁾

Yürüme analizi ve botulinum toksininin birlikte kullanımının, cerrahi uygulama yaşını geciktirdiği ve ameliyat gereksinimini %40'lara varan oranda azalttığı gösterilmiştir.⁽⁷⁾

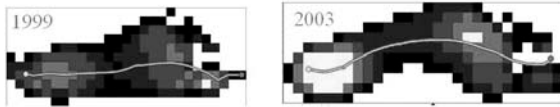
v. Pedobarografinin Ortopedik Kullanımı:

Yürüme analizinin bir tamamlayıcısı olarak plantar basınç ölçümü (pedobarografi), yürüme esnasında yer tepki kuvvetinin (ground reaction force) oldukça hassas bir şekilde ve noktasal olarak ölçülmesine olanak sağlar. Yere temas eden ayağın dinamik olarak ve objektif kriterler dahilinde oluşturduğu basıncın karşılaştırılmasını ve değer-

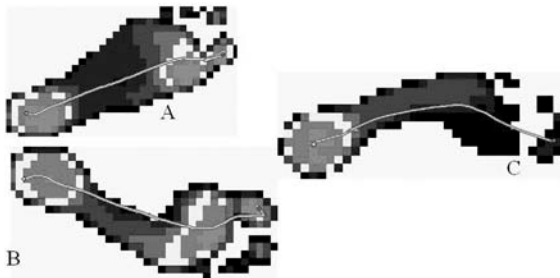
lendirilmesini sağlar. Klinikte sıklıkla, ayak mekaniğinin bozulduğu ve buna bağlı ayak tabanında ortaya çıkan patolojilerin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Ek olarak alt ekstremitenin aksiyel dizilimini etkileyen hastalıkların tanı, tedavi, ve takiplerinde de plantar basınç analizinin yeri vardır. Örneğin, birinci metatars altında basınç artışı olan bir diyabetik ayak hastasında, bu basınç artışının varlığı, ülser gelişmeden önce pedobarografi kullanılarak tespit edilerek önlem alınabilir. Her ne kadar diyabetik ayakta belli bir basınç seviyesinin ülser gelişiminde tek başına etkili olmadığı gösterilmişse de yüksek basınç bölgesinin bilinmesi önlem alma açısından oldukça önemlidir.^(4,20)

Pedobarografinin kullanıldığı hastalıklar arasında, pes planus, pes cavus, ayağın doğmalık şekil bozuklukları, diyabetik ayak, alt ekstremitte dizilim bozuklukları sayılabilir.

Normal ayak mekaniğini araştırma amacıyla da pedobarografi yaygın olarak kullanılmaktadır.^(16,22,23,24) Örneğin, ayak ön kısmının basınç dağılımının belirlenmesi amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmış ve uzun yıllar ayağın temas noktalarının topuk, birinci ve beşinci parmaklar olarak kabul edilen Kapandji görüşü pedobarografi sayesinde çürütülmüş, iki ve üçüncü metatars başlarının daha fazla yük taşıdığı gösterilmiştir.⁽²²⁾ Esnek pes planus'lu hastaların takibinde (şekil 2), kazanılmış pes planuslu hastanın tendon transferi öncesi ve sonrasında gösterilmesinde (şekil 3) veya artrodez uygulanan bir hastanın, yürüme döngüsünün duruş fazındaki değişik-

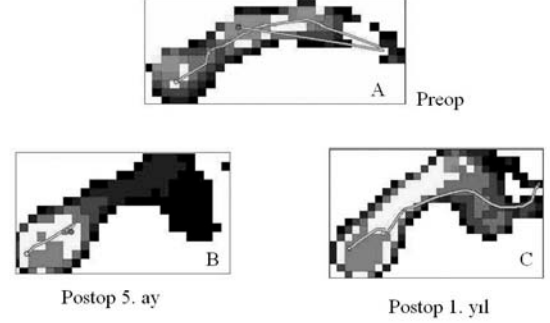


Şekil 2: 1999 yılında dört yaşında pes planus tanısı konulan erkek çocuğunun 2003 yılında medial arkının tedavi uygulanmadan gelişimi izlenmektedir.

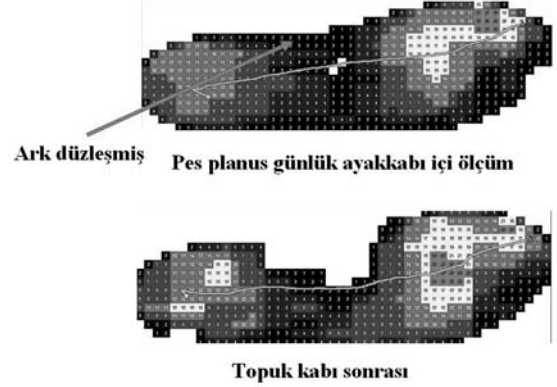


Şekil 3: 28 yaşında inflamatuvar artrit tanısı almış erkek hastada sol tibialis posterior tendon yetmezliği olan hastanın sol (a), sağ normal (b) ve tendon transferi sonrası arkin altıncı ayda tekrar oluştuğu izleniyor (c).

likleri (şekil 4) izlenebilmektedir. Ayakkabı içine yerleştirilen sensörler kullanılarak, ayağın ayakkabı içindeki durumu veya verilen ortezin etkisi gözlemlenebilir (şekil 5).



Şekil 4: Charcot-Marrie-Tooth hastalığı teşhisi olan 46 yaşında bayan hastanın üçlü artrodez uygulanmadan önceki pedobarografisi (a), ameliyat sonrası 5. ay (b) ve 1. yıldaki (c) basınç dağılımları izlenmektedir. Ameliyat öncesi, ayağın ortası ve lateraline basarak yürüyen hastada normale yakın bir yürüyüş paterninin 1. yılda geliştiği görülmektedir.



Şekil 5: Ayakkabı içi plantar basınç dağılımı ölçümü. Pes planusu olan hastanın günlük ayakkabı içerisinde medial arkin çökmüş olduğu ancak topuk kabı sonrası arkin oluştuğu izleniyor.

5. Yürüme Analizinin Sınırları:

Günümüzde yürüme analizinin de kendi içerisinde bazı sınırları ve kısıtlamaları vardır. Özet olarak:

- Yürüme analiz laboratuvarları yaygın değildir.
- Günlük yaşam aktivitesi sırasında yapılmadığından, esas yürüme performansı yansıtamamaktadır. Fonksiyonel açıdan yürüme sırasında birçok değişken olduğu bilinmektedir. Bu değişkenler de, adımdan adıma, saatten saate, günden güne hatta aydan aya değişkenlik gösterebilir. Ayrıca yürüme analizini yapan klinisyene ve enstitüye göre de ölçümler farklılık gösterebilmektedir.⁽¹³⁾
- Ölçümler uzun sürmektedir.
- Halen standart bir yöntem yoktur. Bu nedenle

farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Örneğin, kalça merkezinin yüzey işaretleyici ile işaretlenmesi sırasında 30mm yer değiştirmesi diz ve kalça açılarında ve momentinde %25 farklılığa neden olabilir.⁽²¹⁾

- Bu konuda eğitim görmüş bir ekip tarafından uygulanır. Bu nedenle pahalı bir işlemdir.
- Elde edilen veriler uzun, karmaşık, çoğu klinisyenin alışık olmadığı şekildedir.
- Amerika Birleşik Devletlerinde yürüme analizi bir klinik test olarak değil, bir araştırma yöntemi olarak görülmektedir.⁽¹³⁾

6. Yürüme Analizinin Geleceği:

Gelecekte yürüme analizinin, klinik kullanıma daha yaygın olarak gireceği tahmin edilmektedir. Bu gelişim, veri toplama sistemlerinin daha pratik hale getirilmesiyle ve daha da önemlisi, elde edilen kinetik ve kinematik verilerin işlenmesi için bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi ile olacaktır. İnternet ortamında hareket analiz laboratuvarlarının ortak çalışması, standart ölçüm yöntemlerinin belirlenmesi verileri daha standart hale getirecektir.⁽¹¹⁾ Verilerin yorumunun zor olması ve herkes tarafından daha anlaşılır ve kullanılabilir olabilmesi için verileri otomatik olarak analiz edip klinik tanı ve tedavi önerisi verebilecek bir yazılım üzerinde çalışılmaktadır.⁽¹⁶⁾ Verilerin eğlence sektöründe kullanılan 3 boyutlu animasyonlar halinde sunulması ve bunun sanal gerçeklik ortamında değerlendirilmesi tedavi etkinliğini daha görsel bir hale sokacaktır.⁽¹¹⁾

Yürüme analizi ölçümlerinin standart hale gelmesi, hızlı, yaygın ve kolay yorumlanabilir olması, gelecekte hareket sisteminde uygulayacağımız tedavi yöntemlerini daha bilimsel hale getireceği kesindir.

*Yazışma Adresi: Dr. Ulunay Kanatlı
Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim
Dalı,
06510 Beşevler - Ankara.
e-posta: ulunay@gazi.edu.tr*

Kaynaklar

1. Güler HC: Yürüyüş Analizi: Temel kavramlar ve uygulama. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y Güneş Kitabevi. Ankara, 2000: 401-426, 478-480
2. Perry J. Gait analysis; Normal and pathological function. Slack Company NJ, 1992

3. Barr AE: Biomechanics and Gait. In: Orthopaedic Knowledge Update 7, 31-37
4. Hurkmans H.L.P. ve ark. Techniques for measuring weight bearing during standing and walking, Clinical Biomechanics 2003, 18: 576-589
5. Biomechanics and Gait. Orthopaedic Knowledge Update 6 2001, 37-43
6. Minns R.J. The role of gait analysis in the management of the knee. The Knee 12 2005, 157- 162
7. Molenaers G ve ark. The Effects of Quantitative Gait Assessment and Botulinum Toxin A on Musculoskeletal Surgery in Children with Cerebral Palsy. JBJS 2006, 1(88-A): 161-170
8. Chambers H.G. ve ark. A Practical Guide to Gait Analysis. J Am Acad Orthop Surg 2002,10:222-231
9. Gage JR. Gait analysis in Cerebral Palsy 1991.
10. Gage JR, Novacheck TF: An update on treatment of gait problems in cerebral palsy. J Pediatr Orthop B 2001, 10:265-74,
11. DeLuca PA, Davis RB... et al: Alternations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis. J Ped Orthop 1997, 17:608-614
12. Kay RM Dennis S. et al: The effect of preoperative gait analysis on orthopaedics decision making. Clinical Orthopaedics and Related Research 2000, 372: 217-222
13. Simon SR: Quantification of human motion: gait analysis-benefits and limitations to its application to clinical problems. J Biomechanics 2004 37:1869-1880
14. Rang M: The Art and Practice of Children's Orthopaedics: Neuromuscular Disorders 1998, 534-582
15. Smith AJ, Lloyd DG, Wood DJ: A kinematic and kinetic analysis of walking after total knee arthroplasty with and without patellar resurfacing. Clin Biomech 2006, 21:379-86
16. Kanatlı U, Yetkin H, Yalçın N: The relationship between accessory navicular and medial longitudinal arch: Evaluation with a plantar pressure distribution system. Foot Ankle Int 2003, June: 24 (6): 486-9
17. Khazzam M, Long JT, Marks RM, Harris GE: Preoperative gait characterization of patients with ankle arthrosis. Gait Posture 20 2005.
18. Saari T, Tranberg R, Zugner R, Uvehammer J, Karrholm J: Changed gait pattern in patients with total knee arthroplasty but minimal influence of tibial insert design: gait analysis during level walking in 39 TKR patients and 18 healthy controls. Acta Orthop 2005, 76: 253-60
19. Saari T, Tranberg R, Zugner R, Uvehammer J, Karrholm J: Total Knee replacement influences both knee and hip joint kinematics during stair climbing. Int Orthop 2004, 28:82-86
20. Armstrong DG, Peters EJ, Athanasiou KA, Lavery LA: Is there a critical level of plantar foot pressure to identify patients at risk for neuropathic foot ulceration?. J Foot Ankle Surg 1998, 37:303-307
21. Stagni R, Leardini A et al : Effects of Hip joint centre mislocation on gait analysis results. J Biomechanics 2000, 33: 1479-1487
22. Kanatlı U, Yetkin H, Bolukbasi S Evaluation of the Transverse Metatarsal Arch of the Foot with Gait Analysis: Arch Orthop Trauma Surg 2003, May; 123 (4): 148-52
23. Morag E, Cavanach PR: Structural and Functional Predictors of Regional Peak Pressures Under the Foot During Walking.

- J Biomechanics 1999, 32: 359-370
24. Orlin MN, McPoil TG: Plantar pressure assessment. Phys Ther 80: 399-409, 2000.
 25. Trost J: Physical Assessment and Observational Gait Analysis. In The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. Ed Gage JR, Mc Keith Press, Suffolk, UK, 2004, pp. 71-89.
 26. Davis RB: The Motion Analysis Laboratory. In The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. Ed Gage JR, Mc Keith Press, Suffolk, UK, 2004, pp. 90-98.
 27. Schwartz M: Kinematics of Normal Gait. In The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. Ed Gage JR, Mc Keith Press, Suffolk, UK, 2004, pp. 99-119.
 28. Davis RB, Ounpuu S: Kinetics of Normal Gait. In The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. Ed Gage JR, Mc Keith Press, Suffolk, UK, 2004, pp. 120-133.
 29. Chambers HG, Rose J: Dynamic Electromyography. In The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. Ed Gage JR, Mc Keith Press, Suffolk, UK, 2004, pp. 134-145.
 30. Bermann G, Graichen F, Rohlmann A, Linke H : Hip Joint Forces During Load Carrying. Clin Orthop 1997, 33: 190-201
 31. Krebs DE, Robbins CE, Lavine L, Mann RW: Hip biomechanics during gait. J Orthop Sports Phys Ther 1998, 28:51-59
 32. Park S, Krebs DE, Mann RW: Hip muscle co-contraction: Evidence from concurrent in vivo pressure measurement and force estimation. Gait Posture 1999, 10:211-222
 33. Balanos AA, Colizza WA, McCann PD, et al : A comparison of isokinetic strength testing and gait analysis in patients with posterior cruciate-retaining and substituting knee arthroplasties. J Arthroplasty 1998, 13:906-915
 34. Stiehl JB, Dennis DA, Kormistek RD, Crane HS: In vivo determination of condylar lift-off and screw-home in a mobile-bearing total knee arthroplasty. J Arthroplasty 1999, 14: 293-299