



T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ ve TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

SEREBRAL PALSİLİ HASTALARDA MULTİLEVEL GEVŞETME AMELİYATININ OKSİJEN TÜKETİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Kadir ÇEVİK
UZMANLIK TEZİ

MERSİN - 2018



T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ ve TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

SEREBRAL PALSİLİ HASTALARDA MULTİLEVEL GEVŞETME AMELİYATININ OKSİJEN TÜKETİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Kadir ÇEVİK
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Abtullah MİLCAN

MERSİN - 2018

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca; meslek ahlakı, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, hocam olmasından onur duyduğum, tez ile ilgili çalışmalarım süresince yardımlarını benden esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Abtullah MİLCAN'a;

Uzmanlık eğitimim süresince bana bilgi ve tecrübelerini aktararak tıp ahlakı çerçevesinde elimden gelenin en iyisini yapmayı öğreten, hocalarım olmalarından daima onur duyacağım hocalarım; Prof. Dr. Fehmi KUYURTAR, Prof. Dr. Volkan ÖZTUNA, Prof. Dr. Cengiz YILMAZ, Prof. Dr. Metin Manouchehr ESKANDARİ, Prof. Dr. İrfan AYAN ve Prof. Dr. Mehmet ÇOLAK'a;

Hocalarımdan sonra asistanlık eğitimime en çok katkıyı yapan başta Uz. Dr. Egemen AYHAN olmak üzere tüm yan dal uzmanı abilerime, gece gündüz birlikte çalışarak birçok güzel anılarımız olan, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum asistan abilerim ve arkadaşlarıma;

Tez çalışmam süresinde çok emeği olan Prof. Dr. Uğur DAL, Dr. Öğr. Gör. Didem DERİCİ YILDIRIM, Arş. Gör. Dilan Deniz KOYUNCU ve Arş. Gör. Zeynep ALTINKAYA' ya;

Asistanlığım süresince hastane çatısı altında birlikte çalıştığım tüm hastane personeli arkadaşlarıma;

Beni büyütüp yetiştiren, bugüne kadar maddi ve manevi her türlü fedakârlığı yapan, bugünlere destekleri sayesinde geldiğim ve bir ferdi olmaktan gurur duyduğum, başta babam Mehmet ÇEVİK ve annem Hatice ÇEVİK olmak üzere tüm aileme;

Daima yanımda olan ve her zaman hayatta en büyük destekçim olan canım eşim Nadira ÇEVİK' e;

Ve beni destekleyen tüm yakınlarıma, dostlarıma ve arkadaşlarıma;

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Dr. Kadir ÇEVİK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	5
İNGİLİZCE ÖZET	7
GİRİŞ VE AMAÇ	9
GENEL BİLGİLER	11
GEREÇ VE YÖNTEMLER	55
BULGULAR	69
TARTIŞMA	75
SONUÇ VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	82
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	92
ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ	93
TABLolar DİZİNİ	95

ÖZET

Serebral Palsili Hastalarda Multilevel Gevşetme Ameliyatının Oksijen Tüketimi Üzerine Etkisi

Serebral Palsi, çoğunlukla yaşamın erken ve beynin organize olduğu dönemlerinde, gelişiminin henüz tamamlanmadığı ve plastisite potansiyelinin en yüksek olduğu evredeki ilerleyici olmayan bir hasar sonucu ortaya çıkan, kalıcı fakat değişime uğrayabilen hareket, postür ve tonus bozukluğuna yol açan ve bu duruma kognitif durum ve algı problemlerinin de eşlik edebildiği bir durum olarak tanımlanır. Bu çalışmada temel amaç; alt ekstremitte kontraktürü bulunan ve Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi (KMFSS)'ye göre evre 2 veya 3'teki puberte öncesi; multilevel gevşetme operasyonunu (kalça addüktör ve iliopsoas tenotomisi, hamstring ve diz fleksörlerinin tenotomisi ve fraksiyone uzatılması, aşıloplastisi) geçirmiş hastaların operasyon öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimlerinin ve 3 boyutlu yürüme analizi verilerinin karşılaştırılmasıdır.

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası enerji tüketimi ölçümleri indirekt kalorimetri yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bunun için hastalardan özel bir maske takmaları istenmiş olup, aldıkları ve verdikleri hava her nefeste örneklenmiştir. Yürüme analizi testi öncesi hastaların vücut kütle merkezi (VKM) ve topuklarına yansıtıcı özellikte 2 adet işaretleyici takılmıştır.

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası istirahat enerji tüketimleri (İET) kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Buna karşın, hastaların ameliyat öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimi ölçümleri karşılaştırıldığında, hastaların ameliyattan sonra istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az enerji harcadıkları ve O_2 tükettikleri fark edilmiştir ($p<0,05$). Yürümenin etkinliğinin değerlendirildiği bir başka parametre olan O_2 maliyeti (cost) ise ameliyat öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında; ameliyat sonrası ortalamasının istatistiksel olarak anlamlı derecede daha küçük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Hastaların ameliyattan sonra tercih ettikleri yürüme hızlarının, ameliyat öncesi tercih edilen yürüme hızından daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p>0,05$). Hastaların operasyon öncesi VKM işaretleyicisinin mediyolateral ve

vertikal yöndeki salınımları sırasındaki yer değişimleri (mm), operasyon sonrası verileri ile karşılaştırıldığında mediyolateral salınım (sağa-sola) ortalamasının azaldığı, vertikal salınım (yukarı-aşığı) ortalamasının ise arttığı fark edilmiştir. Ancak; operasyon öncesi ve sonrası olan bu söz konusu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p>0,05$).

Anahtar Kelimeler: Enerji tüketimi, Serebral palsy, multilevel gevşetme, yürüme analizi.



ABSTRACT

The Effect of Multilevel Relaxation Surgery on the Oxygen Expenditure in Cerebral Palsy Patients

Cerebral Palsy is defined as a condition generally exists during early periods of life when the brain organization occurred and growing was not finished yet, arised from a nonprogressive damage occurred in the stage of highest potential of plasticity, permanent but still changeable, causes movement, posture and tonus defects, which may also accompanied by cognitive and perception problems. The primary aim of this study, comparing the data of walking energy expenditure and 3 dimensional walking analysis of pre-puberty patients who have contracture of lower extremity contracture and in stage 2 or 3 according to the Gross Motor Function Classification System (GMFCS) undergone through multilevel lengthening (the hip adductor and iliopsoas tenotomy, the tenotomy and fractional lengthening of hamstring and flexors of knee of tenotomy, and Achilles tendon plasty) before and after operation.

The energy expenditure measurements of patients before and after surgery was done via indirect calorimetry. For this, patients were asked to wear a special mask, the inspired and expired air was collected breath-by-breath. Before walking analysis test, one marker to center of mass (COM) and two markers to each heel of patients. While comparing the resting energy expenditure (REE) of patients before and after surgery, it did not any statistically significant difference ($p > 0,05$). However, while comparing the walking energy expenditure of patients before and after surgery, patients were noticed to consume statistically less energy and expend less O_2 after surgery ($p < 0,05$). When comparing the O_2 cost, which is an another parameter for the evaluation of efficiency of walking before and after surgery, the mean after surgery was found to be statistically less compared to before surgery ($p < 0,05$). The preferred walking speed of patients after surgery was found faster compared to the preferred speed before surgery. However, the difference between the preferred speed before and after the surgery was not found statistically different ($p > 0,05$).

While comparing the oscillation of the displacement (mm) of the patients' COM marker in mediolateral and vertical directions before and after operation, the mean of the oscillation was decreased in mediolateral direction (right-left), but increased in vertical (up-down) direction. However, the difference between those above mentioned variables before and after operation was not found statistically different ($p > 0,05$).

Keywords: Energy expenditure, Cerebral palsy, multilevel lengthening, walking analysis



GİRİŞ ve AMAÇ

Serebral Palsi, genellikle yaşamın erken döneminde özellikle beynin organize olduğu evrede ve plastisitesinin en yüksek olduğu sırada; ilerleyici olmayan bir hasar sonucu ortaya çıkıp, kalıcı hareket, postür ve tonus değişikliklerine neden olan, kognitif ve algı problemlerinin de eşlik ettiği bir durum olarak tanımlanır. Yapılan çalışmalar serebral palsinin yaklaşık olarak %80 ihtimalle prenatal, %10 ihtimalle perinatal ve %10 ihtimalle de postnatal dönemlerde ortaya çıkan beyin hasarından kaynaklandığını göstermiştir. Etkenlerin ise genellikle multifaktöriyel olduğu fark edilmiştir. Serebral palsy etkilenen beyin bölgesi ve tutulum miktarı ile ilişkili olacak şekilde, hastada tüm veya alt-üst ekstremitelerin tutulduğu; buna bağlı olarak sıçrama, makaslama, bükük diz, genu rekurvatum ve geniş tabanlı yürüyüş gibi patolojik yürüme paternlerine neden olan bir hastalık olarak ortaya çıkmaktadır. Hastalığın daha ileri vakalarında görme, yutma, konuşma ve beslenme problemleri ile mental retardasyon da bu tabloya eşlik etmektedir. Özellikle hastanın yürümesini belirgin derecede değiştiren, değişen seviyelerdeki kas-tendon kontraktürleri; kas-tendon birimlerinin uzun kemiklerin büyümesini tam olarak takip edememesiyle açıklanmaktadır. Yumuşak doku patolojisinin yanı sıra, uzun kemiklerde torsiyon ve eklem instabilitesi de serebral palsy vakalarında oldukça yüksek bulunmuştur.

Ortopedik cerrahi ise, serebral palsili çocukların kas-iskelet sistemi patolojilerine bağlı olarak ortaya çıkan sakatlıkları ve aktivite kısıtlamalarını minimize etmede en büyük role sahip gibi görünmektedir. Ortopedik prosedürler daha çok ilerleyici kas-iskelet patolojilerinin çeşitli komponentlerini; tendon uzatma, tendon transferi, rotasyonel osteotomi ve eklem stabilizasyonu gibi protokoller ile çözmeyi amaçlar. Son zamanlarda; tek-adım (single-level) ameliyat yerini, 2 alt ekstremitedeki birçok seviyedeki kas-iskelet defektinin tek bir operasyon protokolü ile çözülmeye çalışıldığı multilevel gevşetme operasyonuna bırakmıştır.

Bu çalışmada temel amaç; alt ekstremitte kontraktürü bulunan ve Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi (KMFSS)'ye göre evre 2 veya 3'teki puberte öncesi; multilevel gevşetme operasyonunu (kalça addüktör ve iliopsoas

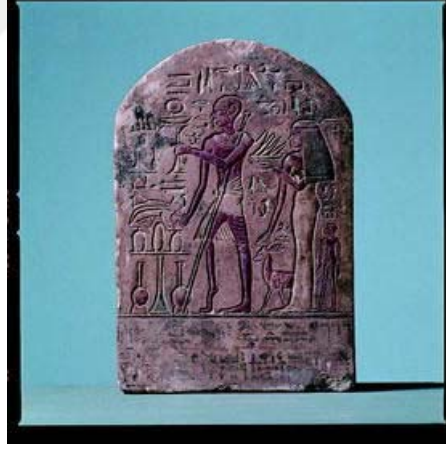
tenotomisi, hamstring ve diz fleksörlerinin tenotomisi ve fraksiyone uzatılması, aşıloplastisi) geçirmiş hastaların operasyon öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimlerinin ve 3 boyutlu yürüme analizi verilerinin karşılaştırılmasıdır. İlgili çalışmanın verileri; ortopedi alanında sıklıkla uygulanan multilevel gevşetme operasyonunun etkinliği hakkında son derece belirgin ipuçları verecektir.



GENEL BİLGİLER

SEREBRAL PALSİ

Serebral Palsi (SP), çoğunlukla yaşamın erken ve beynin organize olduğu dönemlerinde, yani gelişiminin henüz tamamlanmadığı ve plastisite potansiyelinin en yüksek olduğu evredeki ilerleyici olmayan bir hasar sonucu ortaya çıkan, kalıcı fakat değişime uğrayabilen hareket, postür ve tonus bozukluğuna yol açan ve bu duruma kognitif durum ve algı problemlerinin de eşlik ettiği bir durum olarak tanımlanır.¹ Aslında SP hastalığı tarihi insanlık tarihi kadar eski olup (Şekil 1), hastalık ilk olarak 1843 yılında bir ortopedi doktoru olan Francis William Little tarafından tanımlanmış ve o dönemde kendi adıyla yani "Little Hastalığı" olarak isimlendirilmiştir.^{2,4}



Şekil 1. Milattan önceki dönemlere ait bir tablette hemiplejik bir hasta görüntüsü

SP sıklığı ülkemizde 2006 yılında yapılan bir araştırmaya göre 1000 canlı doğumda 4,4 olarak hesaplanırken, pek çok ülkede bu oranın ortalama 1000 canlı doğuma yaklaşık 2-2,5 olarak olduğu kaydedilmiştir.⁵ SP tanımlanmasının üzerinden bir asırdan fazla zaman geçmesine ve çocuklardaki nörolojik bozukluğa bağlı sakatlığın en sık görülen sebebi olmasına rağmen dünyadaki insidansı halen bilinmemektedir.^{6,9} Özellikle prenatal ve perinatal bakımın

iyileşmesiyle birlikte CP görülme sıklığı da artmaktadır.¹⁰⁻¹² Bu duruma neden olarak da yeni doğan yoğun bakım ünitelerinin gelişmesi ile birlikte düşük doğum ağırlıklı ve prematüre bebeklerin yaşatılabilmesi ve yardımcı üreme teknikleriyle birlikte çoklu doğum sayısının artması gösterilmektedir. Etiyolojisinden birçok etkenin sorumlu olduğu düşünülmektedir. rağmen, günümüzde nedeni hala tam olarak bilinmemektedir.^{6,13}

Serebral Palsi Etiyopatogenezi

Serebral palsy, prenatal (doğum öncesi), perinatal (doğum esnasında) ya da postnatal (doğum sonrasında) beynin organize olduğu ve plastisitenin en yüksek olduğu ilk 2 yılda, etkilenen serebral korteksin ilerleyici olmayan hasarlanması sonrasında oluşur. Halen tartışılmakla birlikte genel kabul gören bilgi, beynin gelişimini 2 yaşa kadar devam ettirdiği yönündedir.¹⁴⁻¹⁶ Yapılan çalışmalar SP'nin yaklaşık olarak %80 ihtimalle prenatal, %10 ihtimalle perinatal ve %10 ihtimalle de postnatal dönemlerde ortaya çıkan beyin hasarından kaynaklandığını göstermiştir. Etkenlerin ise genellikle multifaktöriyel olduğu fark edilmiştir.

Prenatal sebepler sıralanacak olursa; intrauterin enfeksiyonlar (*Herpes*, *Toxoplasma*, *Rubella*, vb.), genetik bozukluklar, konjenital anomaliler, çoğul gebelikler, Rh uyumsuzluğu, preeklampsi, annenin madde kullanımı (sigara, eroin, vb.), annenin hastalıkları (obezite, hipo/hiper tiroidi, hipertansiyon, vb.), intrauterin büyüme geriliği, intrauterin anoksi (plasenta yetmezliği, anne hipo/hiper tansiyon), ilk trimesterde radyasyona maruz kalma gibi sebepler sayılabilir. Perinatal sebepler ise; anormal geliş, uzamış doğum, acil sezaryen ve plasentanın yerinden ayrılması olarak sıralanabilir. Ayrıca; prematürite (36 haftadan önce doğum), düşük APGAR (Appearance, Pulse, Grimace, Activity, Respiration) puanı, düşük doğum ağırlığı (2500 gr altı), hipoksik iskemik ensefalopati, travma, sepsis, intrakranial kanama, koagülopatiler, doğum sonrası mekanik ventilatör uygulanması, yeni doğan döneminde konvülsiyon görülmesi, genetik bozukluklar, hiperbillüribinemi gibi sebepler ise SP'nin bilinen perinatal sebepleri olarak sıralanabilir. Halen etiyolojisi bilinmeyen SP hastaları da mevcuttur.

Ülkemizde yapılan bir çalışmaya göre diğer ülkelerle kıyaslandığı zaman, akraba evliliği SP riski için önemli bir sorun olarak belirtilmiş ve ülkemizdeki SP için en önemli risk faktörleri düşük doğum ağırlığı, doğum asfiksisi, preterm doğum ve akraba evliliği olarak kaydedilmiştir.^{17, 18}

Serebral Palsi Etiyolojisi

Fetüste ve yeni doğan döneminde beyinde gelişen kanama ve iskemi sonrası oluşan hasar, erişkin beyinde gelişen hasara göre daha büyüktür ve gliosis yerine kist benzeri oluşumlarla sonuçlanır. Bunun sebebi olarak erişkin beyni beyaz cevherindeki astrosit sayısının, fetüstekine oranla yaklaşık 6 kat daha fazla olması gösterilebilir. Sonuç olarak da astrositlerin hasarlı bölgeye göçü olmadığı için, iyileşme kistik lezyonlar şeklinde görülür.¹⁹

Mikroskopik incelemede ise SP patofizyolojisindeki en önemli bulgu periventriküler lökomalazi (PVL) olarak tanımlanmıştır (Şekil 2). PVL'nin beynin iskemi-reperfüzyonun hasarını takiben veya fetüsü etkileyen enfeksiyona sekonder gelişen inflamasyona bağlı olarak, beyinde oluşan hasar sonucu oluşabileceği bildirilmiştir.²⁰

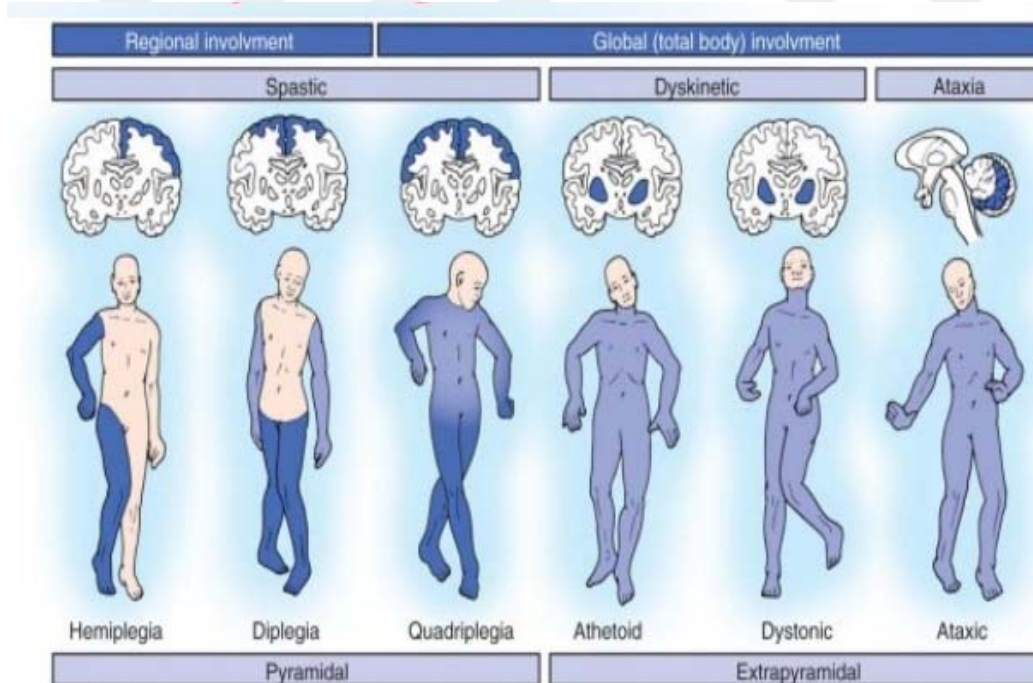


Şekil 2. Periventriküler lökomalazi

Serebral Palsi Sınıflandırılması

Serebral palsy hastalığının sınıflaması etkilenen beyin bölgesine (Şekil 3), etkilenmiş olan ekstremiteler sayısına, hareket bozukluğunun şekline (spastik veya diskinetik) ve tonus değişikliğine göre yapılmaktadır. Sınıflandırma ilk olarak 2000 yılında Avrupa Serebral Palsi Araştırma Topluluğu (SCPE) tarafından tonus ve hareket anormallliği baskınlığına göre yapılmıştır. İlerleyen yıllarda bu sınıflama geliştirilerek bugünkü sınıflandırma oluşturulmuştur. Bilindiği üzere serebellum lezyonlarında ataksi/hipotoni, kortekste lezyonlarda spastisite, bazal ganglion lezyonlarında ise distoni/atetozun hâkim olduğu görülür.^{21,22} Serebral palsy sınıflandırması aşağıdaki başlıklar şeklinde sıralanabilir:

- Ataksik/hipotonik tip
- Spastik tip (monopleji, paropleji (dipleji), hemipleji, tripleji veya tüm vücut tutulumu)
- Diskinetik (atetoid, koreik, koreatetoid, distonik)
- Mikst tip (sınıflandırılmayanlar)



Şekil 3. Etkilenen beyin bölgesine göre serebral palsy sınıflandırması²³

SEREBRAL PALSI TİPLERİ

Spastik Tip

Spastisite, pasif harekete karşılık olarak kasın gösterdiği fizyolojik direncin artması olarak tanımlanır. Beyin korteksindeki hasarlanma sonrasında meydana gelir ve en sık karşılaşılan SP tipi olarak kaydedilmiştir (%80). Spastik tip SP' de kas tonusundaki artışın yanında stereotipik hareket, kontraktür, aktif/pasif eklem hareket açıklığında azalma ve diğer birinci motor nöron hasarı bulguları (klonus, hiperrefleksi, ilkel refleksler) gözlenir.

Spastik serebral palside; quadripleji (tüm vücut tutulumu), dippleji (üst ekstremitelerde hafif, alt ekstremitelerde belirgin), hemipleji (gövdenin bir yarısının tutulumu) ve monopleji (tek ekstremita tutulumu) klinik tablolarından mutlaka birisi bulunur.²⁴⁻²⁶

Spastik Monopleji

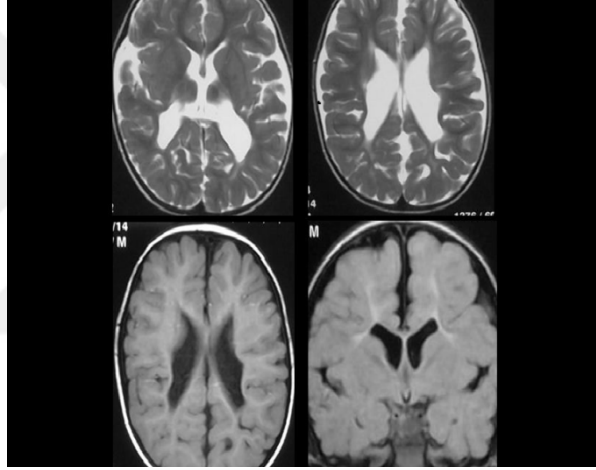
En az görülen SP tipi olarak kaydedilmiştir. Sadece tek üst veya alt ekstremita tutulduğu görülür ve kliniği genelde silik olup tanı konmamıştır.

Spastik Hemipleji

SP'nin en sık görülen tipidir. Vücudun bir yarısında spastisite ve anormal hareket gözlenir. Ancak, entelektüel gelişim açısından en iyi olandır ve vakaların %50'sinden daha fazlasının zekâ düzeyleri normal olarak kaydedilmiştir. Sağ tarafın sol taraftan daha sık olacak şekilde, üst ekstremitelerin ise alt ekstremiteden daha fazla olacak şekilde tutulduğu görülür. Vakaların %70-90'ına konjenital olduğu ve etkilenen hemisferde atrofi bulgularının olduğu fark edilmiştir. Genellikle strabismus, somatosensoryel disfonksiyon, algısal bozukluklar ve öğrenme güçlüğü de eşlik ettiği görülmüştür. Bu çocuklarda tipik hemiplejik duruş olan, el bileği, diz ve dirsekte fleksiyon ve ayakta plantar fleksiyon gibi, vardır ve genellikle yardımsız yürüyebilirler.²⁶⁻³¹

Spastik Dipleji

Little hastalığı olarak da bilinen SP tipidir. Gövde ile birlikte alt ekstremitelerin üst ekstremitelerden daha fazla etkilendiği tiptir. Spastik diplejili çocuklarda görülen; addüktörler, gastroknemius ve kalça fleksörlerinin spastisitesi nedeniyle ortaya çıkan yürüyüşe diplejik yürüme paterni denir. Bu hastalar ortalama 3 yaşında yürümeye başlarlar. Bu hastalarda görme defektleri, strabismusun eşlik ettiği göz bulguları, nöbet ve bilişsel bozukluklar da görülebilir. Spastik diplejili hastaların MR görüntülerinde periventriküler lökomalazi (PVL) tipiktir (Şekil 4).^{25, 28, 31}



Şekil 4. Periventriküler lökomalazi (PVL)

Spastik Tripleji

Çoğunlukla iki taraf alt ekstremitte ve tek taraf üst ekstremitte olmak üzere üç ekstremitte tutulumu görülür. Ayak bileği ekin pozisyonda ve makaslama yürüyüşü vardır.

Spastik Kuadripleji

Spastik SP'nin en ağır tipi olarak düşünülür. Zamanında doğan bebeklerde doğum asfiksisi veya çok immatür bebeklerde intravenriküler kanamaya bağlı olarak geliştiği gözlenir. Dört ekstremitte, baş, boyun ve gövde

tutulumu vardır. Başlangıçta bebek hipotoniktir, etkilenme ileri düzeyde ise bebeğin postür ve hareketleri spastisite nedeniyle engellenmiştir. Ekstremitelerin fleksiyonda ya da ekstansiyon pozisyonunda kaldığı gözlenmiştir. Bu çocukların yaklaşık olarak 2/3'ünün yürüyemediği görülmüştür. Görme, yutma, konuşma, beslenme problemleri ve mental retardasyon da sıklıkla görülür. Tutulum asimetric olabilir. Bu durumda, kontraktür ve deformiteler özellikle skolyoz ve kalça dislokasyonu daha fazla tutulan tarafta gelişir. Bunlara ek olarak, mikrosefali de görülebilir.^{26, 29-33}

Diskinetik Tip

Sıklıkla perinatal asfiksi, billüribin ensefalopatisi veya bazal ganglion hasarına bağlı eritroblastozis fetalis nedeniyle gelişir. Sarılık tedavisinin daha etkin tedavisi nedeniyle sıklığının azalmakta olduğu kaydedilmiştir. Diskinetik bozukluklar kendini ilk etapta hipotoni ile belli edip, ardından tonus değişkenliği gösterirken karakteristik ve istemsiz hareketler ortaya çıkar. Bu istemsiz hareketler korku, heyecan, yorgunluk ve stres anında artarken uyku esnasında düzeldiği gözlenmiştir. Derin tendon refleksi (DTR) normal ya da hafif artmış olabilir. Zekâ genellikle normal olmasına rağmen, hastanın iletişim kurmada zorlanması nedeniyle mental retardasyonla karıştırılabilir. Ekstrapiramidal hareket paternleri ile karakterize olduğu gözlenmiştir. Bunlar:

Korea: Ani, düzensiz ve sıçrayıcı hareketlerdir. Genellikle; baş, boyun ve ekstremitelerde görülür.³⁴

Atetoz: Yavaş, solucanımsı kıvrımlı, istemsiz hareketler olup özellikle ekstremitelerin distal kısımlarında görülür. Hem agonistik hem de antagonistik kaslar etkindir. Perioral kaslardaki koordinasyon bozukluğu nedeniyle anormal mimikler, dil ve konuşma becerilerinde gerilik ve salya akması görülür. Atetoid tip SP'nin izole görülmesi genellikle nadir olup, buna genellikle korea da eşlik eder.³⁴

Koreatetoid: Koreiform ve atetoid hareketlerin kombinasyonu şeklindedir ve çoğunlukla istemsiz, büyük amplitüdlü hareketlerdir.

Distoni: Kas tonisitesi çok artmıştır ve istemli hareketle artan, anormal postür veya yavaş ritmik postür değişikliği gözlenir. Gövdede ve ekstremitelerin proksimal kısımlarında daha belirgin olarak seyreder.^{31,35,36}

Ataksik-Hipokinetik Tip

Serebellum lezyonu nedeniyle görüldüğü için koordinasyonda bozukluk ile karakterizedir ve özellikle yürüme esnasında tablo oldukça belirginleşir. Yeni doğan döneminde bebek hipotoniktir. İki ila üç yaşından itibaren tonus düzelirken, ataksi belirgin hale gelir. Nistagmus, dismetri, hipotoni, ayrıca yürüyebilen çocuklarda geniş tabanlı yürüme görülür. El becerileri ve ince motor becerilerde de gerilik vardır. Yürüme 3 ila 4 yaşına kadar gecikebilir.³¹

Karma/Mikst Tip

Bu SP tipinde diskinetik tip ve spastik tipin birlikte görüldüğü tiptir. Genellikle atetozla birlikte spastik dipleji de görülür.

SEREBRAL PALSİNİN FONKSİYONEL SINIFLANDIRMASI

Serebral Palsi'nin çok çeşitli varyantları olması nedeniyle hiçbir sınıflama sistemi bu hastaları net olarak kategorize edememektedir.

Palisano ve arkadaşları motor tip ve topografiden farklı olarak SP hastalarının motor fonksiyonlarını değerlendirme amacıyla 5 basamaktan oluşan ve "Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi (KMFSS)" olarak adlandırılan bir sistem oluşturmuşlardır.³⁷ Soo ve arkadaşları ise buna ek olarak, bu sınıflandırma sisteminin kalça dislokasyonu tahmini açısından yol gösterici olduğunu bildirmişlerdir.³⁸

KMFSS 2-12 yaşlar arası SP'li çocukların motor fonksiyon tahminini sağlayan, ayrıca geçerli, güvenilir ve klinik olarak anlamlı sınıflandırmayı olanaklı kılan bir testtir. Yaş zayıf bir belirteç olmasına rağmen; fonksiyonel beceriler ve kısıtlılıklar göz önünde bulundurularak yapılan bu sınıflama, kaba motor fonksiyonlarının belirteci olma özelliğini taşır.³⁷⁻⁴⁰

Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi (KMFSS)

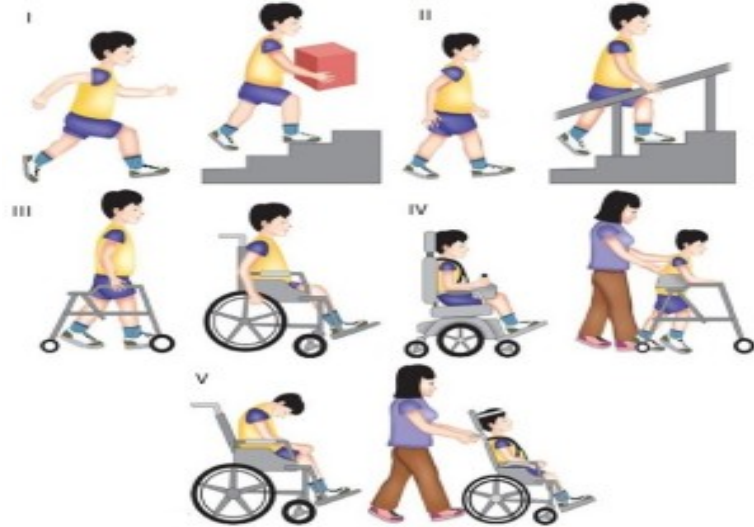
Seviye 1: Bağımsız yürüyebilir fakat ileri motor faaliyetlerde (zıplama, koşma vs.) sınırlılıklar mevcut (Şekil 5).

Seviye 2: Yardımcı cihaz olmadan yürüyebilir ama toplum içi mobilizasyonda sınırlılıklar mevcut. Seviye 1 den ayıran en önemli fark ise toplum içi mobilizasyonundaki kısıtlılıktır.

Seviye 3: Yardımcı yürüme cihazları ile yürüyebilirler. Tutunarak merdiven inip çıkabilirler.

Seviye 4: Yürümede belirgin sınırlılıklar mevcuttur, ancak tekerlekli sandalye ile mobilize olabilirler. Bu gruptaki hastalar desteksiz oturabilirler fakat yardımcı cihazlarla bile mobilize olamazlar.

Seviye 5: Yardımcı teknolojik cihazların kullanılmasına rağmen kendi kendilerine mobilize olamazlar. Bu gruptaki hastalarda amaç, motorlu tekerlekli sandalye kullanacak kadar motor beceri kazandırabilmektir.



Şekil 5. Şematize edilmiş Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi⁴¹

Serebral Palsi ile İlişkili Diğer Problemler

Epileptik nöbetler:

Epileptik nöbet SP'li hastaların yaklaşık yarısında görülür. Konvülsiyon özellikle hemiplejik ve quadriplejik tiplerde sık görülmesine karşın, diplejik ve atetoid tiplerde nadir görülür. Tedaviye dirençli bu konvülsiyonlar, mental gelişme gecikmesine de neden olurlar.^{32,33}

Mental Retardasyon

SP'li hastalarda en önemli ve en sık görülen problem olarak ortaya çıkmaktadır. Görülme sıklığı bazı ülkelerde % 75 olarak bildirilmekle birlikte ortalama %30-50 olduğu tahmin edilmektedir. Prematür doğan ve düşük doğum ağırlığına sahip çocuklarda ve quadriplejik hastalarda daha sık görüldüğü kaydedilmiştir.^{42, 43}

Dil ve Konuşma Bozuklukları

SP'li çocuklarda kortikobulbar traktusun tutulmasına bağlı olarak disartri, oromotor becerilerdeki bozukluk nedeniyle konuşma ve ses üretme zorluğu sıklıkla gözlenir. SP'li hastalarda özellikle faringeal kasların tutulumu sonrası görülen yutma güçlüğü, öğürme ve öksürme reflekslerindeki artış; yetersiz beslenmeye neden olmakta ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan erken çocukluk dönemi büyüme geriliğinin en büyük sebebi olarak gösterilmektedir.^{31, 44, 45}

Gastrointestinal Sistem Sorunları

Bu hastalarda gastroözafagial reflüye bağlı aspirasyon pnömonisi görülebilir. Kabızlık ve kusma; beslenme bozukluğuna yol açarken, bu sorunların quadripleik ve distanik tiplerde daha sık olduğu kaydedilmiştir.¹⁹

Solunum Sistemi Sorunları

SP hastalarında bronkopulmoner displaziye bağlı seyreden solunum güçlüğü ve pnömoniler de sık olarak görülmektedir.³⁵

Diş Problemleri

Bu hastalarda diş minesi problemleri, maloklüzyonlar, diş çürükleri ve jinjival hiperplazi görülebilir.³⁵

Görme Problemleri

Serebral palsili hastaların yaklaşık %40'ında görme problemleri görülebilir.⁴⁴

İşitme Problemleri

Bu hastaların bazılarında nörosensöryel tipte işitme problemleri görüldüğü kaydedilmiştir.³⁵

Üriner Sistem Problemleri

Serebral palsili çocuklarda inkontinans sık görülmekle birlikte idrar yolu enfeksiyonları ve nörojenik mesane de gelişebilmektedir. Bunun nedeni olarak da mesane kaslarındaki spastisite, ek olarak da iletişim ve mental durum bozukluğu gösterilmektedir.³⁵

Serebral palsili hastalarda yukarıda bahsedilen sağlık sorunlarına ek olarak davranış bozuklukları, uyku bozuklukları ve duyu algı bozuklukları da görülebilmektedir.^{31, 33, 45}

SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUĞUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Serebral Palsi şüphesi olan bir çocuğun değerlendirilmesi zordur ve muayene iyi bir anamnez almakla başlar. Hikâyede en önemli şey doğum öyküsüdür ve buna ek olarak doğum kilosu, doğum esnasındaki gebelik yaşı ve doğum sonrası komplikasyonlar da sorgulanmalıdır. Ayrıca, çocuğun yeni doğan yoğun bakım ünitesinde kalıp kalmadığı, mekanik ventilasyona ihtiyaç duyup duymadığı da sorgulanmalıdır. Eğer doğum öyküsü normal olarak değerlendirildiyse, mutlaka bir çocuk nöroloji uzmanı tarafından da görüş alınmalıdır.

Nörolojik Muayene

Serebral Palsili hastalar normal motor gelişim düzeyini geriden takip ederler. Bu nedenle muayeneyi gerçekleştiren kişi süt çocuğunun normal gelişim sürecini iyi bilmeli ve hastayı dikkatli bir şekilde muayene etmelidir.

Örneğin, küçük çocuklarda bir elin diğerine göre daha fazla kullanılması, özellikle sol elin daha sık kullanılması spastik hemipleji açısından ipucu oluşturabilir. Yine bir bacağını sürükleyerek emekleyen bir çocukta da, ipsilateral ekstremitayı tutan bir hemipleji açısından dikkatli olunmalıdır.

SP'li çocuğun muayenesini gerçekleştiren hekim, ilgili ekstremitenin artmış kas tonusunu hissetmeli ve ekstremita eklem açıklıklarını, özellikle anne kucağı gibi çocuğun rahat ve gevşek olduğu pozisyonda değerlendirmelidir. Eklem daha yavaş ve daha nazıkçe gerilmesiyle, daha geniş eklem hareket açıklığı elde edilebilir. İnce motor fonksiyonlar da iyi değerlendirilmelidir. Çocuğun eline bir oyuncak verilerek oyuncakla neler yaptığı dikkatli bir şekilde incelenmeli, çocuk oyuncak ile tek elle oynuyorsa o eli tutularak diğer eline oyuncak verilerek diğer elini kullanıp kullanmadığı gözlenmelidir.

SP'li çocuğun yürüyüşün klinik olarak incelenmesi esnasında ise tüm eklemlerin görülmesi gerektiği için çocuk çıplak ayak ve iç çamaşırı ile yürütülmelidir. Bu sırada, çocuk önden ve yandan gözlenerek muayene edilmeli, parmak ucu yürüyüşü, dizin yürüme esnasında rekurvatuma gidip gitmediği, kalça ve diz fleksiyonu ile çömelme yürüyüşü olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Serebral palsili hastalar agonist ve antagonist kasları istemli olarak kontrol edemediği için eklemleri birbirinden bağımsız olarak hareket ettiremez ve bu durum selektif motor kontrol bozukluğu olarak adlandırılır. Çocuk hareket etmek istediğinde bütün ekstremitelerini aynı anda oynattığı için de kas gücü izole olarak değerlendirilemez.

Çocuğun sakin olması kas tonusunu değerlendirmek için çok önemlidir. Çocuk sırt üstü veya yüz üstü pozisyonda yatarken kas tonusu azalabilmektedir. Spastisiteyi değerlendirmek için eklem sabit hızda pasif olarak hareket ettirilir ve hissedilen spastisite ve hareket bozuklukları, Ashworth Spastisite Skalasına göre

sınıflandırılabilirdi gibi, modifiye Ashworth spastisite skalası, Tardieu skalası, Burke-Fahn-Marsden distoni sınıflaması ve Barry-Albright distoni skalası da kullanılabilir. Ancak sıklıkla Modifiye Ashworth Skalası kullanılarak değerlendirilir.^{24, 35, 46-48}

Modifiye Ashworth Skalası

- 0** Tonus artışı yok
- 1** Hareket açıklığının sonunda yakalama ve gevşeme veya minimal bir direnç ile karakterize hafif tonus artışı mevcut
- 1+** Eklem hareket açıklığının yarıdan azı boyunca, minimal direncin izlendiği hafif kastonusu artışı mevcut
- 2** Kas tonusu tüm eklem hareket açıklığı boyunca ve daha fazla artmış, fakat eklemler kolayca hareket ettirilebiliyor
- 3** Pasif hareketi zorlaştıran belirgin tonus artışı mevcuttur
- 4** Etkilenen kısımlar fleksiyon ve ekstansiyonda rijittir.⁴⁹

Ortopedik Muayene

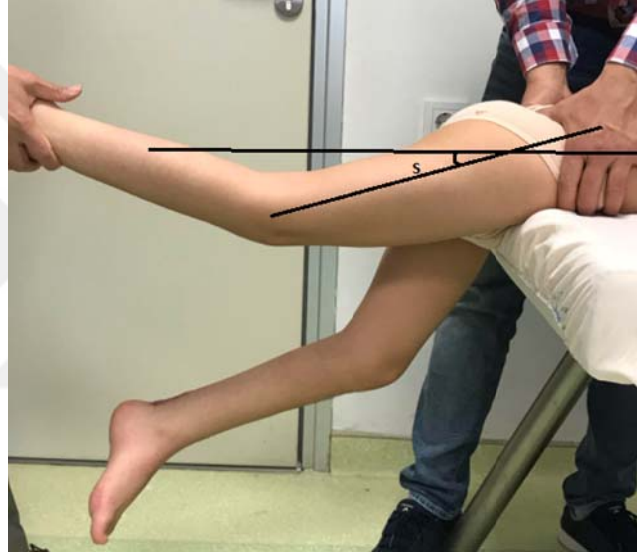
Serebral palsili bir çocuğun ortopedik muayenesinde çocuğun postürü, dengesi, oturup-kalkması, yürümesi ve eklem hareket açıklıklarına bakılır. Muayene yaparken ani ve sert hareketler esnasında spastisite artacağından, yavaş ve sakin hareketler yapmaya özen gösterilmelidir. Omurgada lomber lordoz, torakal kifoz veya skolyoz muayenesi, hasta yürüyebildiği takdirde ayakta, yürüyemiyorsa da sandalye veya sedyede gerçekleştirilir. Kalça çıkığı ya da skolyozu olan çocuklar sağa veya sola eğik şekilde otururlar.

Kalça Muayenesi

Serebral palside; kalça fleksörleri ve adduktorların, abduktor ve ekstensör kaslara göre daha fazla tutulduğu tespit edilmiştir. SP'li çocuğun kalça muayenesinde eklem hareket açıklığı, kalça çıkıklığı ve kontraktürü

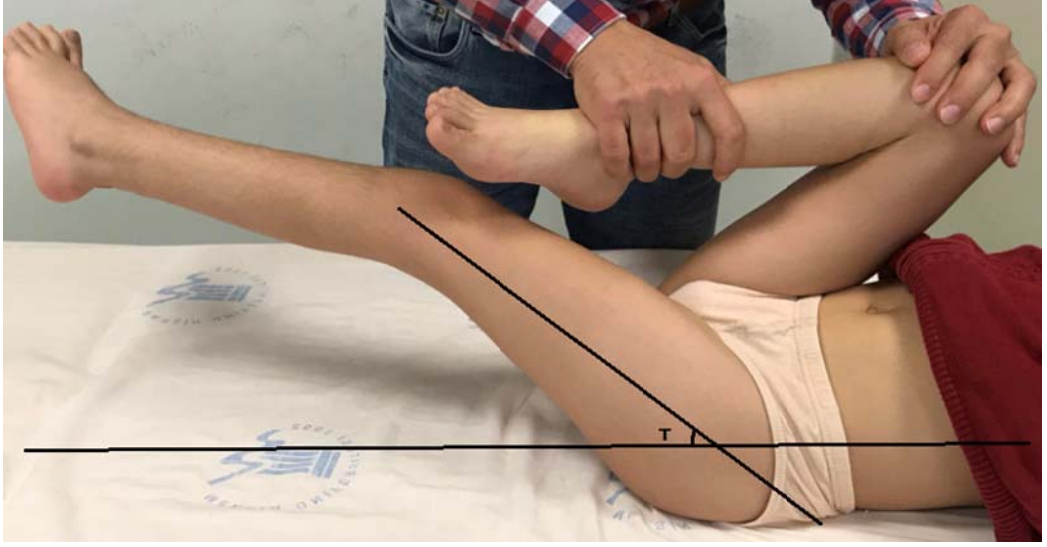
değerlendirilir. Kalça adduksiyon kontraktüründe kalçalar hem fleksiyon hem de ekstansiyon pozisyonunda iken ayrı ayrı değerlendirilmelidir.³⁵

Kalçanın fleksiyon kontraktürü Staheli ve Thomas testleri ile değerlendirilir. Staheli testi esnasında çocuk muayene masasına bacakları masadan sarkacak şekilde yüzükoyun yatırılır, pelvisi elle sabitlendikten sonra kalçalar birer birer ekstansiyona getirilir. Kalçanın tam ekstansiyona gelmediği durumda, uyluğun masa ile yaptığı açı ölçülerek fleksiyon kontraktürü belirlenir. Fakat SP'li çocuklar genelde bu teste uyum sağlayamazlar (Şekil 6).



Şekil 6. Staheli testi ile kalça fleksiyon kontraktürü ölçümü

Thomas testinde ise çocuk muayene masasına sırtüstü pozisyonda yatırılır ve her iki kalça ile birlikte diz fleksiyona getirilip, uyluk göğüse değdirilerek lomber omurga sabitlenir. Bu pozisyonda bir bacak sabit tutulurken diğer bacak ekstansiyona getirilir, bacağın tam ekstansiyona gelmediği durumda ise uyluk ile muayene masası arasındaki açı ölçülerek kalçanın fleksiyon kontraktürü belirlenir (Şekil 7).



Şekil 7. Thomas testi ile kalça fleksiyon kontraktürü ölçümü

Alt ekstremitenin rotasyonu ise hasta yüzüstü (prone) pozisyonda yataken değerlendirilir. Hasta prone pozisyonda yatarken dizler 90° fleksiyona getirilerek kalçanın iç ve dış rotasyonu değerlendirilir. Normal çocuklarda femoral anteversiyon yaklaşık olarak 15-20° olarak ölçülmüştür. Eğer femurun anteversiyonunda artış olursa kalça iç rotasyonunda artış, dış rotasyonunda ise azalma gözlenir. SP'li hastanın muayenesinde bir taraf kalçanın abduksiyon ve dış rotasyonda iken diğer kalçanın adduksiyon ve iç rotasyonda olmasına windswept (rüzgâr savurur tarzda) deformitesi denir.⁵¹

Diz Muayenesi

Hamstring kasları kalça ekleminin önünden, diz ekleminin ise arkasından geçtiği için kalçaya fleksiyon yaptırırken, diz eklemine ekstansiyon yaptırırlar. Medial hamstring kasları ise yürüme esnasında kalçada dinamik iç rotasyona neden olurlar.²⁴

Diz muayenesinde dizin fleksiyon ve ekstansiyon açıklığı değerlendirilir, diz tam ekstansiyona gelmiyorsa fleksiyon kontraktürü olduğu anlamına gelir ve popliteal açı ölçümü ile Duncan-Ely testi uygulanır.

Popliteal açı ölçümü ile hamstringlerin spastisitesi değerlendirilir ve sağlık bireylerde yaklaşık olarak 20-30° olarak kaydedilmiştir. Bu test yapılırken hasta

muayene masasına supin pozisyonda yatırılır ve muayene edilen kalça ve diz 90° fleksiyona alındıktan sonra diz tam ekstansiyona getirilmeye çalışılır. Bu sırada, bacak ile uyluk arasındaki açı popliteal açığı verir. 50° altında olan açılar anormal olarak kabul edilir (Şekil 8).



Şekil 8. Holt metodu ile popliteal açı ölçümü ile hamstring kası spastisitesi ölçümü

Duncan-Ely testi ile ise rektus femoris kası spastisitesi değerlendirilir. Hasta muayene masasında prone pozisyonda yatarken muayene eden kişi eliyle hastanın bir kalçasını sabit tutarken aynı taraftaki dizi fleksiyona getirilir. Kalçanın masadan yükselmesi rektus femoris kasının spastisitesini gösterir (Şekil 9). Ayrıca hasta supin pozisyonda yatarken, diz hızlı bir şekilde fleksiyona getirilirken direnç hissedilmesi de rektus femoris kası spastisitesi olduğunu gösterir.



Şekil 9. Duncan-Ely testi ile rektus femoris kası spastisitesi ölçümü

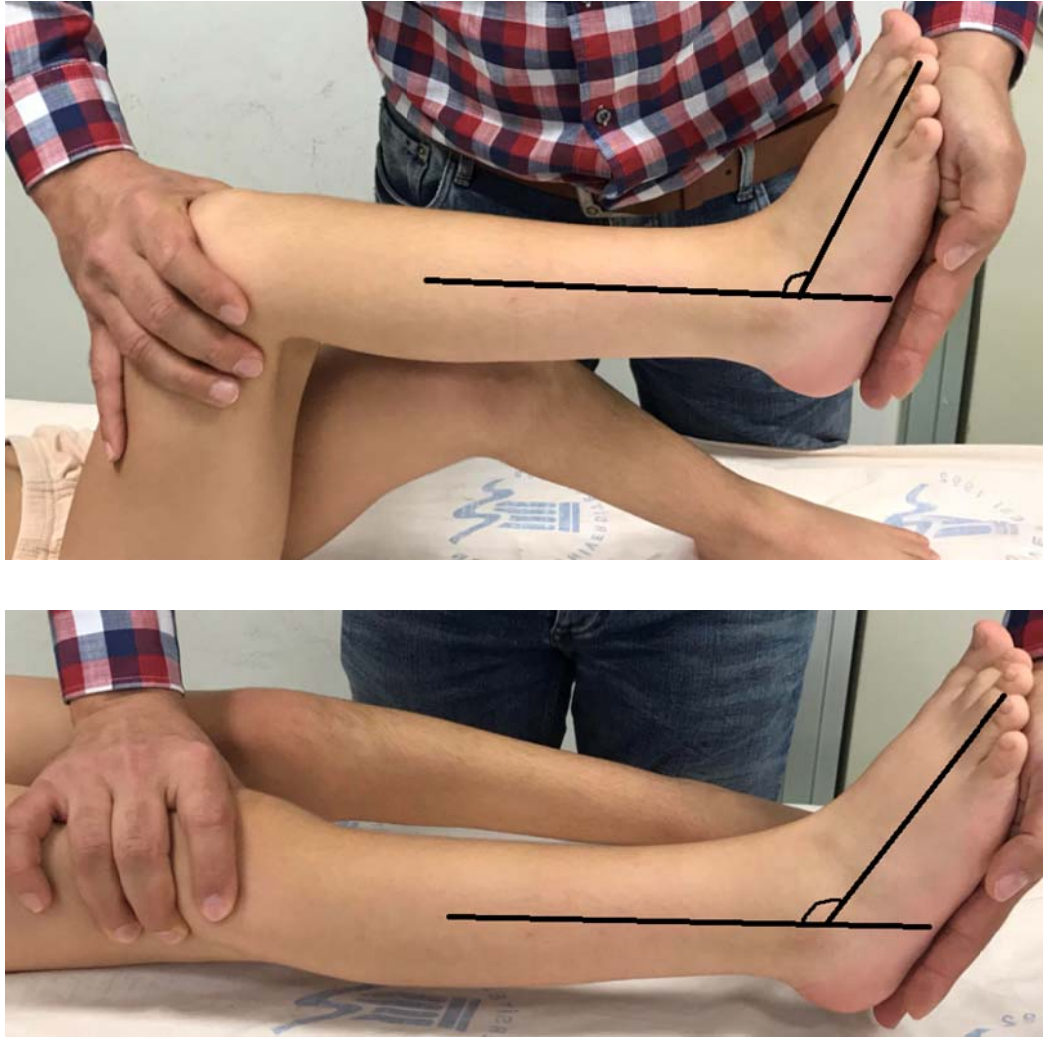
İleri derecede hamstring kontraktürü vakalarında fikse diz oluşabilir. Fikse diz oluşmuşsa hasta kalçasını fleksiyona getirmekte zorlanır ve sekonder lomber kifoz oluşturarak çökme pozisyonunda oturma postürü gösterir. Bu tip hastalarda ilaveten kalça ekstansiyonda iken dizler de ekstansiyona zorlanarak diz eklemi posterior kapsül gerginliğine bakılır. Eğer diz eklemi posterior kapsül gerginliği mevcutsa, sadece hamstringlerin gevşetilmesi ile diz fleksiyon kontraktürü düzeltilemez ve posterior kapsülün gevşetilmesi gerekir.

Ayak ve Ayak Bileği Muayenesi

SP'li çocuklarda ayak bileği muayenesi mutlaka yapılmalı ve dorsofleksiyon, plantar fleksiyon, subtalar eklemin varus ve valgus dereceleri ile ayak parmağı deformitesi olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Ekinus deformitesi; gastrosoleus kasının yürüme esnasındaki aşırı kasılmasına bağlı, dinamik plantar fleksiyon veya plantar fleksiyon kontraktürü

sonucu gelişen, ayak bileğinin artmış plantar fleksiyonu olarak tanımlanır. Ayak bileği dorsofleksiyonunu değerlendirilmesinde ayağın inversiyonda olmasına özen gösterilmeli, aksi takdirde ayağın subtalar eklemden valgusa kayarak triceps spastisitesini normalmiş gibi göstereceği akılda tutulmalıdır. Bazı durumlarda soleus normal kalıp, gastroknemius kası kısalabilir ve bu ayırım da Silferskiöld testi ile değerlendirilebilir (Şekil 10). Silferskiöld testinde ayak bileği dorsofleksiyonu dizin tam ekstansiyon ve 90° fleksiyon pozisyonunda iken ayrı ayrı değerlendirilerek gerçekleştirilir. Diz fleksiyonda iken ayak bileği pasif dorsofleksiyonu artıyorsa bu gastroknemius gerginliğine işaret eder.²⁴



Şekil 10. Silferskiöld testinde ayak bileği dorsofleksiyonu dizin tam ekstansiyon ve 90° fleksiyon pozisyonunda iken ayrı ayrı değerlendirilir

Ekin pozisyonundaki yürüyüş adım mesafesinde kısalmaya sebep olur. Ayak bileği ekinusu ilerleyen dönemde arka ayak varusuna ve orta ayakta kırılmaya neden olabilir. Ayak plantigrad gibi gözükabilir fakat kalkaneus ekinde ve talus başı medial tarafta çıkıntılı olduğu gözlenir. Ayağın valgus pozisyonuna bağlı olarak halluks valgus da ortaya çıkabilir.²⁴

Uzunluk Eşitsizliği

Alt ekstremitenin gerçek uzunluk farkı spina iliaka anterior süperior ile medial malleol arasındaki uzunluğun ölçülmesi ile saptanır. Dizde fleksiyon kontraktürü olduğu durumlarda ise uyluk ve bacak uzunlukları ayrı ayrı ölçülür. Alt ekstremitte uzunluk farkı en iyi olarak çocuk ayakta dururken spina iliaka posterior süperiorların seviyesine bakarak tespit edilebilir.

Üst Ekstremitte Muayenesi

SP'li hastaların üst ekstremitelerinde genellikle el bileği ve parmaklarda fleksiyon, ön kolda pronasyon ve dirsekte fleksiyon kontraktürü görülür. Eldeki fleksör gerginliği Volkmann açısı ile değerlendirilir. Volkmann açısı; el bileği fleksiyonda iken metakarpofalangeal (MP) ve interfalangeal eklemler tam ekstansiyona getirilerek, bir yandan da parmaklar tam ekstansiyonda tutulup el bileği dorsofleksiyona getirilmeye çalışılır. Bu sırada, el bileği ve önkol arasındaki açı fleksör gerginlik açısını verir. Distal interfalangeal (DİF) eklemlerde kısıtlılığın olması derin fleksörlerde, proksimal interfalangeal (PİF) eklemlerde kısıtlılık olması yüzeysel fleksör kaslarda spastisite olduğunu gösterir.⁵²

YÜRÜME TİPLERİ

Sıçrama Yürüyüşü: Diplejik ve bazı tüm vücut tutulumu olan SP'li hastaların tipik yürüyüş biçimidir. Kalçaların fleksiyon ve adduksiyonu, dizin fleksiyonu, ayak bileğinde ekinovalgus birlikte bacaklarda makaslama şeklinde yürüme şeklidir.⁴⁴

Makaslama: Sıklıkla tüm vücut tutulumu olan SP'li çocuklarda görülür. Kalçalarda addüktör spastisite hâkimdir ve çocuk bacaklarını açamaz, dizleri birbirine çarparak yürür.³⁵

Oraklama Yürüyüşü: En çok hemiplejik tiplerde görülür. Hasta kalça fleksiyonunu ve ayak bileği dorsofleksiyonunu gerçekleştiremez. İçer basarak yürüme paterni ise kalçanın iç rotasyonu, tibial torsiyon ve ayağın adduksiyon-supinasyon deformitesi sonucu oluşur. Femoral internal rotasyonda ise artmış femoral anteversiyon ya da uyluğun iç rotatuar kas spastisitesine bağlı olarak gelişir.⁴⁴

Bükük Diz Yürüyüşü: Diplejik tiplerde ve yürüyebilen tüm vücut tutulumu olan SP hastalarında görülür. Gergin olan hamstring ve kalça fleksörlerine karşın quadriceps ve triceps zayıflığına bağlı olarak oluşur ve yürümenin basma fazında artmış diz fleksiyonu görülür. Kalça ve dizlerde artmış fleksiyon, ayak bileğinde artmış dorsofleksiyon görülür.⁴⁴

Geniş Tabanlı Yürüyüş: Yürüme esnasında ayakların pelvis genişliğinden daha geniş açılması ile karakterizedir ve genellikle kalça adduktor kaslarının fazla uzatılması sonrası oluşur.⁴⁴

Genu Rekurvatum Yürüyüşü: Kuadriceps ve hamstring arasındaki dengesizliğe bağlı olarak yürüme esnasında dizlerde aşırı ekstansiyon gözlenmesi halinde ortaya çıkan yürüyüş tipidir.⁴⁴

Sert Diz Yürüyüşü: Diplejik tip SP'lilerde sık görülen bir yürüyüş tipidir. Yürüyüşün salınım fazında, rektus femoris kası spastisitesine bağlı olarak ortaya çıkan yetersiz diz fleksiyonundan kaynaklanır.

SEREBRAL PALSİDE ALT EKSTREMİTE SORUNLARI

Serebral Palsilide Kalça Sorunları

Serebral palsi hastalarında kalça adduktor kasların gerginliği nedeniyle yürüme esnasında bacaklarda makaslama görülür, dolayısıyla yürümenin salınım fazında ayağını yerden kurtaramaz ve diğer bacağına takılır. Kalça, diz ve ayak bileği kaslarının herhangi birinin spastisitesi ise sekonder olarak diğer eklemleri de etkileyebildiği için, bu hastaların tedavisini daha karmaşık hale getirir.⁵³

Kalça çevresindeki kasların spastisitesi, doğum esnasındaki yüksek femoral anteverسیونun fizyolojik olarak olması gereken azalmasına izin vermez ve kalçanın kaldıraç kolu yönünün değişmesine neden olur. Bu kaldıraç kolu yönündeki değişim de kalçanın fleksör ve ekstansör kaslarındaki dengesizliğin daha da bozulmasına neden olur.⁵³

Serebral palsili hastalar normal kas iskelet sistemi ile doğarlar, fakat kaslardaki gelişim iskelet sistemindeki gelişime uyum sağlayamaz, zamanla kaslar kısa ve gergin hale gelir ve ortalama 1 ila 7 yaşları arasında kalça çıkığı gelişir. Spastisite arttıkça deformiteler de artar, buna bağlı olarak kalça çıkığı riski de artar. Özellikle quadriplejik olan hastalarda kalça çıkığı riski çok yüksektir.⁵⁴

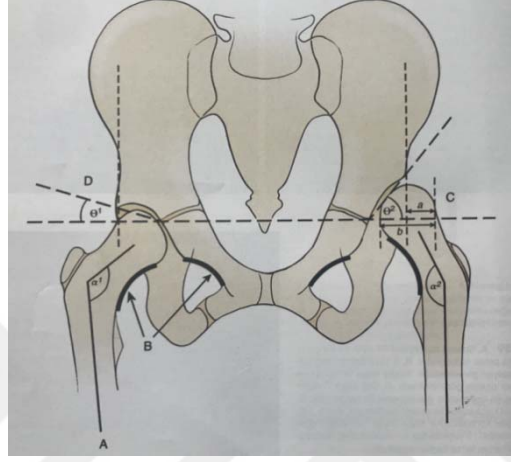
Serebral palsili hastalarda kalça problemleri önemli bir sorundur. Femur başının asetabulum tarafından örtünmesindeki azalma yarı çıkık, femur başının asetabulumla ilişkisinin tamamen kaybolması da çıkık olarak tanımlanır. Ambulatuvar hastalarda kalça çıkığı daha az görülür. Hiç yürüyemeyen hastalarda kalça çıkığı insidansı yürüyebilenlere oranla daha yüksektir. Kalça çıkığı ve yarı çıkığı oranı cinsiyetten bağımsız olarak % 2,6-28 arasındadır.⁵⁴

Kalça yarı çıkığı femur başının kademeli olarak lateralizasyonu ve proksimale migre olması olarak tanımlanır. Yarı çıkık kalçadaki spastik adduktor ve fleksör kasların, ekstansör ve abduktor kaslara üstünlük kurması sonucu oluşur.

Spastik kalça çıkığında kalça hareketleri kısıtlanır. Kalça abduksiyonu genellikle 30°'nin altındadır. Fleksiyon kontraktürü ve dış rotasyonda azalma ile birlikte iç rotasyonda da artış görülür. Spastisiteye bağlı kalça çıkığı; kalça ağrısı, oturma dengesizliği, pelvik obliklik, perine bakımında güçlük ve osteopeniye bağlı kırığa neden olmaktadır.

Ayrıntılı bir fizik muayeneden sonra radyolojik görüntülerle iskelet sistemi deformiteleri değerlendirilir. Direk grafide yarı çıkık/çıkık kalçada Shenton hattının bozulduğu ve femur başı lateral kısmında örtünmenin azalmış olduğu görülür. Direk grafide, spastisiteye sekonder gelişen deformiteleri değerlendirmek için Reimerin Migrasyon İndeksi, kolodiafizer açısı, asetabuler

indeks, asetabuler açı, femoral anteversiyon ve asetabulumun lateral kenarında erozyon gibi bulgular değerlendirilir. Özellikle yürüyemeyen çocuklarda, femoral anteversiyon ile asetabuler displazi gelişimi doğru orantılıdır. Kalça ekleminde çıkık ve yarı çıkığın değerlendirmesinde Reimerin Migrasyon İndeksi, asetabuler indeks açısından daha değerlidir (Şekil 11).⁵⁵



Şekil 11. Çıkık/yarı çıkık radyografi belirteçleri şematizasyonu (A. Boyun-cisim açısı, B. Shenton hattı, C. Reimers migrasyon indeksi, D. Asetabuler indeks)⁵⁰

Reimer'in Migrasyon İndeksi = 100 x femur başının örtünmeyen kısmı (mm) / femur başının çapı (mm)

Migrasyon indeksi:

< % 20: normal

% 20-32: riskli kalça

% 33-99: yarı çıkık kalça

> % 100: çıkık kalça olarak değerlendirilir.⁵⁶

2006 yılında Terjesen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada grafilerini ortalama 4,8 yıl takip ettikleri 76 ve henüz tedavi olmamış hastada; migrasyon indeksinin, asetabuler indeks açısı ve merkez açısı ile ilişkili olup, pelvik

obliklikle ilişkisiz olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca bu çalışmada, 5 yaşından küçük olan veya yürüyemeyen hastalarda migrasyon indeksindeki artışın daha hızlı olduğunu da göstermişlerdir.⁵⁷

Migrasyon indeksinde 1 yıllık süre içerisinde %10 dan daha fazla düşüş yarı çıkığın azaldığını, %10 dan daha az artışın ise kalça eklemine değişime neden olmadığını, %10 dan fazla artışın ise kalça eklemine çıkık gelişimine doğru ilerlediği anlamına ulaşılabilir.⁵⁷

Serebral palsili hastalarda kalça çıkığı tedavisinin amacı yürüyebilen hastalarda kalça ağrısını azaltmak ve yürümeyi kolaylaştırmak, yürüyemeyen hastalarda ise ağrısız, perine bakımını kolaylaştıran ve stabil oturmaya izin veren bir kalça elde etmektir. Yarı çıkık olan kalçalarda ise cerrahinin amacı çıkığı önleyebilmektir. Büyüme tamamlandığında kalçalar normale stabil kalacağı düşünülebilmektedir.⁵⁸

Miller ve arkadaşlarının yarı çıkık kalçalarda risk belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, migrasyon indeksi % 30'un altında olan yarı çıkıklarda ilerleme görülmezken, %60'ın üzerinde migrasyon indeksi olan kalçalarda çıkık geliştiğini, %30-60 arasında indekse sahip olanlarda ise çıkık riski olduğunu göstermişlerdir.⁵⁸

Yarı çıkık ve çıkık kalçalarda cerrahi seçenekleri, yumuşak doku cerrahisi, kalçaların redüksiyon/rekonstrüksiyonu ve kurtarıcı cerrahi girişimler olarak 3 ana başlığa ayrılır.

Riskli Kalçalarda Yarı Çıkık için Yapılan Yumuşak Doku Cerrahileri

Cerrahi tedavi çıkık ve yarı çıkığı önleme amaçlı yapılır. Yumuşak doku cerrahileri genelde 5 yaşından küçüklerde yapılır, kalça addüksiyon ve fleksiyon kontraktürü olup, kalça abduksiyonu 30°'nin altında olan, kalça fleksiyon kontraktürünün 45°'nin üzerinde olan ve migrasyon indeksi de % 30 un üzerinde olan hastalara yapılır. Kalça yarı çıkığına neden olan spastik kaslar adduktor longus, gracilis ve adduktor brevis kaslarıdır.⁵⁹

Yumuşak doku cerrahilerinde teknik olarak iliopsoas gevşetme/uzatma, adduktor gevşetme uygulanmakta ve amaç fleksiyon kontraktürünü 20°'nin altına indirmek, kalça abduksiyonunu da 40°'nin üzerine çıkartmaktır. İleri derecede kalça fleksiyon kontraktürü mevcutsa, özellikle yürüyebilen çocuklarda, iliopsoas kasi içerisinden sadece psoas tendonunun proksimalden gevşetilmesi ile kalça fleksiyon gücü kaybedilmeden, fleksiyon kontraktürü düzeltilebilir.⁵³

Serebral palsili hastalarda kalça muayenesinde rüzgâr savurur tarzda (windswept) deformitesine dikkat edilmelidir. Windswept deformitesi, bir kalçanın adduksiyon ve iç rotasyon pozisyonunda iken diğer kalçanın abduksiyon ve dış rotasyon pozisyonunda olması olarak tanımlanır. Skolyoz, kalça çıkığı ve pelvik oblisite windswept deformitesine neden olabilir.^{51,60}

Bilateral adduktor tenotomiden sonra abduktor kontraktür gelişebileceği unutulmamalı ve preoperatif değerlendirmede; tek taraflı kalça çıkığı olan hastalarda bilateral adduktor tenotomi planlanıyorsa, diğer tarafın abduktor kontraktür olup olmadığı da iyi değerlendirilmelidir.

Femoral Osteotomi

Migrasyon indeksinin % 30 dan fazla olduğu yarı çıkık kalçalarda tek başına yumuşak doku cerrahisi ile stabil bir kalça elde edilemeyeceği için, bu hastalara proksimal femoral osteotomi tedavisi de eklenmelidir. Proksimal femoral osteotomide, osteotomi öncesi iliopsoas ve adduktor tenotomi de yapılır, ardından osteotomi hattı intertrokanterik bölgeden kolodiazifer açı 90-100° olacak şekilde, tabanı medialde olan üçgen şekilli bir kama çıkartılarak tespit yapılır. Femoral varizasyon osteotomisi ile birlikte kas dengesizliğine neden olan femoral anteversiyon da düzeltilir. Artmış femoral anteversiyonun düzeltilmesi, hemiplejik hastalardaki transvers plandaki pelvik tilti de düzeltir. Femoral osteotomi sonrası heterotopik ossifikasyon, fiksasyon kaybı, kaynamama ve remodelling de görülebilir.⁵³

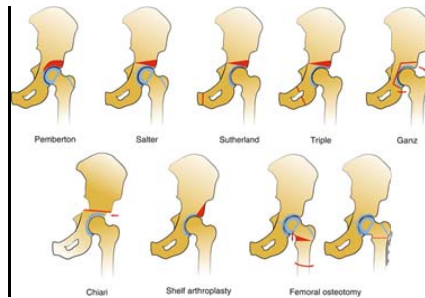
Kombine Femoral Varizasyon ve Pelvik Osteotomi

Yumuşak doku ameliyatlarına ek olarak, femoral varizasyon ve derotasyon işlemlerinin yetersiz olduğu durumlarda pelvik osteotomiler de tedaviye eklenebilir (Şekil 12). Pelvik osteotomi seçiminde, femur ve asetabulumun üç boyutlu anatomisi iyi değerlendirilmelidir. Osteotomiler arasında Salter ve Steel gibi asetabulumu yönlendirici osteotomiler, Shelf ve Chiari gibi asetabulumun hacmini arttıran osteotomiler ve Dega ve Pemberton gibi asetabulumu yönlendiren osteotomiler sıklıkla kullanılanlardır.

Dega Osteotomisi: Bu hastalarda posterior yetmezlik olduğu için en uygun osteotomi şekli Dega osteotomisidir. Dega osteotomisi, spina iliaka anterior inferiordan siyatik çentiğe doğru ve asetabulumun 3 boyutlu yapısına paralel olarak yapılan oblik bir osteotomidir. Osteotomi floroskopi altında eğri, osteotomla Y kıkırdağına kadar yapılır ve iliumun iç kenarı intakt bırakılır. Osteotomi sonrası, asetabuler yetmezliğin olduğu yere göre asetabulum yeniden şekillendirilerek araya greft yerleştirilir.⁶¹

Chiari Osteotomisi: Chiari osteotomisi, siyatik çentikten asetabulumun süperolateral köşesine doğru yapılan horizontal bir osteotomidir. Osteotomi hattının distali, mediale deplase edilir ve kapsül, iliumun lateral kenarının alt yüzeyini örter. Zamanla kapsülle örtülen kısımda fibrokartilaj metaplazi oluşur.⁶²

Shelf Asetabuloplastisi: Staheli tarafından 1981 yılında tanımlanan bu osteotomide, iliumda asetabulumun üst kenarı boyunca çentikler açılır ve bu çentiklere iliak kanattan alınan otogreftler yerleştirilerek çatı genişletilir. Böylece kalça stabilitesi arttırılır.⁵⁰



Şekil 12. Pelvik osteotomilerin şematize edilmiş hali

Nöromusküler displazilerde %37 posterior, %29 anterior, %15 midsüperior ve % 19 oranında da mikst asetabuler yetmezlik görülmektedir. Dolayısıyla, asetabuler yetmezlik çoğunlukla posteriorda olduğu için, anterolateral örtünmeyi sağlayan Pemberton ve Salter osteotomileri, nöromusküler kalça displazileri için uygun değildir.⁶³

Bu ameliyatlardan sonra, ameliyat öncesindeki fonksiyonelliğe ulaşılması yaklaşık 6 ayı bulmaktadır. Osteotomi yapılan hastalarda; heterotopik ossifikasyon, bası ülserleri, alçı çıkartılması sonrası kırık oluşumu, implanta bağlı ağrı gibi komplikasyonlar görülebilir. Bu komplikasyonlar, mobilize olmayanlarda daha fazla görülür.⁶³

Rekonstrükte Edilemeyen Hastalarda Cerrahi Tedavi

Yarı çıkık/çıkık kalçaların redüksiyonu, femur başında deformasyonun olmadığı durumlarda yapılır. Çünkü bu kalçalarda, redüksiyon ağrısı azaltmadığı gibi ağrının artmasına da neden olabilir. Femur başı deformasyonu olup kalça ağrısı, oturma güçlüğü ve perineal bakım güçlüğü gibi sorunları olanlarda; proksimal femur rezeksiyonu, kalça artroplastisi, proksimal femur valgizasyonu ve kalça artrodezi gibi ameliyatlarda yapılabilir.⁶⁴⁻⁶⁶

Kalça redüksiyonunun yapılmaması kararını vermek çok kolay değildir. Örneğin, kalçada artritik değişiklikler ile birlikte femur kondral yapılarda erozyon olması rekonstrüksiyon yapılmaması için önemli belirteçler olarak kabul edilir.⁶⁷

Proksimal Femur Valgus Osteotomisi

Proksimal femur valgus osteotomisi ile uyluk abduksiyonu artar, femur başı asetabulumdan uzaklaşır ve trokanter minör asetabulumuna yönelir. Cerrahiden sonra femur başı basısına bağlı bası ülserleri önemli bir sorun oluşturabilir.²⁴

Proksimal Femur Rezeksiyon Artroplastisi

Proksimal femur rezeksiyon artroplastisinde farklı yöntemler bulunmaktadır. Yöntem ilk olarak 1978 yılında Castle ve arkadaşları tarafından yaygınlaştırılmıştır. Günümüzde en sık Mc Hale tekniği ile femur başı rezeksiyonu ile birlikte, femoral valgus osteotomisi ve yumuşak dokunun interpozisyonu şeklinde uygulanmaktadır. Valgus osteotomisi ile trokanter minör asetabulumu yönelip yaslanarak postop traksiyon ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Rezeksiyonun daha proksimalden yapılması heterotopik ossifikasyon ve ağrı riskini daha da yükseltir.^{64, 65}

Total Kalça Artroplastisi

Total kalça artroplastisi, yürüyebilen, ayakta durabilen ve ileri evre koksartrozu olan hastalara uygulanır. Bu hastalarda posterior instabilite riski fazla olduğu için, asetabuler komponentin fleksiyonda yerleştirilmesi oturma esnasında kalça stabilitesini artırır. Total kalça artroplastisinin genç hastalarda gevşeme riski olması nedeniyle, diğer kurtarıcı ameliyatların uygulanamadığı veya başarısız olduğu durumlarda yapılmalıdır.^{24,68,69}

Kalça Artrodezi

Kalça artrodezi; ağrılı çıkığı olan, yürüyemeyen, ancak normal omurga dizilimi ve normal kontralateral kalça eklemine sahip hastalara uygulanır. Nöromusküler hastalığı olan hastaların artrodezi normal hastalara göre daha farklı pozisyonda yapılmalıdır. Nöromusküler hastalar genelde oturma pozisyonunda hayatlarını sürdürdükleri için, kalça artrodezi; 50°fleksiyonda ve 10° abduksiyon pozisyonunda yapılır.^{66,67}

SEREBRAL PALSİDE DİZ SORUNLARI

Serebral palside, iki eklemi etkileyen kasların spastisitesi ön planda olduğu için; kalça, diz ve ayak bileği deformiteleri birbirleri ile bağlantılıdır. Rektus femoris, hamstringler ve gastroknemius spastisiteleri, dizde deformiteye neden olduğu gibi kalça ve ayak bileğinde de deformiteye neden olabileceğinden, her eklem ayrı bir unsurmuş gibi değerlendirilmemelidir. Çünkü

eklemleri ayrı bir unsur gibi değerlendirmek, yanlış operasyon kararı alınmasına neden olabilir.^{70,71}

Diz Fleksiyon Deformitesi

Diz fleksiyon deformitesi en sık görülen diz deformitesidir. Bu deformite çok farklı mekanizmalarla gelişebileceği için dikkatli bir muayene yapılarak, tüm alt ekstremité kasları ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Diz fleksiyon deformitesi; kalça fleksiyon deformitesine sekonder olarak, gergin hamstring kasları veya zayıf kuadriceps kasına bağılı olarak ya da ayak bileğı ekin deformitesine sekonder olarak, ayrıca gereğınden fazla uzatılan ağıl tendonu sonucu ortaya çıkan triceps güçsüzlüğüne sekonder olarak ortaya çıkabilir.⁷¹⁻⁷³

Diz fleksiyonda iken yürüme esnasında çok fazla enerji harcanmasına neden olur. Hamstringlerin spastisitesi, pelvisin arkaya tiltine ve oturma esnasında hastanın sandalyeden kaymasına neden olur. Yürüme esnasında, duruş fazında ayağıın ilk yere temasında diz ekstansiyonu yetersiz kalır ve salınım fazının son evresinde de dizde yeterli ekstansiyon yapılamaz.⁵³

Fleksiyon spastisitesini değerlendirmede popliteal açı kullanılır. Dizde 10°'ye kadar olan kontraktürler yürümeye engel olmadığı için tedavi gerektirmez. Direk grafi yardımıyla, diz eklemine oluşturan distal femur, proksimal tibia ve patella değerlendirilerek, kontraktürün yapısal bir deformiteye neden olup olmadığı değerlendirilir. Cerrahi tedavilerinin oldukça farklı olması nedeniyle, diz kontraktürü ve hamstring spastisitesi birbirinden iyi ayrılmalıdır. Bu ayrım, kalça ekstansiyon pozisyonunda iken dizin ekstansiyona gelip gelmemesi ile yapılır. Eğer diz tam ekstansiyona gelebiliyorsa hamstring spastisitesi olarak değerlendirilirken, gelemiyorsa diz kapsül veya eklemi ilgilendiren bağılarda kontraktür olduğu anlamına gelir.^{70, 71}

Hamstringlerin aşırı uzatılması genu rekurvatuma neden olduğu için, hamstring kas gevşetmeleri parsiyel uzatma şeklinde yapılmalıdır. Diz fleksiyon deformitesine ek olarak, kalçalarda fleksiyon deformitesi veya ayakta ekin deformitesi olan hastalarda, sadece hamstring gevşetmesinin yapılması kontrendikedir. Hamstring kasları aynı zamanda kalça ekstansiyonunda da görev aldığı için, iliopsoastaki gerginliğe bağılı kalça fleksiyon deformitesinde

hamstring kası gevşetilmesi, pelvisin öne tiltinin daha da artmasına neden olur. Bunun sonucu olarak da lomber lordozda artışa neden olur. Dolayısıyla, koltuk değneği ile yürüme ihtimali olan bir hastanın, bu şekilde yürüme ihtimalini de kaybetme riski vardır.^{70, 71}

Hamstring kaslarının uzatılmasında kullanılan teknikler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hamstringlerin proksimalden uzatılması
- Hamstringlerin distalden fraksiyone uzatılması
- Rektus femorisin distale transferi (çömelik yürüyüşte).^{70, 71}

Hamstringlerin Uzatılması/Gevşetilmesi

Yürüyebilen hastalarda popliteal açının 45°'den fazla olması; kısa adımlarla yürüme, duruş fazının orta ve geç dönemlerinde dizin fleksiyonda kalması ile birlikte yürüyemeyen hastaların ayakta durma zorluğu olması durumlarında hamstring uzatması yapılır.

Teknik olarak semitendinosus ve gracilis tendonları Z plasti ile uzatılırken, semimembranosus kası fraksiyone uzatılır. İleri derece kontraktür olan durumlarda, biceps femoris kasına da fraksiyone uzatma işlemi uygulanır. Gerekli durumlarda semitendinosus tendonu femur distaline transfer edilebilir.^{70, 71}

Postoperatif bakımda, diz tam ekstansiyonda uzun bacak ateli uygulanır ve topuk bası yarası açısından dikkatli olunmalıdır. Siyatik sinirin aşırı gerilmesinden kaçınmak için, bacak elevasyona alınmamalıdır. İleri derece kontrakte olup tek seferde diz tam ekstansiyonda atelleme yapılamayan hastalara, seri alçılarla 4 haftada dizin tam ekstansiyonu elde edilir. Postop erken dönemde (4-6 hafta) aktif diz hareketlerine başlanılır.^{33, 70, 71, 74}

Triceps kasının uzun olup tricepsi uzatılan hastalarda ise genu rekurvatum gelişebilir. Rektus femorisin gergin olduğu durumlarda sert diz yürüyüşü görülebilme ihtimaline karşın, rektus femoris kasına gevşetme/transfer

uygulanmalıdır. Kalçada fleksiyon deformitesi ve ayak bileğinde ekin deformitesi olan hastalarda hamstringler gevşetilmemelidir.^{70, 71}

Diz Ekstansiyon Deformitesi

Diz ekstansiyon deformitesi, hem kalça hem de diz eklemini çaprazlayan rektus femoris kası spastisitesine bağlı olarak gelişir. Yürümenin erken salınım fazında aktif olması gereken rektus femoris kasının, tüm yürüme evresi boyunca aktif olmasına bağlı görülür. Yürüme esnasında, ayağın yerden kurtulabilmesi için gereken 60° diz fleksiyonu yapılamaz. Fizik tedaviye yanıt vermeyen olgularda cerrahi işlem uygulanır.⁷²

Rektus femoris kasının spastisitesi, prone Ely testi ile değerlendirilebilir. Bu hastalarda sert diz yürüyüşü (stiff-knee gait) görülür. Rektus femoris; proksimalden ve distalden gevşetilebilir, distalden diz arkasında sartorius, biceps, semitendinosus veya semimembranozusa transfer edilebilir. Transfer sonrasında, rektus femoris hem kalça hem de diz için fleksör kası haline gelir. Distal rektus femoris transferleri ile rektus femorisin proksimalden gevşetmelerinde yapılan yürüme analizi sonuçlarına göre, transfer yapılanlarda yürümenin salınım fazında elde edilen diz fleksiyonunun daha fazla olduğu ve ayağın yerden kaldırılmasının daha rahat olduğu gösterilmiştir.⁷²

Dizde Rekurvatum

Hamstring kaslarının kuvvetsizliği veya aşırı uzatılması, ayrıca kuadriceps spastisitesinin olduğu durumlarda görülebileceği gibi ayak bileği ekin deformitesine sekonder olarak da gelişebilir. Breys tedavisine yanıt vermeyen hastalar için kalçadan V-Y şeklinde kas uzatması önerilir. Ekin deformitesine sekonder olarak ortaya çıkan rekurvatum durumunda ise, deformiteye yönelik cerrahiler yapılır. Diz rekurvatum durumlarında, distal femoral ve proksimal tibial osteotomiler de uygulanabilir.^{72, 73}

Dizde Valgus Deformitesi

Dizde valgus deformitesi genelde kalça adduksiyon deformitesi ve iliotibial bant gerginliğine sekonder olarak gelişir. Gergin iliotibial bant

durumunda, iliotibial bant distalden Yount ameliyatı ile gevşetilir. Valgusun düzeltilmesinde femura suprakondiler bölgeden düzeltici osteotomi uygulanır.²⁴

Patella Çıkığı

Patella çıkığı ileri derece diz valgusunda ve kalçanın fleksiyon, iç rotasyon, adduksiyon durumunda gelişir. Kronik patella çıkığı durumlarında patolojiye göre patellar tendon transferi, valgusu düzeltici suprakondiler osteotomi ameliyatları uygulanabilir.²⁴

Patella Alta

Patella alta patellanın yüksekte yerleşmesi durumudur ve genellikle tedavi gerektirmez. Patella alta, rektus femoris spastisitesine eşlik eden hamstring kaslarındaki spastisite sonrası patellar tendonun uzaması sonrası gelişir. Direkt grafi ile tanı konabilir. Eğer diz ekstansiyonunda kayba neden oluyorsa, fleksiyon nedeni hamstringler ise öncelikle hamstring gevşetme, ardından da patellar tendon plikasyonu veya distale transferi işlemi uygulanır.

SEREBRAL PALSİDE AYAK VE AYAK BİLEĞİ SORUNLARI

Serebral palsy hastalarında en sık görülen ayak deformiteleri ekinus, ekinovalgus, ekinovarus ve artmış femoral anteversiyonu kompanzasyonu için gelişen tibianın eksternal rotasyonu olarak sıralanabilir.⁷³

Serebral palside en sık görülen spastisite olan triceps kas spastisitesi, ekin deformitesine ve parmak ucu yürüyüşüne neden olur. Ekin deformitesi olan hastalarda, yürümenin salınım fazında ayağın yerden kurtulması için kalça ve diz normalden daha fazla fleksiyona gelerek ya da pelvis fazla rotasyon yaparak ilerleme sağlanır. Basma evresindeki artmış plantar fleksiyon, tibianın ileri gidişine engel olarak yer tepki kuvvet (ground reaction force) vektörünün önde kalmasına bağlı olarak genu rekurvatuma neden olur.⁷³

Ekin deformitesinde etiyolojiyi belirlemek çok önemlidir. Çünkü dizinde fleksiyon kontraktürü olan bir hasta kompanzasyon amaçlı parmak ucunda yürüyor olabilir. Yanlış endikasyon ile yapılan aşıloplastisi, yürüme potansiyeli olan hastalarda geri dönüşümsüz deformitelere neden olabilir.

Silfverskiöld testi ile spastisitenin gastroknemius veya soleus kası kaynaklı olduğunun ayrımı yapılmalıdır. Diz fleksiyonda iken ekin pozisyonu düzeliyorsa sadece gastroknemius, diz fleksiyonu ile ekin pozisyonu düzelmiyorsa aşıl tendonu uzatılmalıdır. Anestezi uygulaması ile birlikte yapılan muayenede, ayak bileği ekin deformitesinde azalma görülmediyse, aşıl tendon uzatmasına ek olarak ayak bileği posterior gevşetme prosedürü de eklenmelidir.

Aşıl tendonu gerginliğinde öncelikle konservatif yöntemler denenmeli, aksi durumlarda cerrahi tedavi düşünülmelidir. 5 yaşından önce yapılan aşıl tendon uzatma operasyonlarından sonra rekürrens riski yüksek olduğundan, nüks ihtimalini azaltmak için cerrahi tedavi genellikle 5 yaşından sonra yapılır.^{24, 72}

Cerrahinin amacı, yürüyüş için gerekli olan 5-10°dorsofleksiyon ve 20-25° plantar fleksiyonun sağlanabilmesi. Aşıl tendonu, perkütan veya açık teknikle uzatılabilir. Aşırı uzatma ve güç kaybı riski, gastroknemius kasına yapılan muskületendinöz uzatmalarda, aşıl tendonu uzatmalarına göre daha düşüktür. Gereğinden fazla uzatılan aşıl tendonu yürümeyi zorlaştırarak enerji tüketimini artırır.⁵³

Aşıl tendonu kontraktüründe uygulanan cerrahi teknikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Aşıl tendon uzatılması (hoke, white)
- Aşıl tendonu kalkaneusa yapışma yerinin öne alınması (Throop)
- Gastroknemius tendonunun uzatılması (Vulpinus, Strayer)
- Gastroknemius başının femurdan gevşetilmesi (Silfverskiöld)
- Parsiyel tibial sinir nörektomisi

Hemiplejik serebral palsili hastalarda, tibialis posteriorun aşırı çekmesi sonrası ekinus deformitesine varus da eklenirken, spastik diplejili hastalarda ise gastrosoleusun aşırı çekmesine bağlı olarak ortaya çıkan ekinus deformitesine valgus da eklenir. Bu hastalarda aşıl tendonu uzatmasına ek olarak, tendon transferleri ve osteotomiler de gerekebilir.^{75, 76}

SEREBRAL PALSİDE ÜST EKSTREMİTE SORUNLARI

Serebral palsinin hemiplejik ve quadriplejik tiplerinde, üst ekstremitte sorunları görülür. Bu hastalarda genellikle elini yok sayma kadar ileri derece kabul edilebilecek duysal defektler olabilir. Hastaların zekâları ve entelektüel kapasiteleri iyi değerlendirilerek, ekstremiteleri işlevsel olan ya da işlevsel olabilecek hastalarda tedavi seçenekleri değerlendirilir. Kozmetik amaçlı veya hijyene yönelik cerrahi tedaviler de uygulanabilir. Bütün deformitelerin tek seansta düzeltilmesi amaçlanmalıdır.⁵²

Üst ekstremitte tutulumu olan serebral palsi hastalarında genellikle parmaklarda fleksiyon, el bileğinde fleksiyon, dirsekte fleksiyon, başparmakta fleksiyon ve addüksiyon, ön-kolda pronasyon, omuzda ise addüksiyon ve iç rotasyon deformitesi görülür.⁵²

Serebral palsili çocuklarda 6-9 yaşına kadar cerrahi önerilmemektedir. Bebeklerde ortezleme pek önerilmemekle birlikte, hastalar üst ekstremitenin kullanılması için teşvik edilmeli, iki eli de kullandıran oyunlara özendirilmelidir. Cerrahi 6-9 yaşından sonra planlanmalıdır. Zekâ düzeyi iyi olan, istemli olarak kavrama-bırakma yapabilen ve propriosepsiyonu iyi olan hastalarda cerrahide başarıda yüksek olmaktadır.⁵²

El Problemleri

El kontraktürü olan serebral palsili hastalarda normal el fonksiyonunu amaçlamak doğru olmaz. Bu hastalarda amaç, işe yarar kavramayı ve gevşemeyi sağlamak olmalıdır. Serebral palsi şüphesi olan çocuklar iyi muayene edilmeli ve el problemi saptanması durumunda erken dönemde tedaviye başlanmalıdır. En sık görülen deformiteler; ön-kol pronasyon kontraktürü, el bileği ve parmaklarda fleksiyon kontraktürü ve avuç içinde başparmak (Thump in palm) deformitesi olarak sıralanabilir. El deformitesi olan serebral palsili ve duyusu kötü olan hastalarda, cerrahi sonrası hasta elini reddedebileceği için duyu muayenesi çok önemli olmaktadır. İyi bir duyu muayenesi için iyi bir iletişim ancak 4 yaş civarında sağlanabilmektedir.⁵²

Omuz Problemleri

Serebral palside en sık omuz deformitesi adduksiyon ve iç rotasyon deformitesi olup, genellikle cerrahi gerektirecek kadar fonksiyonel bozukluğa neden olmaz. Cerrahi gerektiğinde de humerus rotasyon osteotomisi ve Fairbank prosedürü uygulanır.⁵²

Dirsek Problemleri

Dirsek kontraktürü açılmasında da amaç, tam ekstansiyonu sağlamaktan daha çok fonksiyonel açıklığı sağlamak olmalıdır. İleri uzanmaya engel olan ya da antekübital bölgede cilt problemine neden olabilecek dirsek fleksiyon kontraktürleri açılmalıdır. Kontraktür açılırken, nörovasküler yapıların yaralanmamasına ve aşırı gerilmemesine özen gösterilmelidir.

SEREBRAL PALSİDE DİĞER TEDAVİ METODLARI

Fizik Tedavi

Serebral palsili hastaların fizik tedavilerinde temel amaç, mevcut eklem hareket açıklığı (ROM) ve nöromüsküler kapasitenin korunması ve kontraktürün önlenmesidir. Spastisite tedavisinde germe egzersizleri her gün yapılır ve tedavinin süresi her bireyde farklılık gösterirken, spastisitenin azalmasına göre belirlenmektedir. Tedavi sonrasında hastanın öz bakımı için yeterli becerileri kazandırma ve çevresiyle olan bağıni kuvvetlendirme amaçlanmalıdır.^{22, 33}

Spastisite tedavisinde temel amaç, mevcut motor işlevleri üst düzeye çıkarmak, ağrı ve kontraktür gibi sekonder sorunları azaltmaktır. 6 yaşına kadar spastisite tedavisinde fizyoterapi, botulinum toksini, oral alınan ilaçlar ve ortez-protez uygulamaları yapılarak spastisite azaltılmaya çalışılır.^{30, 45}

İlaç Tedavileri

Botulinum Toksini: Clostridium botulinumdan elde edilen bir nörotoksindir ve sinir-kas kavşağında asetilkolin salınımını engelleyerek, sinir iletimini sekteye uğratır ve kaslarda paraliziye neden olup, distoni ve spastisiteyi

azaltır. Botulinum toksini; direk kas içine enjekte edilerek ağrılı kas spazmlarını azaltır, daha düzgün yürümeye olanak sağlar, germe egzersizlerini kolaylaştırır ve cerrahi tedaviyi geciktirir. Botulinum toksininin etkisi geçici olduğu için 3-6 ayda bir tekrarlanması gerekir. İlacın dozu 4-10 ünite/kg'dır ve bir seansta toplamda en fazla 400 ünite yapılabilir. Botulinum toksini sabit kontraktürde yararlı olmadığı için, sadece dinamik spastisitesi olan hastalarda kullanılmalıdır.^{51, 59}

Baklofen:Baklofen; GABA-B (gama amino bütirik asit) reseptörü antogonisti olduğu için beyin sapı ve spinal kordda etkilidir. Distonik hastalarda daha fazla fayda sağlarken, kaslarda rahatlama ve gevşemeye neden olur.^{51, 59}

İntratekal Baklofen: Baklofenin oral biyoyararlanımı zayıf olup, kan-beyin bariyerini geçmesi oldukça zordur ve konsatrasyonu arttıkça yan etkileri de arttığı için, doğrudan beyin-omirilik sıvısına verilmelidir. Yaygın spastisite nedeniyle yürümekte zorlanan, fizik tedavi ve oral ilaçlardan fayda görmeyen nonambulator ve öz bakım güçlüğü çekilen hastalarda uygulanır. Karına yerleştirilen infüzyon pompasına bağlı bir katater ile periyodik aralıklarla beyin-omirilik sıvısına baklofen pompalanır. Yüksek maliyeti ve menenjit gibi komplikasyonları olması nedeniyle hasta seçiminde özen gösterilmelidir.^{51, 59}

Benzodiazepinler:Santral etkili kas gevşeticilerdir ve post-sinaptik aralıktaki GABA'nın etkisini arttırarak etki ederler. Spastisite ve istemsiz kas spazmlarını engellerler.^{51, 59}

Selektif Dorsal Rizotomi

Alt ekstremitedeki spastisitenin, lumbosakral rizotomi ile tedavisi ilk olarak 1900'lü yılların başında Otfried Förster tarafından tanımlanmıştır ve L1-S1 arasındaki dorsal sinir köklerinin %50'si kesilerek uygulanmıştır. Genellikle alt ekstremitelerdeki spastisiteyi azaltmak amacıyla kullanılıp, kalıcı düzelme sağlar. Bu teknikte amaç, spastik kaslardan gelen geri dönüşleri engelleyerek spastisiteyi azaltmaktır. Bu yöntem 3-8 yaş aralığındaki, diğer tedavilerden fayda görmeyen, spastisitesi olup yürüme potansiyeli olan, zekâ durumu iyi olup fizik tedaviye uyumlu olan hastalara uygulanır.⁵³

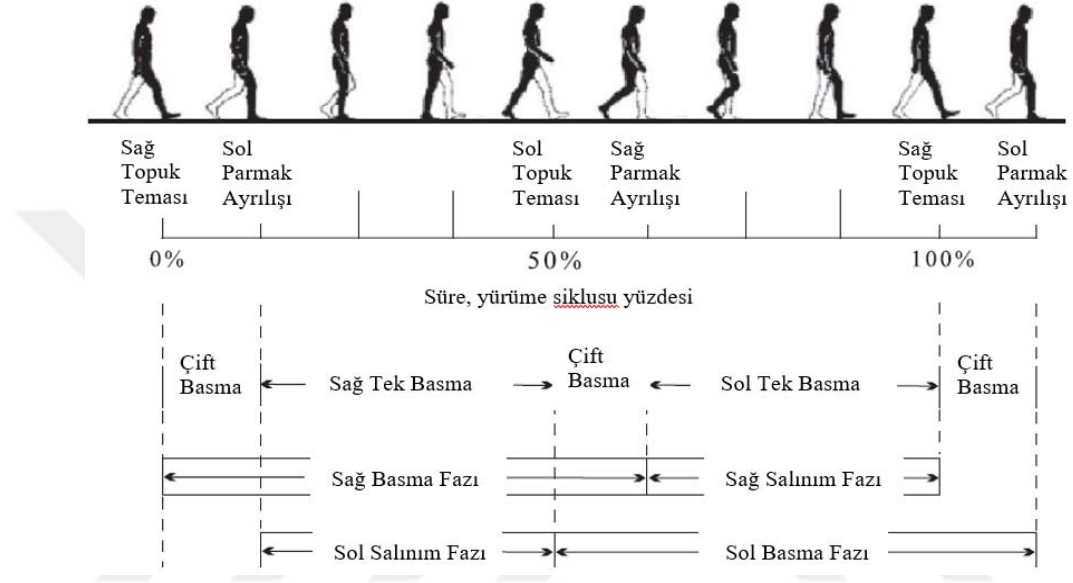
YÜRÜME

Yürüme, en az bir ayağın yerle temas edecek şekilde iki ayağın dönüşümlü olarak kullanıldığı ve vücudun desteklenmesine ve ilerlemesine olanak sağlayan birer hareket metodu olarak tanımlanabilir.^{77,78} Merkezi Sinir Sistemi (MSS) tarafından nispeten düşük seviyede ve üst merkezlerin çok dâhil olmadığı bir şekilde kontrol edilen yürüme, ekstremitelerde fleksör ve ekstansör kasların dönüşümlü olarak kasılıp gevşediği, kasılma şiddeti ve zamanlamalarının kusursuz olarak koordine edildiği bir yapıya sahiptir. Buna karşın, yürümenin gerçekleştiği çevrenin önceden tahmin edilemez bir takım çevresel şartları barındırıyor olması, yürümenin sürekli olarak ince bir şekilde modifiye edilmesini gerektirir.⁷⁹

Yürümenin birbirini takip eden hareketlerinden birinin ilk kez ve ikinci kez gerçekleşme anları arasındaki periyoda yürüme siklusu denir. Örneğin, yürüme sırasındaki topuk teması referans hareketi olarak seçilebilir. Sağ ayağın topuk teması, siklusun başı olarak kabul edilirken (% 0), sağ ayağın bir sonraki topuk teması siklusun sonu (% 100) olarak değerlendirilebilir. Bu hareketlerle eş zamanlı olarak, sol ayakta aynı hareket sırası, yarım siklus periyodu kadar bir zamanlama farkı ile takip eder.^{78, 79}

Bir yürüme siklusunda gerçekleşen topuk ayrılışı evresi, siklusu temel olarak basma ve salınım evreleri şeklinde ikiye böler. Basma fazı, ayağın yer ile temas halinde olduğu kısmı temsil ederken, salınım fazı ise ayağın yer ile temas etmeyip ileri doğru hareket ettiği, topuk ayrılışı ile başlayıp topuk teması gerçekleşene kadar devam eden ve yürüme siklusunun % 40'lık kısmını oluşturan evredir. Ayrıca, çift basma fazı adı verilen her iki ayağın da yer ile temas ettiği, basma fazının başında ve sonunda meydana gelen bir evre daha yer almaktadır. % 10 ilk çift basma sırasında ve % 10 ikinci çift basma sırasında olmak üzere toplamda yürüme siklusunun yaklaşık % 20'lik kısmında iki ayak da yere temas halindedir. Buna karşın, yürüme hızına bağlı olarak bu oran artıp azalabilir. Örneğin kişi daha hızlı yürüyorken, ayaklar daha çok salınımda kalırken, çift basma süreleri kısalır.^{77, 78, 80, 81}

Yürüme, yukarıda bahsedildiği gibi basma ve salınım fazı gibi temelde iki evreden oluşuyormuş gibi görünse de, esasında basma fazı; topuk teması, yüklenme, basma ortası, basma sonu ve salınım öncesi gibi 5 alt evreye, salınım fazı da; erken salınım, salınım ortası ve salınım sonu şeklinde 3 alt evreye ayrılabilir (Şekil 13).⁸⁰



Şekil 13. Yürüme siklusu ve evreleri

Yürüme Analizi

Yürüme analizi, temel olarak insanda yürümenin sistemli bir şekilde ölçüldüğü ve değerlendirildiği bir ölçüm metodudur.⁸² Bu analiz metodu neticesinde, birey yürüdüğü sırada, yürümenin tüm fazlarına ait kinetik ve kinematik veriler ölçülür, bireyin kas-iskelet sistemi nicel olarak yorumlanabilir. Özellikle sağlık uygulamalarında, hem tanı koyulması hem de rehabilitasyon süreçleri esnasında, yürüme analizi etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.⁸³ Örneğin, sağlık alanında ilk uygulamaları serebral palsi hastası çocukların, ortopedik operasyon veya dorsal rizotomi sonrası veya botulinum toksini enjekte edilen veya ortez kullananların yürümeleri araştırması sırasında gerçekleşmiştir.^{77,78} Yürüme analizi, günümüz klinik uygulamalarında farklı hasta gruplarında yürüme farklılıkları, çocuklarda yürümenin gelişimi, yaşlılığa

bağlı yürüme bozukluklarının araştırılması amacıyla sıklıkla tercih edilen bir yöntem halini almıştır.

Yürüme Analizi Yöntemleri

Kinematik Yürüme Analizi

Vücut bölümlerinin ve eklemlerin açıları, yer değişimleri, hızları ve ivmeleri değişkenleri yönünden incelendiği analiz metodu, yürümenin kinematik analizi olarak adlandırılır. Bu ölçümler tek bir kamera ile 2 boyutlu yapıldığı gibi, birden fazla kamera kullanarak 3 boyutlu olarak da gerçekleştirilebilir. 2 boyutlu yürüme analizi ölçüm yöntemi perspektif hataya daha müsait olması ile yerini günümüzde 3 boyutlu yürüme analizi ölçüm metotlarına bırakmıştır.⁷⁸

3 boyutlu yürüme analizi

3 boyutlu yürüme analizini gerçekleştirilmesi öncesi bireyin hareket edeceği hacmin ölçüleri sisteme tanıtılarak, sistem kalibre edilir. Kalibrasyon için ortamda uzaklığı bilinen bir nesnenin uzunluğu sisteme girilebilirken, uzunlukları bilinen kalibrasyon aparatlarının yardımı ile de yürüme analizi sistemi kalibre edilebilir. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra, kayıt sırasında en az 2 kameranın kaydedebildiği herhangi bir noktanın 3 boyutlu olarak pozisyonu takip edilip; ilgili noktanın yer değişimi, hız, ivmelenme gibi veriler elde edilebilir.⁷⁸

Yürüme analizi sırasında bireyin üstüne takılan işaretleyiciler (marker) yardımı ile sistem tarafından hareketin tekrar 3 boyutlu olarak oluşturulması sağlanır.⁸⁰ Burada kullanılan işaretleyiciler üzerine vuran ışığı geri yansıtan, pasif nitelikte olabileceği gibi, direk ışık yayan, aktif şeklinde de tercih edilebilmektedir. Pasif işaretleyiciler için harici kızılötesi ışık kaynakları tercih

edilebilirken, aktif işaretleyicilerin her biri LED(ışık yayan diyot) ışık kaynağıdır.⁸⁴ Bunun yanı sıra, hangi işaretleyici grubu tercih edilirse edilsin, analiz öncesi işaretleyicilerin birey üstüne doğru yerlere sabitlenmesi, tutarlı bir yürüme analizi son derece önemlidir. Vicon Clinical Manager, Davis, Gage ve Modifiye Helen Hayes gibi farklı amaçlara yönelik yerleşim yöntemleri bulunmakla birlikte hepsinde temel olarak bazı anatomik bölgeler veya kemik çıkıntıları referans olarak kullanılır.⁷⁸ Bu yöntemlerden bazılarında işaretleyici direk bireyin derisi üstüne sabitlenirken, bazılarında ise üstünde en az 3 işaretleyicinin sabitlendiği aparatların vücut bölümlerine direkt olarak yerleştirilmesi ile gerçekleşir.⁷⁷

Kinetik Yürüme Analizi

Yukarıda bahsedildiği gibi yürümenin kinematik analizinin yanı sıra, yürümenin kinetik analizinde hareketin gerçekleştirilmesi sırasında meydana gelen kuvvet ve momentler ölçülür. Örneğin yer tepki kuvveti, yürünülen zemin tarafından ayağa uygulanan ve yürüme analizi sırasında ölçülen en önemli kuvvetlerden biridir.⁸⁵ Yer tepki kuvveti vücut ağırlığına eşit bir vektör olup ters yöndedir.⁷⁸ Kuvvet platformları, yer tepki kuvvetini ölçmek için yürüme analizi laboratuvarlarında sıklıkla kullanılan ölçüm metodudur.⁷⁷ Kuvvet platformlarına ek olarak; pedobarografi, elektromiyografi (EMG), akselerometre, potansiyometre gibi yöntemler de kinetik yürüme analizi çalışmalarında kullanılan diğer yöntemler olarak ortaya çıkmaktadır

Yürümenin Temporal ve Spasyal Değişkenleri

Yürüme sırasında zamanla birlikte değişkenlik gösteren verilere temporal parametreler olarak adlandırılıp, yürüme hızı ve adım sayısı (kadans) temporal parametrelerdir. Buna karşılık; adım uzunluğu ve adım genişliği gibi konuma bağlı olarak değişkenlik gösteren parametreler, spasyal parametreler olarak adlandırılır.

Bir dakikalık yürüme süresince atılan adım sayısı kadans olarak isimlendirilir. Ancak, yürüme analizi ölçümlerinde kadans yerine çoğunlukla çift adım sayısı verisi tercih edilmektedir. Çift adım sayısı, bir dakikalık yürüme boyunca tamamlanmış yürüme siklusu sayısına karşılık gelir.^{77, 78} Temel olarak adım sayısı parametresi, bireyin alt ekstremité uzunluğundan oldukça etkilenen

bir parametre olup, uzun bireylerin kadansının genellikle kısa boylu bireylere oranla daha az olduğu tespit edilmiştir. Örneğin kadınların ortalama olarak erkeklerden daha kısa olması kadanslarının genellikle erkeklerden fazla olmasına neden olur.⁸⁶

Adım uzunluğu ise bir ayağın salınım fazı boyunca aldığı mesafeyi tanımlamak için kullanılır. Çift adım uzunluğu ise, sağ adım uzunluğu ve sol adım uzunluğu olmak üzere toplamda bir yürüme siklusu süresince katedilen mesafedir.^{77, 78}

Adım genişliği ise yürümenin çift basma evresinde, iki ayağın topuklarının ortasından geçtiği varsayılan eğriler arasındaki mesafeyi ifade eder. Bu mesafeyi ifade etmek için genellikle milimetre (mm) birimi kullanılır.

Normal bireylerde, adım genişliği pelvik genişliğin yarısından daha az bir mesafeye sahip olarak ölçülmüştür.^{77, 78, 87}

Yürümenin en önemli temporal parametrelerinden olan yürüme hızı ise yürüme sırasında bireyin katettiği mesafenin zamana bağlı olarak ifade edilmesidir. Yürüme analizi ölçümlerinde genellikle m/sn cinsinden ifade edilir.

Değişen koşullar içeren yürüme ortamında bilinen en iyi adaptasyon mekanizması yürüme hızının değiştirilmesi ile sağlanır.⁷⁸

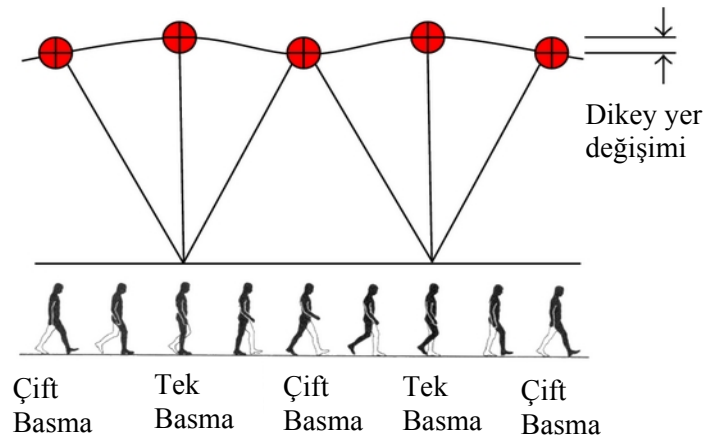
Uzun yıllar gerçekleştirilen yürüme analizi uygulamaları neticesinde, bireylerin dar bir aralıktaki yürüme hızlarında yürümeyi tercih ettikleri fark edilmiştir.⁸⁸ Bireylerin yürüme sırasında tercih ettikleri yürüme hızı, yürüme analizi uygulamalarında tercih edilen yürüme hızı (TEYH) olarak adlandırılır ve yürüme sırasındaki enerji sarfiyatının optimize edildiği yürüme hızıdır.^{89, 90}

Yürüme Sırasında Vücut Bölümlerinin Hareketi

Yürüme sırasında gövde tüm siklus boyunca veritkal ekseninde 2 kere aşağı ve yukarı hareketi ile birlikte, horizontal ekseninde hep ileriye doğrudur. Yürümenin çift basma evresinde aşağı limitine ulaşır, yer değişim hızı maksimum olurken; basma ve salınım evrelerinin ortasında üst limitine ulaşır.^{77,81} Yatay ekseninde ise, bir kere sağa ve bir kere sola olmak üzere toplamda 2 salınım gösterir.⁹¹ Yürüme sırasında üst gövdenin bu salınımlarına

karşın spinal kaslar vasıtasıyla kafanın pelvise oranla daha az hareket etmesi sağlanır.⁹²

Bazı yürüme analizi çalışmalarında tüm vücut ağırlığının tek bir noktada toplandığı kabul edilen, vücut kütle merkezi (VKM) olarak adlandırılan ve ortalama olarak S2 (2. sakral vertebra) seviyesinde olduğu düşünülen noktanın hareket analizi oldukça önemli bilgiler vermiştir. VKM'nin tıpkı üst gövde gibi tek basma evrelerinde yükselip, çift basma evrelerinde alt maksimumdan geçtiği görülmüştür.⁷⁸ VKM bu vertikal salınımının yanı sıra, anteroposterior (önden arkaya veya tam tersi) ve mediolateral (sağdan sola veya tam tersi) salınımlar da göstererek, yürüme sırasında ağırlık ne yöne aktarılıyorsa o ayağa doğru değişim gösterir. Anteroposterior salınım da ise adım atan ayakla aynı yönde olacak şekilde ileri doğru salınırken, tek basma evrelerinde arkada kalan ve ağırlığı taşıyan ayağın yönüne doğru geri hareket eder (Şekil 14).⁷⁸



Şekil 14. Yürümenin ters sarkaç modeli⁹³

Yürüme sırasında üst gövde hareketlerinin yanında, kalçada birer kere olmak üzere fleksiyon ve ekstansiyon görülür. Yürümenin salınım evresinin tam ortasında fleksiyon üst limitine gelip, topuk temas etme evresine kadar fleksiyonunu korur. Bununla birlikte, basma evresine geçmeden hemen önce pik ekstansiyona ulaşır ve hemen fleksiyona geri döner⁷⁷

Diz ise bir yürüme siklusu boyunca önce tamamen uzanıp, ardından yüklenme ve basma ortasında fleksiyona geçer. Ardından, basma evresinde tekrar uzanır ve salınım evresinde fleksiyon üst limitine ulaşır. Sonra gelen topuk teması evresi öncesi ekstansiyon konumuna geçer. Sonuç olarak, bir yürüme siklusu boyunca, 2'şer kez fleksiyona ve ekstansiyona uğrar. Bunun yanında ayak bileği, yürüme siklusu sonunda topuk teması evresinde nötral konumundayken, sonrasında hemen plantarfleksiyona uğrayıp ayağın yere değmesini sağlar. Bundan sonra, tibia hafifçe ileri doğru hareket edip bileğin dorsifleksiyona geçmesine neden olur. Sıra diğer ayağın topuk teması evresine geçince, bilek açısı değişir ve parmaklar yerden ayrılana kadar belirgin bir plantarfleksiyon görülür. Ayaklar salınımdayken ise, baştaki yerden ayrılma sırasındaki dorsifleksiyon dışında nötral pozisyonlarını korurlar.⁷⁷

Ayakların ise yürüme sırasında evrelerine göre supinasyon ve pronasyon konumlarına geçtikleri görülür. Yürüme siklusu sonu topuk temasında ayakta supinasyon gözlenirken, yere teması ile kısa bir pronasyona geçer. Ancak, bileğin plantarfleksiyondan dorsifleksiyona geçmesiyle, ayağın tekrar supinasyon konumuna geçip, topuk havalanıp parmaklar yerden ayrılana kadar supinasyon konumunda kaldığı görülür. Bacak salınım yaparken de ayağın hafif bir supinasyon konumunda olduğu gözlenmiştir.⁷⁷

ENERJİ TÜKETİMİ ÖLÇÜMLERİ

İnsanlar bütün canlı sistemleri gibi besinleri okside edip, yaşam için gerekli enerjiyi oluştururlar. Besinlerin bu şekilde oksidasyon reaksiyonları sonucu yıkılıp, enerji elde edilmesi basitçe katabolizma olarak adlandırılır. Yürüme analizi çalışmalarında ve başka klinik uygulamalarda birim zaman içinde elde edilen/kullanılan enerji miktarı metabolik hız olarak adlandırılmıştır.⁹⁴ Bu enerji sadece vücudun vital fonksiyonlarının devamı için kullanılan minimum enerji olarak sınırlandırılırsa, bazal metabolik hız (BMH) olarak adlandırılır. Laboratuvar ortamında çeşitli özel ekipmanlar ve özel koşulların birey tarafından sağlanması ile BMH ölçülebilir. BMH testinden en az 12 sa önce aç kalınması, ağır fiziksel aktiviteden kaçınılması, en az 8 saatlik uyku gibi şartlar mutlaka sağlanmalıdır. Ölçüm sırasında birey yatar pozisyonunda, rahat bir sedye üzerine yatırılır. BMH temelde ölçülen bireyin

cinsiyetinden, yaşından, vücut kompozisyonundan oldukça etkilenen bir parametredir.^{95, 96} Özellikle bireyin yağsız vücut kütlesi ne kadar fazla ise birim kg başına düşen enerji tüketimi o kadar artacağından BMH'si fazladır.

BMH verisinin birimi genellikle kkal/gün (1 gün başına kilo kalori) şeklinde ifade edilir. Kalori ise temel olarak 1 gr suyun sıcaklığını 1°C arttırmak için harcanan ısı miktarı olarak tanımlanır.^{96, 97}

Günümüz laboratuvar koşullarında, birey dinlenim veya herhangi bir aktiviteye (yürüme, koşma, vb.) katılırken harcadığı enerji gerçeğe çok yakın olarak ölçülebilmektedir. Bunun için kullanılan yöntemler direkt ve indirekt enerji tüketim ölçümleri olmak üzere 2 başlık altında toplanabilmektedir.⁹⁵

Direkt enerji tüketimi ölçümlerinde, bireyin aktivite sırasında vücudundan ayrılan ısı ölçülür. Bu yöntemde birey yalıtılmış özel bir odada tutulur. Kullanılan ekipmanların pahalılığı ve uygulama zorluğu nedeniyle yerini oksijen tüketiminin ölçüldüğü indirekt enerji tüketimi yöntemlerine bırakmıştır.⁷⁹ Belirli bir aktivite sırasında harcanan oksijen (O_2) miktarının metabolizma sonucu ortaya çıkan enerji miktarı ile doğru orantılı olması, tüketilen O_2 ve üretilen karbondioksit (CO_2)'nin tespiti ile enerji kullanımının indirekt olarak ölçülebilmesini olanaklı kılmıştır.^{95, 98-100}

İndirekt Kalorimetre ile Enerji Tüketimi Ölçümü

İndirekt kalorimetre ile enerji tüketimi için öncelikle bireyin inspire ve ekspire ettiği gazların sistem tarafından örneklenip, analiz edilmesi gerekmektedir. Böylelikle inspire ve ekspire edilen havanın O_2 konsantrasyonları arasındaki fark biliniyorsa, tüketilen O_2 miktarı zamana bağlı olarak hesaplanabilir. Bunun yanısıra ekspire edilen CO_2 konsantrasyonu da ölçülüp O_2 tüketimine bölünerek solunum katsayısı da hesaplanabilir. Solunum katsayısı, bireyin ilgili fiziksel aktiviteye katıldığı sıradaki primer olarak kullandığı enerji metabolizması ve egzersizin şiddeti ile ilgili önemli ipuçları verir.¹⁰¹

İndirekt kalorimetre ile enerji tüketimi ölçümlerinde, Weir eşitliği kullanılarak bireyin aldığı O_2 hacmi ve verdiği CO_2 nin hacimlerden yararlanılarak enerji tüketimi hesaplanabilir. Örneğin, bu eşitliğe göre dinlenim enerji tüketimi =

$[3,9 \text{ (tüketilen O}_2 \text{ hacmi)} + 1,1 \text{ (verilen CO}_2 \text{ hacmi)}] \times 1,44 - 2,17$ (idrardaki azot miktarı) eşittir. Ancak bu eşitliğin kullanılabilmesi için bireyin test öncesi 24 sa idrar örneğinin toplanması gerekmektedir.^{102, 103} Bu eşitliğin yerine, idrar örneğinin toplanmasına gerek olmayan ve düzeltilmiş Weir eşitliği olarak adlandırılan, dinlenim enerji tüketimi = $[3,9 \text{ (tüketilen O}_2 \text{ hacmi)} + 1,1 \text{ (verilen CO}_2 \text{ hacmi)}] \times 1,44$ eşitliği ile çok az bir hata payı ile enerji tüketimi indirekt olarak kullanılabilir.¹⁰²

İndirekt enerji tüketimi, araştırma laboratuvarları ve klinik uygulamalarda sıkça başvurulmuş kapalı devre spirometrisi ve yanında açık devre spirometrisi olmak üzere 2 yöntem ile gerçekleştirilebilir. Açık devre spirometre ile enerji tüketimi ölçümlerinde birey normal ortam havasını solur (yaklaşık olarak % 79,04 N₂, % 20,93 O₂, % 0,03 CO₂). Birey egzersizi yaptığı sırada ekspire ettiği havada sistemin gaz örnekleme kısmında analiz edilir. Böylelikle, ortam havasının bilinmesiyle hesaplanan inspirasyonu gazları ve ardından ekspirasyon gazları karşılaştırılarak dakika başına düşen O₂ hacmi hesaplanabilmektedir.^{95, 102}

Kapalı devre spirometri yönteminde ise birey saf O₂ içeren tüpün havasını solur ve zamana bağlı olarak tüp içindeki O₂ konsantrasyonunun azalması tespit edilerek dakika başına tüketilen O₂ hesaplanır. Birey sadece O₂ tüpünün havasını soluduğu için bu yöntem kapalı devre spirometrisi adı verilir.⁹⁵ Bu sistemin bireyleri daha uzun süre inspirasyon yapmaya teşvik etmesi ile artmış solunum işi ile birlikte, özellikle egzersiz sırasında artmış ventilasyon hacmini karşılamada görece yavaş kalması, bu sistemin yerini açık devre spirometri yöntemlerine bırakmasına neden olmuştur.¹⁰²

Bilgisayarlı İndirekt Kalorimetre Yöntemi

Bu tezde hastaların dinlenim ve yürüme enerji tüketimi ölçümleri bilgisayarlı indirekt kalorimetre yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu sistem temelde, alınan ve verilen havayı her nefeste örnekleyen O₂ ve CO₂ gaz analizör sistemleri ile soluk alınan havanın hacmini ölçen bir akım sensörü ve gazlarla ilgili verilerin analog sinyaller halinde kaydeden ve dijital sinyallere çevrildiği bir donanım içerir.^{95, 104}

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma Grupları

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na yapılan başvuru sonucu, 23/03/2017 tarih ve 2017/73 sayılı etik kurul kararı alındıktan sonra, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Polikliniği'ne alt ekstremitte kontraktürleri nedeniyle başvuran, multilevel gevşetme planlanan ve aşağıda sıralanan kriterlere sahip olan 8 Serebral Palsili (SP) hasta ile gerçekleştirilmiştir.

- 8-12 yaşları arasında olmak
- Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi (KMFSS) kriterlerine göre evre 2 ya da 3 olmak
- Kalça fleksiyon ve adduksiyon gerginliği olmak,
- Popliteal açısı 50°'nin üzerinde olmak
- Ayak bileğinde ekin deformitesi olmak
- Ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası destekli ya da desteksiz yürüme bandında yürüyebilmek ve oksijen maskesini tolere edebilmek

Yukarıda sıralanan dâhil edilme kriterlerinin yanında, dışlanma kriterleri ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- KMFSS kriterlerine göre evre 1, 4 ve 5 olmak
- Tek eklem kontraktürü için opere edilmiş olmak
- Ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası destekli ya da desteksiz yürüyememek
- Ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası destekli ya da desteksiz yürüme bandında yürüyememek

➤ Oksijen maskesini tolere edememek

Çalışma tek gruptan oluşmakta olup; kalça deformiteleri için bilateral adduktor tenotomi, iliopsoas tenotomisi, diz fleksiyon deformiteleri için semitendinosus z plasti, semimembranosus ve biceps femoris fraksiyone uzatma, gracilis ise tenotomi, ayak bileği ekin deformitesi için de aşı tendonuna Hook yöntemiyle aşıloplasti uygulandı. Hastalara postoperatif uzun bacak sirküler alçı uygulandı ve 6 hafta boyunca alçı içerisinde kaldıktan sonra orteze geçilerek fizik tedavi ünitesine yönlendirildi. Hastaların cerrahi işlemleri Kasım 2016 ile Eylül 2017 tarihleri arasında gerçekleştirildi.

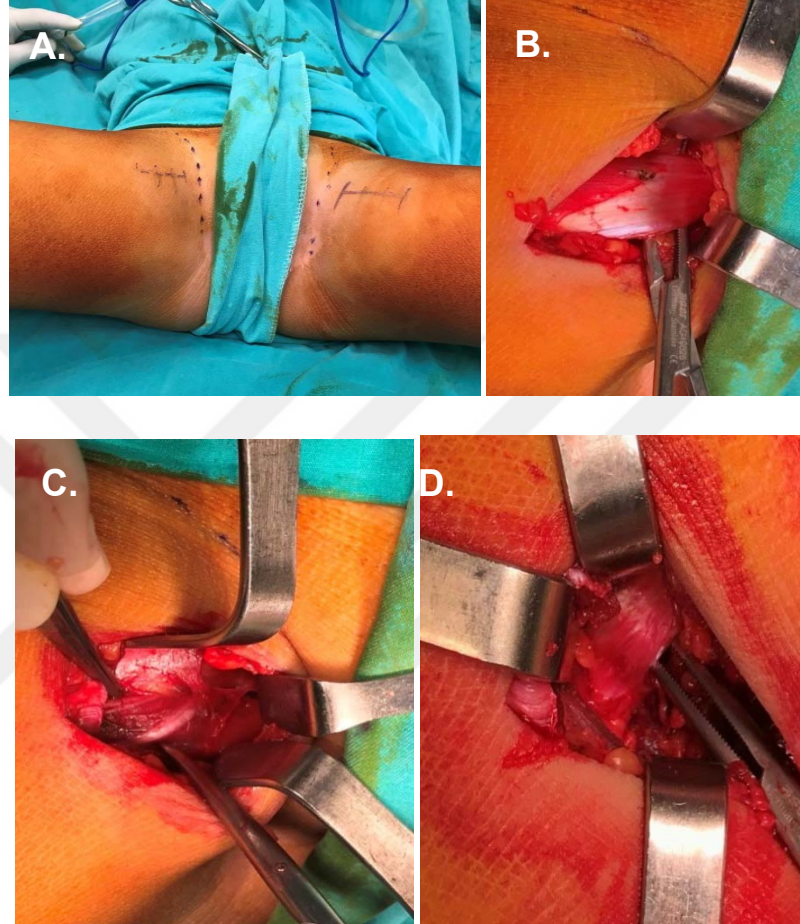
Hastaların yürüme enerji tüketimi ölçümleri ve yürüme analizleri cerrahi öncesi en geç 1 ay, sonrasında da 8-12 ay olacak şekilde gerçekleştirildi. Hastaların yürüme enerji tüketimi ölçümleri ve 3 boyutlu yürüme analizleri, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Egzersiz ve Yürüme Analizi Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

Çalışmaya katılan tüm hastaların ebeveynlerine cerrahi işlemlere başlamadan önce ilgili protokollerden bahsedildi ve karşılaşılabilecek sorunlar da belirtilerek yazılı onamları alınmıştır.

Kalça Adduktor Ve İliopsoas Tenotomisi

Hastalara genel anestezi uygulandıktan sonra, steril boyanma ve örtünme sonrası öncelikle steril kalem ile kalça adduktor kriz işaretlendi. Adduktor krizin yaklaşık olarak 1 cm lateralinden ve adduktor longus kası tendonu üzerinden, longitudinal olarak yaklaşık 4 cm'lik insizyon için çizim yapıldı. Ardından, cilt altı kesileri keskin yapıldıktan ve kanama kontrolü gerçekleştirildikten sonra adduktor longus kasının fasyası açıldı. Künt diseksiyonla adduktor longusu diğer kaslardan ayırarak, right angle klemp yardımıyla eleve edildikten sonra, koter ile tenotomize edildi. Ardından; obturator sinir korunarak, adduktor brevis ve pektineus kasları arasındaki klivajdan parmak diseksiyonu yapıp, trokanter minör palpe edildikten sonra 2 adet army ekartör kullanılarak etraf dokular ekarte edildi. Künt diseksiyonla, iliopsoas tendonu etraf dokulardan sıyrılarak, right angle klemp yardımıyla eleve edildikten sonra koter ile tenotomize edildi. Sonrasında, kanama kontrolü yapıldı

ve 100 cc serum fizyolojik ile yıkandı. Ardından; fasya, cilt altı ve cilt biyoabsorbable sütürlerle kapatıldı. Son olarak, steril pansuman ile yara yeri kapatıldı (  ekil 15).

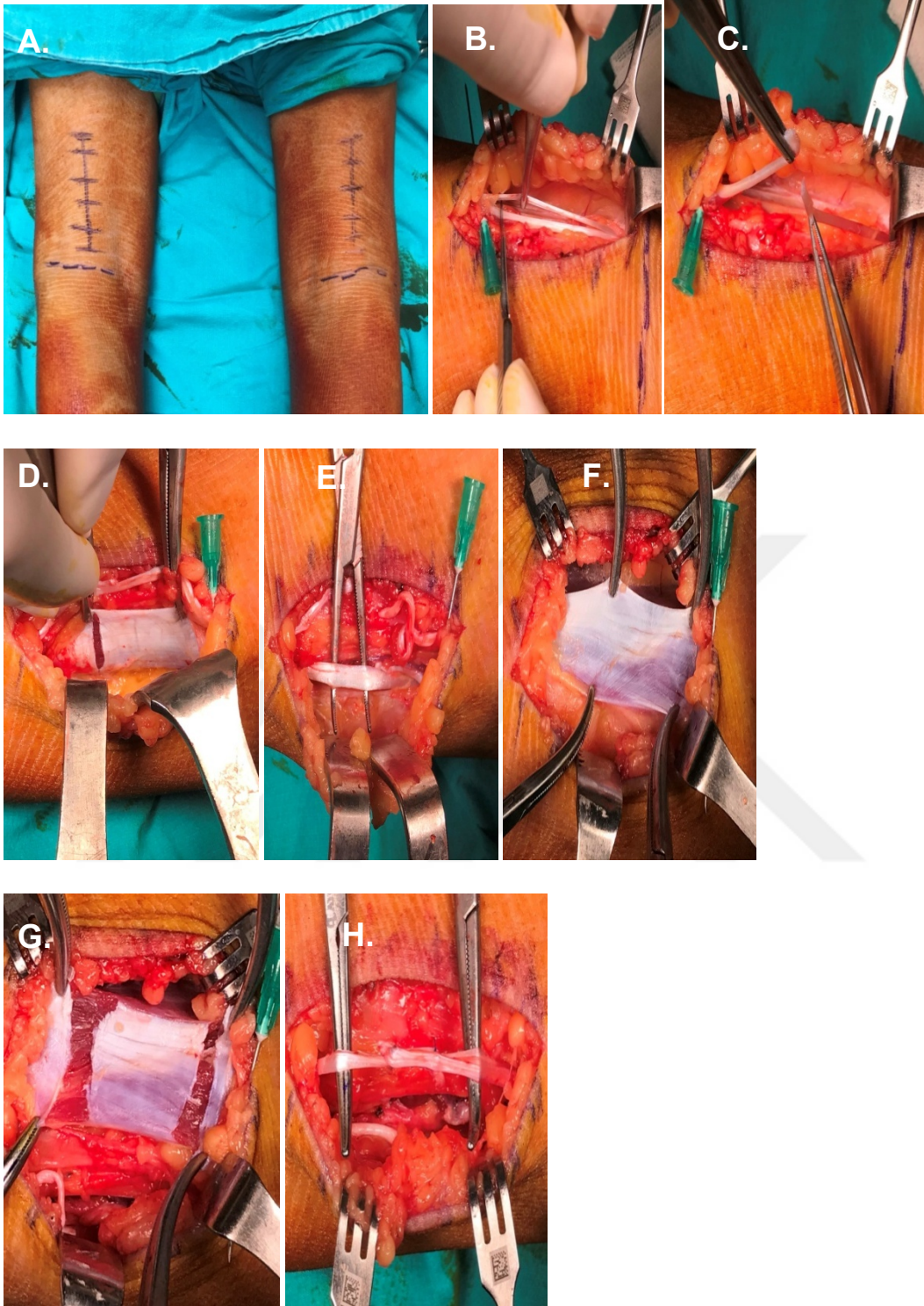


Şekil 15. A. Adduktor ve iliopsoas tenotomisi için insizyon   izimleri, B. Adduktor longus kasının tenotomi için hazırlanması, C. Obturator sinirinin adduktor brevis kası üzerindeki seyri ve korunması, D. İliopsoas tendonunun tenotomi için hazırlanması

Hamstring Ve Diz Fleksörlerinin Tenotomisi ve Fraksiyone Uzatılması

Adduktor ve iliopsoas tenotomisinden tamamlanmasıyla birlikte, bilateral uyluk proksimaline turnike sarıldı ve hasta prone pozisyona alındı. Steril boyanma ve örtünmesi sonrası steril kalemle, bilateral diz fleksör krizi i  şaretlendi. Ardından; fleksör krizin yaklaşık 1 cm proksimalinden ba  şlanarak 5

cm uzunluğunda insizyon yapıldıktan sonra, fasyaya kadar keskin diseksiyon yapıldı. Daha sonra; fasya üzerinden medial tarafa doğru keskin diseksiyon yapıldı ve semitendinosus tendonu palpe edilerek üzerinden insizyon yapıldı. Gergin tendonun tenotomi sonrası geriye retrakte olmasını engellemek için, muskületendinöz bileşkeden 1 adet anjiocut yardımıyla cilde tespiti sağlandıktan sonra, split olarak ikiye ayrıldı ve kesileri muskületendinöz bileşkede ve olabildiğince distalden olacak şekilde Z plasti uygulandı. Daha medial ve anterior yönler doğru derinleştirilerek, semimembranosus kası bulundu ve diseke edildi. Klempler yardımıyla gerdirildi ve 4 cm aralıklarla adet transvers olarak yapılan sadece tendinöz kısmının kesilmesiyle fraksiyone uzatma yapıldı. Parmakla, gracilis tendonu palpe edilerek üzerinden 1 cm'lik insizyonla girilip, etraf dokulardan sıyrıldı ve tenotomize edildi. Hamstring kasları uzatılması sonrası, diz fleksiyon kontraktürü azalması beklenilmesine rağmen, gergin olan biceps tendonuna bağlı olarak, hâla normal sınırlara gelmediği için lateral diseksiyon gerçekleştirildi. Biceps tendonu üzerinde derinleştirilerek biceps kası bulundu ve 5 cm'lik kısmı diseke edildi ve klempler yardımıyla gerdirilip 4 cm aralıklarla adet transvers olarak yapılan sadece tendinöz kısmının kesilmesiyle fraksiyone uzatma yapıldı. Ardından; Z plasti yapılan semitendinosus tendonu uygun gerginlikte 4:0 prolene ile yan-yanı dikildi. Diz fleksiyon kontraktürünün gerilediği görüldü ve 100 cc serum fizyolojik ile yıkama yapıldıktan sonra fasya, cilt altı ve cilt biyoabsorbable sütürlerle kapatıldı (Şekil 16).



Şekil 16. A. Hamstring ve biceps tenotomi ve fraksiyone uzatma için çizim, B. Semitendinozusun anjiocut ile tespiti ve split ayrılması, C. Z plasti uygulanmış semitendinozus, D. Semimebranozusun fraksiyone uzatılması, E. Gracilis tendonunun bulunarak tenotomi için hazırlanması, F. Biceps femoris kasının fraksiyone uzatma için hazırlanması, G. Fraksiyone uzatma yapılmış biceps

femoris kası, H. Z plasti sonrası uygun gerginlikte dikilen semitendinozus tendonu

Aşiloplasti

Diz fleksörlerinin de uzatılmasının ardından, steril örtü katlandı ve kruris altına yerleştirilerek ayağın serbest kalması sağlandı. Steril kalem ile, aşil tendonunun kalkaneusa insersio bölgesi 1-2 cm proksimalinden başlanarak, 2 cm aralıklı olacak şekilde 2'şer cm'lik, 3 adet olacak şekilde kesi için çizimler yapıldı. Öncelikle, en distaldeki kesi yapılarak paratenona ulaşıldı. Paratenon keskin kesilerek, aşilden künt diseksiyonla ayrıldı ve aşil tendonunun medial yarısı bistüri yardımıyla kesildi. İkinci olarak, en medialdeki kesi yapıldı ve künt diseksiyonla paratenona ulaşıldı, paratenon keskin kesilerek aşilden künt diseksiyonla ayrıldı ve yine aşil tendonunun medial yarısı bistüri yardımıyla kesildi. Son olarak, ortadaki kesi hattından girilip künt diseksiyonla paratenona ulaşıldı, paratenon keskin kesilerek aşilden künt diseksiyonla ayrıldı ve bu kez aşil tendonunun lateral yarısı bistüri yardımıyla kesildi. Daha sonra diz 90° fleksiyona alınarak, ayak bileği kontrollü bir şekilde dorsofleksiyona getirilerek yaklaşık 10° dorsofleksiyona gelinceye kadar zorlandı. Bu sırada, aşil tendonunun tenotomi hatlarında kendi üzerinde kayarak uzadığı görüldü. Kesi yerleri 10'ar cc'lik serum fizyolojik ile yıkandı, paratenon onarıldı ve cilt sütüre edilerek steril pansumanı yapıldı(Şekil17). Hastanın cildindeki baticonlar temizlendi ve ayak bileği 90° dorsofleksiyonda, dizler 10-15° fleksiyonda ve kalçalar da omuz genişliğinde abduksiyonda olacak şekilde uzun bacak alçısı (petrie alçısı) uygulandı (Şekil 18).



Şekil 17. Modifiye Hoke yöntemiyle aşıloplasti uygulaması



Şekil 18. Petrie alçısı (uzun bacak alçı) uygulanmış hasta

Enerji Tüketiminin Ölçülmesi

Operasyon öncesi ve sonrası istirahat ve yürüme enerji tüketimi kayıtları, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Yürüme Analizi ve Egzersiz Laboratuvarında indirekt kalorimetri yöntemi (Vmax Spectra 29c, ABD) kullanılarak alındı. Tüm ölçümler, sabah 08.00-09.30 saatleri arasında, 20-24°C sıcaklıkta ve %50 nem oranına sahip laboratuvar koşullarında gerçekleştirildi (105, 106). Her test günü kayıtlardan önce üretici firmanın önerilerine göre akım

sensörü 3 lt'lik kalibrasyon şırıngası ile kalibre edilirken, iki farklı standart gaz karışımı (%4 CO₂, %16 O₂, denge N₂ ve %26 O₂, denge N₂ karışım gazları) ile gaz analizörü kalibre edildi^{105, 107} Metabolik ölçümler sırasında hastaların yüzüne uyan pediatrik yüz maskesi (Hans Rudolph, ABD) takıldı ve bu maske aracılığı ile her nefeste (breath by breath) alınan ve verilen hava indirekt kalorimetre sistemi ile örneklendi.^{105, 106}

İstirahat enerji tüketimi ölçümü için hastalara test gününden önceki 12 saat boyunca su dışında herhangi bir yiyecek ve içecek tüketmemeleri söylendi.^{107, 108} Laboratuvara gelen hastaların öncelikle boy ve vücut ağırlıkları belirlendi. Hastaların boyları, ayakkabıları çıkarıldıktan sonra stadiometrede ölçülürken, vücut ağırlıkları biyoelektrik empedans analiz (TANİTA BC-418 MA, Tanita Corporation, Tokyo, JAPONYA) yöntemiyle ölçüldü. Tüm hastaların adı, soyadı, doğum tarihi, cinsiyeti, boyu ve vücut ağırlığı indirekt kalorimetre sistemine girildikten sonra istirahat ve yürüme enerji tüketimi kayıtları alındı. Yarı aydınlık bir odada hastalar bir sedye üzerinde sırt üstü yatarak istirahat enerji tüketimi kaydı alındı. Hastalardan uyumadan ve konuşmadan 15 dakika boyunca sakin bir şekilde nefes alıp vermeleri istendi (Şekil19).¹⁰⁹ Test sırasında hastaların tedirgin olmamaları için ebeveynlerinden birinin 15 dakika boyunca testin yapıldığı odada bulunmalarına izin verildi.



Şekil 19. Hastaların istirahat enerji tüketimi kaydı

Yürüme enerji tüketiminin ölçümüne geçmeden önce hastaların tercih ettikleri yürüme hızları belirlendi. Tercih edilen yürüme hızının belirlenmesi için 14 metrelik bir parkur kullanıldı. Bu parkurun 2. ve 12. metrelerine kızılötesi

sensörler (Sport Expert Professional Sport Technologies, Ankara, TÜRKİYE) yerleştirildi. Hastalardan bu parkur boyunca “acele etmeden, normal yürüme hızları” ile yürümeleri istendi. Yalnız yürüyemeyen ya da yalnız yürümekte zorlanan hastalar ebeveynlerinin desteği ile yürüyerek hastaların tercih ettikleri yürüme hızları belirlendi (Şekil 20). Yürüme işlemi 3 kez tekrarlandıktan sonra m/sn olarak elde edilen hızların ortalaması alınarak belirlenen ortalama hız, km/saat’e çevrildi.^{105, 106}



Şekil 20. Hastaların tercih ettikleri yürüme hızlarının belirlenmesi

Yürüme enerji tüketiminin ölçümü için hastalar tercih ettikleri yürüme hızında koşu bandında (Viasys Health Care, ABD) 7 dakika yürütüldü. Hastaların hepsi yürüme sırasında koşu bandının barlarından tutunarak yürümelerini tamamladılar (Şekil 21). Yürüme sırasında egzersiz yoğunluğunun takibi için solunumsal değişim oranı (RQ) değeri dikkate alındı. RQ, kayıt sırasında üretilen karbondioksit hacminin tüketilen oksijen hacmine oranı olarak belirlenmektedir.^{95, 96}



Şekil 21. Hastaların yürüme enerji tüketimi kaydına hazırlanması

İstirahat ve yürüme enerji tüketimi ölçümü sonucunda, tüketilen oksijen miktarı (l/dk), üretilen karbondioksit miktarı (l/dk), enerji tüketimi (kcal/gün) ve RQ verileri elde edilmiştir. Her iki ölçüm sistem tarafından kısaltılmış Weir eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.^{102,110} İstirahat enerji tüketimin değerlendirilmesi için 15 dakikalık kaydın ilk 5 dakikası alışma süreci olarak nitelendirilip değerlendirmeye alınmamıştır.¹¹¹ Yürüme enerji tüketiminin değerlendirilmesi için ise 7 dakikalık yürüme kaydının kararlı seviyeye ulaşılan son 2 dakikası değerlendirmeye alınmıştır. 10 saniyelik intervallerle ortalama alınarak istirahat ve yürüme enerji tüketimi kayıtları analiz edilmiştir.¹⁰⁵

Yürüme Analizi

Yürüme Analizi Sistemi

Hastaların 3 boyutlu yürüme analizi ölçümleri Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı bünyesindeki Yürüme Analizi ve Egzersiz Laboratuvarında gerçekleştirildi. Yürüme analizinin yapıldığı alan 8,20 m x 5,75 m ölçülerine sahip olup, yürüme bandı ve 3 adet yürüme analizi kamerasının yerleşimi şekilde gösterildiği gibidir (Şekil 22). Kameraların yerden yüksekliği 0,9 m olarak ayarlanmıştır.



Hastaların yürüme analizi ölçümüne başlamadan önce, vücut kütle merkezi (VKM)'lerine bir adet (cilt üzerine) ve ayakkabılarının topuk kısmının orta noktalarına birer adet olmak üzere toplamada 3 adet işaretleyici flaster yardımı ile sabitlendi (Şekil 23). Hastaların VKM noktalarının tespiti için *posterior superior iliac spine* çıkıntıları referans olarak kullanılıp, 2 çıkıntının orta noktası VKM olarak kabul edilmiştir (Plug-in Gait Model, UK).



Şekil 23. İşaretleyicilerin hasta üzerine sabitlenmiş pozisyonları

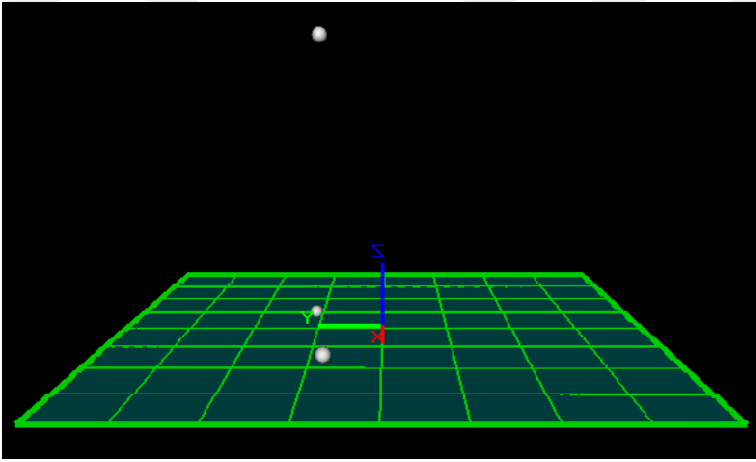
Yürüme Analizi Protokolü

Hastaların tercih edilen yürüme hızlarının (TEYH) tespitinden sonra, yürüme bandında yürüme tecrübeleri sorgulanmaksızın yürüme bandına alıştırma (habitüasyon) protokolü gerçekleştirildi. Bu sırada hastanın TEYH'sine yavaş yavaş çıkıldı ve bu hıza ulaşıldığında bir süre daha yürütülerek yürüme bandına alışması sağlandı.¹¹² Bu protokol sırasında hastanın test sırasında nerelerden tutabileceği ve testi nasıl durdurabileceği gösterildi. Ardından, alıştırma protokolü sonlandırılarak hastaların 5 dakikadan az olmamak üzere dinlenmesi beklenildi. Sonrasında, hastaların yürüme testine başlanarak yürüme enerji tüketimi kaydı ile eş zamanlı olacak şekilde yürümelerinin 3., 5. ve 7. dakikalarında ve her birinde 1'er dakika olacak şekilde 3 adet video kaydı yapıldı.

Yürüme Analizi Sistemi Yazılımı

MaxPRO® (Innovision Systems, USA) yazılımı hastaların yürüme testlerini kayıt etmek ve ardından veri analizini gerçekleştirmek amacı ile

kullanıldı (Şekil 24). MaxPRO® sistemi 3 boyutlu kayıt almaya olanak vermekle birlikte, takılan işaretleyicilerinin pozisyonlarının zamana bağlı yer değişimi, hız ve akselerasyon verilerinin analizini sağlamaktadır. Bu sayede, hastaların VKM'lerinin 3 boyutlu düzlemde mediolateral ve vertikal salınımları yürümenin tüm fazları süresince değerlendirilebilmiştir. Bunlara ek olarak, hastanın adım sayısı ve adım genişliği gibi spasyotemporal değişkenler de ölçülebilmektedir. Bu yazılım ile elde edilen veriler, MaxMATE® (Innovision Systems Inc., USA) adlı programla excel verisi haline getirilip analizleri gerçekleştirilmiştir. Sistem hassasiyeti 0,001 mm'ydi.



Şekil 24. MaxPRO® görüntüsü (üstteki işaretleyici VKM), alttaki ikisi topuk işaretleyicileri

Hastaların yürüme analizi ölçümlerine başlamadan önce yürüme analizi sisteminin kalibrasyonu, bir adet T şeklindeki kalibrasyon çubuğu ve L şeklindeki kalibrasyon aparatı ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon aletlerinin özel mesafelerinde sabitlenmiş olan özel işaretleyiciler ile gerçekleştirilen kalibrasyon sayesinde hastaların yürüyecekleri hacim, yürüme analizi sistemine tanıtılmıştır.

İstatistiksel Yöntem

Değişkenlerin normal dağılıma uygun olup olmadıkları Shapiro Wilk testi ile incelenmiştir. Normal dağılım varsayımı sağlayan değişkenler $\text{ort} \pm \text{sd}$ cinsinden özetlenirken, varsayımı sağlamayan değişkenler medyan [25P.-75P.]

(P.=Persentil) şeklinde özetlenmiştir. Kategorik değişkenler ise sayı ve yüzde cinsinden özetlenmiştir. İki bağımlı grup karşılaştırılmasında dağılım varsayımı sağlandığı durumda, paired t testi, sağlanmadığı durumda ise Wilcoxon ranked sum testi uygulanmıştır. İki sürekli değişken arasındaki ilişkiyi incelemek için Spearman korelasyon katsayısından yararlanılmıştır. $p<0,05$ istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kabul edilmiştir. Analizler Statistica 13.3.1 programında gerçekleştirilmiştir.



BULGULAR

Hastaların Ameliyat Öncesi ve Sonrası Antropometrik Özelliklerin Karşılaştırılması

Çalışmamız Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Polikliniği'ne alt ekstremitte kontraktürleri şikâyeti ile Haziran 2016 tarihinden itibaren başvuran, ardından multilevel gevşetme planlanan 8 (5E/3K) Serebral Palsili (SP) hasta ile gerçekleştirilmiştir. Hastaların yaşları 8-13 yaşları arasındaydı ($10,88 \pm 1,73$). Hastalardan birinin operasyon öncesi enerji tüketim ölçüm verileri olmasına rağmen, 3 boyutlu yürüme analizi ölçümü yapılmadığından; 3 boyutlu yürüme analizi sonucu elde edilen veriler sadece 7 hastanın verileri göz önünde bulundurularak kıyaslanmıştır.

Hastaların operasyon öncesi ve sonrası antropometrik ölçümleri kıyaslandığında, sadece boy uzunluğunun istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Tablo 1.'de hastaların operasyondan önce sonra değişen antropometrik özelliklerinin ortalamaları ve karşılaştırmalarının istatistiksel olarak anlamlılık dereceleri sıralanmıştır.

Tablo 1. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası antropometrik ortalamalarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
Boy (cm)	132,76 $\pm$ 11,43	137,63 $\pm$ 11,46	<0,001
Vücut Ağırlığı (kg)	28,24 $\pm$ 9,92	32,19 $\pm$ 13,30	0,051
VKİ (kg/m ²)	15,90 $\pm$ 2,90	17,17 $\pm$ 4,20	0,226
Yağ Yüzdesi (%)	20,35 $\pm$ 5,61	21,88 $\pm$ 5,76	0,433
Yağsız Vücut Kütlesi (kg)	22,02 $\pm$ 4,42	26,22 $\pm$ 8,38	0,112

VKİ: Vücut Kitle İndeksi

Enerji Tüketimi Parametrelerinin Karşılaştırılması

İstirahat Enerji Tüketiminin Karşılaştırılması

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası istirahat enerji tüketimleri (İET) kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Benzer şekilde, enerji tüketiminin farklı bir ifadesi olan dk'da harcanan O₂ miktarı (VO₂) da istirahat koşulunda değerlendirildiğinde, ameliyat öncesi ve sonrası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p>0,05$). İlgili ortalamalar ve istatistiksel olarak anlamlılık değerleri kıyaslamaları Tablo 2.'de sıralanmıştır.

Tablo2. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası İET ortalamalarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
İET (kkal/gün)	1397,18±356,87	1410,61±407,82	0,891
İET VO ₂ (l/dk)	0,20±0,05	0,20±0,06	0,811

İET: İstirahat Enerji Tüketimi

VO₂: Oksijen Tüketimi

Yürüme Enerji Tüketimlerin Karşılaştırılması

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimi verilerinin normalliği Shapiro Wilk testinden yararlanılarak test edildi. Bu test sonucuna göre; operasyon öncesi yürüme enerji tüketimi ve O₂ tüketimi değişkenleri normal dağılmadığı tespit edilmiştir. Bu durumdan kaynaklı olarak bu değişkenler için parametrik olmayan yöntemler kullanıldı.

Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimi ölçümleri karşılaştırıldığında, hastaların ameliyattan sonra istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az enerji harcadıkları ve O₂ tükettikleri fark edilmiştir ($p<0,05$). Hastaların ameliyattan önce ve ameliyattan sonra yürüme enerji tüketimleri ve harcanan O₂ miktarlarının ortalamalarının karşılaştırılması ve istatistiksel anlamlılık değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo3. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimleri ve O₂ kullanımlarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce		Ameliyattan Sonra		p-değeri
Yürüme Enerji Tüketimi (kcal/gün)	Min-Max	Median [Q1-Q3]	Min-Max	Median [Q1- Q3]	0,012
	2605,31- 1690,08	3516 [3441,85- 5269,35]	1690,08- 5409,77	3423,04 [2526,56- 4863,50]	
Yürüme O ₂ Tüketimi (lt/dk)	0,39- 1,16	0,53 [0,50- 0,78]	0,24-0,82	0,51 [0,37- 0,72]	0,012

Yürümenin etkinliğinin değerlendirildiği bir başka parametre olan O₂ maliyeti (cost) ise ameliyat öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında; ameliyat sonrası ortalamasının istatistiksel olarak anlamlı derecede daha küçük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Hastaların O₂ maliyeti; Yürüme O₂ Tüketimi (lt/dk)'nin, öncelikle vücut ağırlığına (kg) normalizasyonu, ardından da yürüme hızlarına (m/dk) bölümü ile elde edilmiştir (ml/kg/m). Böylece, hastaların vücut ağırlıkları farkı ortadan kaldırılmış ve birim mesafe başına düşen O₂ tüketimi de hesaplanmıştır. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası O₂ maliyetleri ortalamalarının karşılaştırıldığı ve istatistiksel olarak anlamlılık değerleri Tablo 4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası O₂ maliyetlerinin karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
O ₂ Maliyeti (ml/kg/m)	1,15±0,52	0,72±0,31	0,011

Yürüme Parametrelerinin Karşılaştırılması

Yürüme Hızlarının Karşılaştırılması

Hastaların ameliyattan sonra tercih ettikleri yürüme hızlarının, ameliyat öncesi tercih edilen yürüme hızından daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası tercih ettikleri yürüme hızları ortalamalarının karşılaştırılması ve istatistiksel anlamlılık verileri Tablo 5.'de verilmiştir.

Tablo5. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası tercih ettikleri yürüme hızlarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
Yürüme Hızı (km/sa)	1,39±0,49	1,56±0,45	0,093

Kadans Sayılarının Karşılaştırılması

Hastaların ameliyat öncesi dakikada attıkları adım sayısı (kadans) verileri, ameliyat sonrası kadans verisiyle karşılaştırıldığında; ortalamaların arttığı ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($p>0,05$). İlgili ortalamaların karşılaştırılması ve istatistiksel anlamlılık verileri Tablo 6.'da gösterilmiştir.

Tablo6. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası kadans ortalamalarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
Kadans (adım/dk)	63,29±22,68	65,00±17,66	0,630

Adım Genişliğinin Karşılaştırılması

Hastaların ameliyat öncesi adım genişliği (mm), ameliyat sonrası ile karşılaştırıldığında; ortalamanın daha fazla olduğu; ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ameliyat öncesi ve sonrası adım genişliği ortalamaları ve istatistiksel anlamlılık verileri Tablo 7.'de verilmiştir.

Tablo 7. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası adım genişliği ortalamalarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
Adım Genişliği (mm)	119,84±23,78	136,55±56,58	0,386

Vücut Kütle Merkezi (VKM) İşaretleyicisinin Vertikal ve Mediyolateral Yer Değişiminin Karşılaştırılması

Hastaların operasyon öncesi VKM işaretleyicisinin mediyolateral ve vertikal yöndeki salınımları sırasındaki yer değişimleri (mm), operasyon sonrası verileri ile karşılaştırıldığında mediyolateral salınım (sağa-sola) ortalamasının azaldığı, vertikal salınım (yukarı-aşağı) ortalamasının ise arttığı fark edilmiştir. Ancak; operasyon öncesi ve sonrası olan bu söz konusu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p>0,05$). İlgili ortalamaların kıyaslaması ve istatistiksel olarak anlamlılık değerleri Tablo 8.'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası VKM işaretleyicisinin mediolateral ve vertikal eksenlerdeki yer değişimleri ortalamalarının karşılaştırılması

	Ameliyattan Önce	Ameliyattan Sonra	p-değeri
VKM işaretleyicisinin mediolateral yer değişimi, (sağa doğru) (mm)	26,84±7,99	22,38±6,07	0,157
VKM işaretleyicisinin mediolateral yer değişimi, (sola doğru) (mm)	25,44±6,61	23,07±7,42	0,340
VKM işaretleyicisinin vertikal yer değişimi, (yukarı doğru) (mm)	24,51±8,29	25,79±6,56	0,687
VKM işaretleyicisinin vertikal yer değişimi, (aşağı doğru) (mm)	24,76±8,40	25,84±6,46	0,737

VKM: Vücut Kütle Merkezi

TARTIŞMA

Serebral Palsi, genellikle yaşamın erken döneminde özellikle beynin organize olduğu sırada; ilerleyici olmayan bir hasar sonucu ortaya çıkıp, kalıcı hareket, postür ve tonus değişikliklerine neden olan, kognitif ve algı problemlerinin de eşlik edebildiği bir durum olarak tanımlanır.¹ Serebral palsy etkilenen beyin bölgesi ve tutulum miktarı ile ilişkili olacak şekilde, hastada tüm veya alt-üst ekstremitelerin tutulduğu; buna bağlı olarak sıçrama, makaslama, bükük diz, genu rekurvatum ve geniş tabanlı yürüyüş gibi patolojik yürüme paternlerine neden olan bir hastalık olarak ortaya çıkmaktadır.^{35,44} Ortopedik operasyonlar ise, serebral palsili çocukların kas-iskelet sistemi patolojilerine bağlı olarak ortaya çıkan sakatlıkları ve aktivite kısıtlamalarını tedavi etmede oldukça etkin yöntemler olarak kullanılmaktadır. Ortopedik cerrahi protokolleri daha çok ilerleyici olan kas-iskelet patolojilerinin çeşitli komponentlerini; tendon uzatma, tendon transferi, rotasyonel osteotomi ve eklem stabilizasyonu gibi operasyonlar ile çözmeyi amaçlar. Özellikle son yıllarda bu operasyonlardan birkaçının tek bir ameliyat protokolü içinde çözülmeye çalışıldığı multilevel gevşetme operasyonu sıklıkla uygulanabilir bir metot olarak görünmektedir.¹¹³

Yürüme analizi ise serebral palsili çocukların operasyon öncesinin değerlendirilmesinde ve ilgili planın oluşturulmasında gittikçe yaygın bir metot olarak kullanılmaya başlanmıştır. Öyle ki; hastaların 3 boyutlu yürüme analizi, daha geleneksel yöntemler olan fizik muayene ve hareketlerin gözlemlenmesine katkı sağlayan objektif bir değerlendirme metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle bizim çalışmamızda olduğu gibi, multilevel gevşetme planlanan vakalarda, hastanın preoperatif dönemde optimum bir şekilde değerlendirilmesi son derece önemli görünmektedir.¹¹⁴

Hastaların preoperatif dönemde yürüme analizi sonuçları, cerrahi girişim yapılabilecek anormallikleri gösterebilecekken, gereksiz olabilecek girişimlerden de kaçınılmasına yardımcı olacaktır. Örneğin, muayenesi sırasında parmak ucunda yürüdüğü gözlemlenen bir hastanın ekinusu olduğu sonucuna varılıp, aşiloplasti yapılması düşünülebilir. Ancak hastanın yapılan yürüme analizi sonucu elde edilen, ayak bileğinin sagittal düzlemdeki kinematik verilerine göre, bileğin dorsifleksiyon aralığının normal olduğu, ancak kalça ve diz eklemlerinin

yürümenin tüm stans fazı boyunca artmış fleksiyonda olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla; bu hasta için gerçekleştirilecek bir aşıloplasti operasyonu, bükük diz yürüyüşüne (“crouch gait”) neden olabilirdi.¹¹⁵

Bu çalışmadaki temel amaç; multilevel gevşetme operasyonun (kalça adduktor ve iliopsoas tenotomisi, hamstring ve diz fleksörlerinin tenotomisi ve fraksiyone uzatılması, aşıloplasti) etkinliğinin değerlendirilmesi esasına dayanıyordu. Bunun için; alt ekstremité kontraktürü şikayeti ile kliniğimize başvuran ve Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi (KMFSS)’ye göre evre 2 veya 3’teki puberte öncesi serebral palsili çocukların operasyon öncesi ve sonrası enerji tüketimi ve 3 boyutlu yürüme analizi verileri karşılaştırılmıştır.

Hastalarımızın ameliyat öncesi ve sonrası yürüdükleri sıradaki kullandıkları enerji miktarları karşılaştırıldığında, hastaların ameliyattan sonra istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az enerji harcadıkları ve O₂ tükettikleri fark edilmiştir ($p<0,05$). Buna karşın, hastaların operasyon öncesi ve sonrası istirahat pozisyonlarındaki enerji tüketimleri arasındaki fark anlamlı bulunamamıştır ($p>0,05$). İstirahat enerji tüketimi, bireyin sahip olduğu yağsız vücut kütlesi ile doğrudan ilişkilidir. Çünkü, yağsız vücut kütlesi; kemik, iskelet kası ve beyin, kalp, karaciğer, böbrek ve sindirim sistemi organları gibi metabolik aktivitesi yüksek organları içerir. Öyle ki, bireyin yağsız vücut kütlesi ne kadar fazla ise harcanan toplam enerji de o kadar fazla bulunur.^{116,117} Hastalarımızın ameliyat öncesi ve sonrası yağsız vücut kütlesi arasında anlamlı bir fark bulamamış oluşumuz ($p>0,05$), istirahat enerji tüketimleri açısından da operasyon öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamamıza neden olmuş gibi görünmektedir.

Yürüme sırasında tüketilen enerji, fiziksel aktivitenin şiddeti ile ilişkili olup en temel olarak yürüme hızı değişimlerinden etkilenir.¹¹⁸ Başka bir deyişle; daha hızlı yürüme hızında yürüme, artan kas performansı ve sonuç olarak daha fazla enerji tüketimi demektir.¹¹⁹ Rose ve arkadaşlarının sağlıklı ve serebral palsili çocuklar ile gerçekleştirdikleri ve tercih edilen yürüme hızında ölçtükleri yürüme enerji tüketimlerinin karşılaştırıldığı çalışma neticesinde; serebral palsili grubun diğer gruba göre 2 ile 3 kat daha fazla enerji harcadığı tespit edilmiştir.¹²⁴

Hastalarımızın operasyon sonrası yapılan enerji tüketimi ölçümlerinin ortalamaları, operasyon öncesine göre anlamlı derecede daha az bulunmuştur. Bizim sonuçlarımıza benzer şekilde; Dahlback ve arkadaşlarının 6 serebral palsili çocuğun ortopedik cerrahi öncesi ve sonrası yürüme bandında yürüme sırasında kaydedilen yürüme enerji tüketimi ölçümlerinde; hastaların birim vücut ağırlığı başına düşen O₂ tüketiminin, operasyon sonrası % 5 azaldığı tespit edilmiştir.¹²⁵ Benzer şekilde; Schwartz ve arkadaşları 135 serebral palsili çocuğu içeren retrospektif çalışmalarında; ortopedik cerrahi geçiren, sadece rizotomi geçiren ve iki protokolün birlikte kullanıldığı olmak üzere 3 grubun yürüme analizi ve O₂ tüketiminin karşılaştırmıştır. İlgili çalışmaya göre; O₂ tüketimi sadece ortopedi grubunda % 9 azalırken, ortopedi+rizotomi grubunda % 25 azaldığı tespit edilmiştir. 2 operasyon protokolünü de geçiren grupta, yürümenin kalitesinin değerlendirildiği “Fonksiyonel Değerlendirme Anketi (FAQ)” verilerine göre, yürüme patolojisinin ortalama % 38 oranında geliştiği fark edilmiştir.¹²⁷

Diğer bir açıdan; çalışmamızın operasyon öncesi ve sonrası yürüme analizi verileri göz önünde bulundurulduğunda, hastaların tercih ettikleri yürüme hızı ortalamasının hafifçe arttığı; buna rağmen istatistiksel olarak anlamlı fark etmediği bulunmuştur. Buna ek olarak; diğer yürüme analizi verilerinin de (kadans, adım genişliği, vücut kütle merkezi işaretleyicisinin yer değişimi, vs.) operasyon öncesi ve sonrası anlamlı olarak fark etmemesi, bize hastaların operasyon sonrası daha az enerji harcamasının; cerrahi müdahalenin etkinliği hususunda yorum yapabilmemizi sağlamıştır. Diğer bir deyişle; yürüme enerji tüketimini etkileyen tüm yürüme parametrelerinin operasyon öncesi ve sonrası anlamlı derecede değişmeyip, enerji tüketiminin operasyon sonrası anlamlı ölçüde azalması; uygulamış olduğumuz multilevel gevşetme operasyonun hastaların yürümesini belirgin derecede kolaylaştırdığını düşünmemizi sağlamıştır. Böylelikle; hastalar operasyon sonrası aynı şartlarda gerçekleştirilen testlerde daha az enerji kullanarak yürümüşlerdir.

Wren ve arkadaşları ise bizim çalışmamızdaki bulguların aksine; ortopedik cerrahi öncesi ve sonrası değerlendirilen 186 çocuğun katılımı ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, O₂ tüketiminin anlamlı derecede fark etmediğini saptamışlardır. Ancak; yürümenin kalitesinin değerlendirildiği “Fonksiyonel Değerlendirme Anketi (FAQ)” ve “Yürüme Bozulma Oranı (GDI)”

gibi parametrelerin operasyon sonrası anlamlı derecede fark ettiği saptanmıştır.¹²⁰

Hastalarımızın operasyon öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimi verilerinin anlamlı derecede fark ettiğini gözlemlememize rağmen, yürüme analizi verilerinde benzer istatistiksel anlamlılığı fark edemedik. Buna rağmen; operasyon sonrası tercih edilen yürüme hızının hafifçe arttığını, daha çok adım sayısı ile yürüdüklerini, adım genişliğinin arttığını, VKM işaretleyicisinin mediolateral salınımının azaldığını, vertikal salınımının ise hafifçe arttığını tespit ettik. Hastaların adım genişliği ortalamasının operasyon sonrası artmasını, çaprazlama yürüyüş paterninin kısmen azaldığı; VKM işaretleyicisinin mediolateral salınım ortalamasının düşmesini de, hastanın sağa-sola yalpalamasının azaldığı şeklinde yorumladık. Ancak; uyguladığımız yumuşak doku cerrahisini, bir kemik ameliyatı protokolü ile birleştirmenin ve hastaların operasyon sonrası alçı sürelerinin kısalıp etkin bir fizik tedavi sürecine katılmalarının; yürüme analizi verilerindeki operasyon sonrası ortaya çıkan farkların arttıracağını öngörmekteyiz. Örneğin; McMulkin ve arkadaşlarının yaklaşık 140 serebral palsili çocukla gerçekleştirdiği, evre I/II ve evre III hastaları ayrı ayrı değerlendirdiği, hastaları sadece yumuşak doku cerrahisi geçiren ve yumuşak doku cerrahisine ek olarak eksternal femoral derotasyonel osteotomi geçirenler olarak 2 gruba ayırdığı çalışmalarında; kemik ameliyatının yürümeye özgün katkısı araştırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaya göre; bazı yürüme analizi verilerinin operasyon öncesi ve sonrası sadece yumuşak doku cerrahisi geçiren grupta istatistiksel olarak değişmezken, kemik cerrahisi de geçiren grupta fark ettiği saptanmıştır. Ortalama pelvik ve kalça rotasyonları, ayak progresyon açısı, salınım evresinde pik diz fleksiyonu gibi parametreler kemik ameliyatı geçiren grupta anlamlı derecede fark etmiştir. Ancak bizim bulgularımıza benzer şekilde, sadece yumuşak doku cerrahisi geçiren grubun kadans sayısı operasyon öncesi ve sonrası anlamlı olarak değişmemiştir. Yine çalışmamızdaki bulgulara şekilde yürüme hızının da, her iki grupta operasyon öncesi ve sonrası anlamlı olarak fark etmediği tespit edilmiştir.¹²¹ Diğer yandan; Svehlik ve arkadaşlarının 11 serebral palsili ve yumuşak doku cerrahisi geçirmiş çocuk ile gerçekleştirdiği çalışmalarında operasyon öncesi ve sonrası yapılan yürüme analizi verilerine göre; tercih edilen yürüme hızının özellikle ameliyat

sonrası yapılan 9.ay ölçümlerinde belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir. Kadans ortalamasının ise operasyondan 3 ay sonra yapılan ölçümlerde anlamlı olarak değişmediği; buna rağmen 9 ay sonraki ölçümlerde anlamlı olarak artmış olduğu fark edilmiştir. Aynı çalışmada bizim bulgularımıza benzer şekilde adım genişliği; operasyon sonrası yapılan 2 ayrı ölçümde de istatistiksel olarak farklı bulunamamıştır. Ancak bizim bulgularımızdan farklı olarak VKM işaretleyicisinin vertikal yer değişiminin 3.ay kontrolünde benzer; 9.ay kontrolünde ise istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığı tespit edilmiştir.¹²²

Çalışmamız esnasında ameliyat ettiğimiz hastaların farklı şehirlerden kliniğimize yönlendirilmesi nedeni ile ameliyat sonrası dönemde fizik tedavi protokolleri değişken oldu. Standart veya tek merkezli fizyoterapinin ameliyat sonrası ölçüm sonuçlarını olumlu yönde değiştirebileceği düşünüldü.

Yukarıda bahsedilenlere ek olarak; her ne kadar ortopedik operasyon ile hastalarımızın yürümesini stabilize etmeye çalışıp, uzun vadede yürümelerini iyileştirmeyi hedeflese de; operasyondan sonrası yürüme kabiliyetinin ameliyat öncesinden daha kötü olduğu bilinen 6 aylık bir dönem bulunmaktadır.^{122,123} Hem zamana bağlı parametrelerin; adım sayısı, adım uzunluğu gibi; hem de kalça, diz ve bilek kinematiği ölçümlerinin operasyon sonrası 3.ayda yapılan ölçümlerde; operasyon öncesi döneme göre daha başarısız bir tablo oluşturduğu Svehlik ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile de desteklenmiştir.¹²² Dolayısı ile hastalarımızın uzun dönem takipleri sırasında yapılabilecek ek yürüme analizi testlerinde daha belirgin farklar göreceğimizi öngörmekteyiz. Diğer yandan; çalışma grubumuzdaki hasta sayısının artırılmasının da operasyon öncesi ve sonrası veriler arasındaki farkı belirginleştireceğini düşünmekteyiz. Ayrıca; serebral palsili hastaların, tıpkı çalışmamızda uyguladığımız gibi preoperatif dönemde multidisipliner bir yaklaşım içinde değerlendirilmesinin son derece önemli ek bilgiler sağlayabileceği gibi tedavilerinde de optimum faydaya ulaşabileceğini düşünmekteyiz.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda multilevel gevşetme operasyonu geçirmiş serebral palsili çocukların, operasyon öncesi ve sonrası enerji tüketimi ölçümleri ve 3 boyutlu yürüme analizi verileri karşılaştırılmıştır. Bulgularımız göz önünde bulundurulduğunda çıkarılan sonuçlar aşağıda yer almaktadır:

1. Hastaların operasyon öncesi ve sonrası istirahat koşulunda ölçülen enerji tüketimi ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. İstirahat enerji tüketimini en çok etkileyen değişken olan yağsız vücut kütlelerinin de operasyon öncesi ve sonrası anlamlı derecede fark etmemesi, bu bulgumuz ile tutarlıdır.
2. Hastaların tercih ettikleri yürüme hızında ölçülen yürüme enerji tüketimi ve O₂ tüketimi operasyon sonrası anlamlı derecede azalmıştır. Yürüme enerji tüketiminin operasyon sonrası azalması; uygulamış olduğumuz multilevel gevşetme operasyonun hastaların yürümesini fark edilir oranda kolaylaştırmıştır.
3. Tercih edilen yürüme hızı, kadans sayısı, adım genişliği, vücut kütle merkezi işaretleyicisinin mediyolateral ve vertikal yönlerdeki yer değişimleri gibi yürüme analizi verileri, operasyon öncesi ve sonrası anlamlı derecede fark etmemiştir.
4. Cerrahi sonrası ölçümlerin daha uzun süreli aralıktan sonra yapılmasının sonuçları değiştirebileceği düşünülebilir
5. Hastaların operasyon sonrası fizik tedavi protokollerinin aynı merkezde eşit sürelerde yapılmasının daha objektif bir değerlendirmeye imkan sağlayacağını düşünmekteyiz.
6. Serebral palsili hastaların, operasyon öncesi multidisipliner bir yaklaşım içinde değerlendirilmesinin önemli ek bilgiler sağlayarak hem operasyon planlamasının daha sağlıklı yapılmasını hem de operasyon sonuçlarının daha etkin hale gelerek, hastaların maksimum seviyede fayda görmelerine katkısı olacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Bax, M, et al., Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. Dev Med Child Neurol, 2005. 47(8): p. 571-6.
2. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al., A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. Dev Med Child Neurol Suppl. 2007 Feb;109:8-14.
3. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. Dev Med Child Neurol. 2002 Sep;44(9):633-40.
4. Menkes JH, Sarnat HB. Perinatal asphyxia and trauma. In: Menkes JH, Sarnat H, editors. Child neurology. Chapter 5. Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p.401-36
5. Beşer E, Atasoylu G, Akgör Ş, et al., Aydın il merkezinde özürllülük prevalansı, etyolojisi ve sosyal boyutu. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni 2006;5:267-5
6. Berker N, Yalçın S. The HELP guide to cerebral palsy 2nd ed. Washington: Global Help Health Education Using Low-cost Publications Merrill Corp; 2010
7. Hagberg B, Hagberg G, Olow I, et al., The changing panorama of cerebral palsy in Sweden. VII. Prevalence and origin in the birth year period 1987-1990. Acta Paediatr. 1996 Aug;85(8):954-60
8. Platt MJ, Cans C, Johnson A, et al., Trends in cerebral palsy among infants of very low birthweight (<1500 g) or born prematurely (<32 weeks) in 16 European centres: a database study. Lancet. 2007 Jan 6;369(9555):43-50.
9. Van Naarden Braun K, et al. Birth Prevalance of Cerebral Palsy: A Population-Based Study. Pediatrics. 2016.
10. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. Dev Med Child Neurol. 2002 Sep;44(9):633-40.
11. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE). Dev Med Child Neurol. 2000 Dec;42(12):816-24.

12. Jones MW, Morgan E, Shelton JE, et al., Cerebral palsy: introduction and diagnosis (part I). *J Pediatr Health Care*. 2007 May-Jun;21(3):146-52. Review.
13. Shevell MI. The "Bermuda triangle" of neonatal neurology: cerebral palsy, neonatal encephalopathy, and intrapartum asphyxia. *Semin Pediatr Neurol*. 2004 Mar;11(1):24-30
14. Ashwal S, Russman BS, Blasco PA, , et al., Practice parameter: diagnostic assessment of the child with cerebral palsy: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. *Neurology*. 2004;62:851-63.
15. Himmelmann K, Hagberg G, Beckung E, et al., The changing panorama of cerebral palsy in Sweden. IX. Prevalence and origin in the birth-year period 1995-1998. *Acta Paediatr*. 2005 Mar;94(3):287-94.
16. Rusmann BS, Ashwall S. Evaluation of the child with cerebral palsy. *Semin Pediatrics Neurol* 2004; 11:47-57
17. Erkin G, Delialioglu SU, Ozel S, et al., Risk factors and clinical profiles in Turkish children with cerebral palsy: analysis of 625 cases. *Int J Rehabil Res*. 2008 Mar;31(1):89-91. doi: 10.1097/MRR.0b013e3282f45225.
18. Ellenberg JH, Nelson KB. The association of cerebral palsy with birth asphyxia: a definitional quagmire. *Dev Med Child Neurol*. 2013
19. Marret S, Vanhulle C, Laquerriere Pathophysiology of cerebral palsy. *Handb Clin Neurol*. 2013;111:169-76-9.
20. Billiards SS, Haynes R, Folkerth RD et al. Development of microglia in the cerebral white matter of the human fetus and infant. *J Comp Neurol* 2006, 497: 199–208.
21. Stanley F, Blair E, Alberman E. Cerebral palsies: Epidemiology and casual pathways. London: Clinics in Developmental Medicine No.151 Mac Keith Press;2000
22. Yalçın S, Özaras N, Dormans J. Serebral palsy tedavi ve rehabilitasyon. *Mas Matbaacılık*, 2000. s.13-31.
23. Pellegrino L: Cerebral palsy. In Batshaw ML, editor: *Children with disabilities*, ed 4, Baltimore, 1997, Paul H. Brookes

24. Herring JA. Disorders of the brain. In: Tachdjians pediatric orthopedics. vol. 2, 3rd edition. Philadelphia: W. B. Saunders;2002 p. 1121-242
25. Renshaw TS, Green NF, Griffin PP, et al. Cerebral palsy: orthopedic management. Instr Course lect 1996;45:547-90
26. Russman B. S. Cerebral Palsy: Definition, Manifestation and Etiology, Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 2002; 48: 4-6
27. Winters TF Jr, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. J Bone Joint Surg Am. 1987 Mar;69(3):437-41.
28. Gage JR, Novacheck TF. An update on the treatment of gait problems in cerebral palsy. J Pediatr Orthop B. 2001 Oct;10(4):265-74.
29. Özcan O., Arpacıoğlu O., Turan B.; Nörorehabilitasyon; ; Güneş Nobel Tıp Kitabevleri; 2000; 137-48.
30. Beyazova M., Kutsal Y.G.; Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Cilt 2; Güneş Kitabevi; 2000; 2359-2439.
31. Özcan H. Cerebral Palsy. 1. Baskı, İstanbul: Boyut Matbaacılık Ağ, 2005.
32. Molnar GE. Pediatric rehabilitation. Hanley: Alexander Belfus Inc ;1999 p. 193-213..
33. Oğuz H, Dursun E, Dursun N. Tıbbi rehabilitasyon. İstanbul:Nobel Tıp Kitabevleri;2004
34. Sankar C, Mundkur N. Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. Indian J Pediatr. 2005 Oct;72(10):865-8. Review
35. Erkin G, Delialioğlu SU, Özel S, et al., Risk factors and clinical profiles in Turkish children with cerebral palsy: analysis of 625 cases. Int J Rehabil Res. 2008 Mar;31(1):89-91. doi: 10.1097/MRR.0b013e3282f45225.
36. Krigger KW. Cerebral Palsy: An Overview. American Family Physician, 2006; 73(1): 91-100.
37. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy.Dev Med Child Neurol. 1997 Apr;39(4):214-23.
38. Soo B, Howard JJ, Boyd RNet al. Hip displacement in cerebral palsy. J Bone Joint Surg Am 2006; 88(1):121-129.

39. Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL et al. Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2000 Oct;80(10):974-85
40. Wood E, Rosenbaum P. The gross motor function classification system for cerebral palsy: a study of reliability and stability over time. *Dev Med Child Neurol*. 2000 May;42(5):292-6.
41. Kerr Graham, Bill Reid, Adrienne Harvey. The Royal Children's Hospital, Melbourne Eastern Resource Centre, Melbourne, Australia
42. Kuban KC, Leviton A. Cerebral palsy. *N Engl J Med*. 1994 Jan 20;330(3):188-95. Review.
43. Singhi PD, Ray M, Suri G. Clinical spectrum of cerebral palsy in north India--an analysis of 1,000 cases. *J Trop Pediatr*. 2002 Jun;48(3):162-6. doi: 10.1093/tropej/48.3.162.
44. Dormans JP, Pellegrino L. Caring for children with cerebral palsy. 1st ed. Baltimore: Brookers Publishing Co;1998
45. Aydın R, Müslümanoğlu L. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. 1.Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2000: 531-538.
46. Winters TF Jr, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1987 Mar;69(3):437-41.
47. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987;67:206-7
48. Koman LA, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet* 2004; 363(9421):1619-1631.
49. Türkiye Fiziksel Tıp Rehabilitasyon Dergisi 2012;58 Özel Sayı 1; 21-7
50. Herring JA. Cerebral palsy. In: Tachdjians pediatric orthopedics. vol. 2, 4rd edition. W. B. Saunders;2012
51. Letts M, Shapiro L, Mulder K et al. The windblown hip syndrome in total body cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 1984 Jan;4(1):55-62
52. Van Heest AE, House JH, Cariello C. Upper extremity surgical treatment of cerebral palsy. *J Hand Surg Am*. 1999 Mar;24(2):323-30
53. Dabney KW, Miller F. Cerebral palsy. In: Abel MF, editor. Orthopaedic knowledge update pediatrics. 3rd edition. Rosemond: American Academy of Orthopedic Surgeons, 2006

54. Soo B, Howard JJ, Boyd RN, et al. Hip displacement in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88(1):121-129.
55. Häggglund G, Andersson S, Dümpe H, et al. Prevention of dislocation of the hip in children with cerebral palsy. The first ten years of a population-based prevention programme. *J Bone Joint Surg Br.* 2005 Jan;87(1):95-101.
56. McNerney NP, Mubarak SJ, Wenger DR. One-stage correction of the dysplastic hip in cerebral palsy with the San Diego acetabuloplasty: results and complications in 104 hips. *J Pediatr Orthop.* 2000 Jan-Feb;20(1):93-103.
57. Terjesen T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral palsy: a radiographic study of 76 patients. *Acta Orthop.* 2006 Feb;77(1):125-31.
58. Bagg MR, Farber J, Miller F. Long-term follow-up of hip subluxation in cerebral palsy patients. *J Pediatr Orthop.* 1993 Jan-Feb;13(1):32-6
59. The stability of the hip in children. A radiological study of the results of muscle surgery in cerebral palsy. Reimers J. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1980;184:1-100.
60. Young NL, Wright JG, Lam TP, et al. Windswept hip deformity in spastic quadriplegic cerebral palsy. *pediatr Phys Ther* 1998;10:94-100
61. Karlen JW, Skaggs DL, Ramachandran M, et al. The Dega osteotomy: a versatile osteotomy in the treatment of developmental and neuromuscular hip pathology. *J Pediatr Orthop.* 2009 Oct-Nov;29(7):676-82. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181b7691a.
62. Debnath UK, Guha AR, Karlakki S, et al. Combined femoral and Chiari osteotomies for reconstruction of the painful subluxation or dislocation of the hip in cerebral palsy. A long-term outcome study. *J Bone surg* 2006;88:1373-8
63. Inan M, Chan G, Dabney K, et al. Heterotopic ossification following hip osteotomies in cerebral palsy: incidence and risk factors. *J Pediatr Orthop.* 2006 Jul-Aug;26(4):551-6.
64. Castle ME, Schneider C.J. Proximal femoral resection-interposition arthroplasty. *Bone Joint Surg Am.* 1978 Dec;60(8):1051-4.

65. McHale KA, Bagg M, Nason SS. Treatment of the chronically dislocated hip in adolescents with cerebral palsy with femoral head resection and subtrochanteric valgus osteotomy. *J Pediatr Orthop.* 1990 Jul-Aug;10(4):504-9.
66. de Moraes Barros Fucs PM, Svartman C, de Assumpção RM, et al. Treatment of the painful chronically dislocated and subluxated hip in cerebral palsy with hip arthrodesis. *J Pediatr Orthop.* 2003 Jul-Aug;23(4):529-34
67. Root L, Goss JR, Mendes J. The treatment of the painful hip in cerebral palsy by total hip replacement or hip arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1986 Apr;68(4):590-8.
68. Buly RL, Huo M, Root L, et al. Total hip arthroplasty in cerebral palsy. Long-term follow-up results. *Clin Orthop Relat Res.* 1993 Nov;(296):148-53.
69. Raphael BS, Dines JS, Akerman M, et al. Long-term followup of total hip arthroplasty in patients with cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res.* 2010 Jul;468(7):1845-54.
70. Kay RM, Rethlefsen SA, Skaggs D, et al. Outcome of medial versus combined medial and lateral hamstring lengthening surgery in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 2002 Mar-Apr;22(2):169-72.
71. Park MS, Chung CY, Lee SH, et al. Effects of distal hamstring lengthening on sagittal motion in patients with diplegia: hamstring length and its clinical use. *Gait Posture.* 2009 Nov;30(4):487-91.
72. Miller F. *Cerebral palsy.* New York: springer; 2005
73. Penneçot GF. Limits of clinical joints evaluation in children with cerebral palsy. *Ann Readapt Med Phys.* 2007 May;50(4):266-7. Epub 2007 Mar 8. French.
74. Yalçın, S., et al., *Serebral palsi tedavi ve rehabilitasyon.* Mas Matbağacılık, 2000: p. 13-31.
75. Mosca VS. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hindfoot. Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1995 Apr;77(4):500-12.
76. Evans D. Calcaneo-valgus deformity. *J Bone Joint Surg Br.* 1975 Aug;57(3):270-8.

77. Whittle MW. Gait Analysis, An Introduction. 4th Ed., Elsevier, 2007.
78. Kirtley C. Clinical Gait Analysis. Theory and Practice. 1st Ed., Elsevier, 2006.
79. Kandell ER, Schwartz JH, Jessell TM, et al. Principles of Neural Science. 5th Ed., Mc Graw Hill, 2013.
80. Racic V, Pavic A, Brownjohn JMV. Experimental identification and analytical modelling of human walking forces: Literature review. Journal of Sound and Vibration, 2009, 326:1-49.
81. Murray MP. Gait as a total pattern of movement. American Journal of Physical Medicine, 1967, 46:290-333.
82. Davis RB, Ounpuu S, Tybursky D, et al. A gait analysis data collection and reduction technique. Human Movement Science, 1991, 10:575-578.
83. Sih BL, Hubbard M, Williams KR. Correcting out-of-plane errors in two-dimensional imaging using nonimage-related information. Journal of Biomechanics, 2001, 34:257-260
84. Esquenazi A, Hiari B. Assessment of gait and orthotic prescription. Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 1991, 2:473–485.
85. Cappozzo A, Leardini U, DellaCroce L, et al. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part1:theoretical background. Gait and Posture, 2005, 21:186–196.
86. Rose-Jacobs R. Development of gait at slow, free, and fast speeds in 3- and 5-year-old children. Physical Therapy, 1983, 63:1251-1259.
87. Hurt CP, Rosenblatt N, Crenshaw JR, et al. Variation in trunk kinematics influences variation in step width during treadmill walking by older and younger adults. Gait & Posture, 2010, 31:461-464.
88. O'Connor SM, Donelan JM. Fast visual prediction and slow optimization of preferred walking speed. J Neurophysiol, 2012, 107:2549-2559.
89. Bertram JE. Constrained optimization in human walking: cost minimization and gait plasticity. J Exp Biol, 2005, 208:979-991.
90. Smith CA, Rodman JR, Chenuel BJ, et al. Response time and sensitivity of the ventilatory response to CO₂ in unanesthetized intact dogs: central vs. peripheral chemoreceptors. J Appl Physiol, 2006, 100: 13–19.
91. Perry J. Gait Analysis: Normal and Pathological Function. Thorofare, NJ:Slack Incorporated, 1992.

92. Prince F, Winter DA, Stergiou P. Anticipatory control of upper body balance during human locomotion. *Gait & Posture*, 1994, 2:19-25.
93. Lobet S, Rodriguez-Merchan EC. Management strategies for ankle arthropathy. 5th Haemophilia Global Summit, 13-16, 2015.
94. Barret K, Brooks H, Boitano S, Barman S. Ganong's Review of Medical Physiology. 23th Ed., The McGraw-Hill Companies, 2010.
95. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. 6th Ed., Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2007.
96. Wilmore JH, Costill DL. Physiology of Sport and Exercise. 3rd Ed., Hong Kong: Human Kinetics, 2004.
97. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 11th Ed., Philadelphia: Elsevier Saunders, 2006.
98. Barret K, Brooks H, Boitano S, Barman S. Ganong's Review of Medical Physiology. 23th Ed., The McGraw-Hill Companies, 2010.
99. Robergs RA, Keteyian SJ. Fundamentals of Exercise Physiology for Fitness, Performance and Health. 2nd Ed., New York: Mc Graw Hill, 2003.
100. Matarese LE. Indirect Calorimetry: Technical aspects. *J Am Diet Assoc*, 1997; 97(10 Suppl 2):S154-S160.
101. Salvadego D, Lazer S, Busti C. Gas exchange kinetics in obese adolescents. Inferences on exercise tolerance and prescription. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2010;299(5):1298-1305.
102. Matarese LE, Fada RD. Indirect Calorimetry: Technical Aspects. *J Am Diet Assoc.*, 1997, 97:154-160.
103. Weir JB de V. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*, 1949, 109:1-9.
104. Robergs RA, Keteyian SJ. Fundamentals of Exercise Physiology for Fitness, Performance and Health. 2nd Ed., New York: Mc Graw Hill, 2003.
105. Dal U, Erdoğan T, Reşitoğlu B, Beydağı H. Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. *Gait&Posture*, 2010; 31(3):366-369.

106. Dal U, Erdoğan AT, Cüreöğlu A, et al. Antropometrik Özelliklerin Tercih Edilen Yürüme Hızı ve Yürüme Sırasında Harcanan Enerji Miktarına Etkileri: Oksijen Maliyeti-Oksijen Tüketimi. Mersin Univ Sağlık Bilim Derg, 2010; 3(1):9-14.
107. Hofsteenge GH, Chinapaw MJM, Delemarre-van de Waal HA, et al. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in obese adolescents. Am J Clin Nutr, 2010; 91(5):1244-1254.
108. Westphal AB, Kossel E, Goele K, et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. Am J Clin Nutr, 2009; 90(4): 993-1001.
109. Mellecker RR, McManus AM. Measurement of Resting Energy Expenditure in Healthy Children. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 2009;33:6.
110. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism 1949. Nutrition, 1990;6:213-221.
111. Compher C, Frankenfield D, Keim N, et al. Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. J Am Diet Assoc, 2006; 106:881-903.
112. Lavcanska V, Taylor NF, Schache AG. Familiarization to treadmill running in young unimpaired adults. Human Movement Science, 2005;24:544-557.
113. McGinley JL, Dobson F, Alingam RG, Shore BJ, Rutz E, Graham HK. Single-event multilevel surgery for children with cerebral palsy: a systematic review. Developmental Medicine & Child Neurology, 2011; 54:117-128.
114. Lofterød B, Terjesen T, Skaaret I, Huse AB, Reidun J. Preoperative gait analysis has a substantial effect on orthopedic decision making in children with cerebral palsy: Comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients. Acta Orthopaedica, 2007; 78 (1): 74-80.
115. Cook RE, Schneider I, Hazlewood ME, Hillman SJ, Robb JE. Gait analysis alters decision-making in cerebral palsy. J Pediatr Orthop, 2002; 23: 292-5.

116. Heymsfield SB, Gallagher D, Kotler DP, Wang Z, Allison DB, Heshka S. Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2002; 282:132-8.
117. Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise*. 3rd Ed., Hong Kong: Human Kinetics, 2004.
118. Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture*, 1999;9(3):207–31.
119. Stoquart G, Detrembleur C, Lejeune T. Effect of speed on kinematic, kinetic, electromyographic and energetic reference values during treadmill walking. *Neurophysiol Clin*, 2008;38(2):105–16.
120. Wren TAL, Otsuka NY, Bowen NE, Scaduta AA, Chan LS, Dennis SW, Rethlefsen SA, Healy BS, Hara R, Sheng M, Kay RM. Outcomes of lower extremity orthopedic surgery in ambulatory children with cerebral palsy with and without gait analysis: Results of a randomized controlled trial. *Gait and Posture*, 2013; 38:236-241.
121. McMulkin ML, Gordon AB, Caskey PM, Tompkins BJ, Baird GO. Outcomes of Orthopaedic Surgery With and Without an External Femoral Derotational Osteotomy in Children With Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop*, 2016, 36 (4): 382-386.
122. Svehlika M, Slaby K, Soumard L, Smetanaa P, Kobesovac A, Trca T. Evolution of walking ability after soft tissue surgery in cerebral palsy patients: what can we expect? *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 2008; 17(3):107-112.
123. Reimers J. Functional changes in the antagonists after lengthening the agonists in cerebral palsy. II. Quadriceps strength before and after distal hamstring lengthening. *Clin Orthop Relat Res*, 1990; 253:35-37.
124. Rose J, Gamble JG, Burgos A, Medeiros J, Haskell WL. Energy expenditure index of walking for normal children and for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 1990; 32:333-340.
125. Dahlback GO, Norlin R. The effect of corrective surgery on energy expenditure during ambulation in children with cerebral palsy. *European Journal of Applied Physiology*, 1985; 54:67-70.

126. Balaban B, Yasar E, Dal U, Yazicioglu K, Mohur H, Kalyon Ta. The effect of hinged ankle-foot orthosis on gait and energy expenditure in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 2007; 29(2):139-144.
127. Schwartz M, Viehwegerc E, Stout J, Novacheck TF, Gage JR. Comprehensive Treatment of Ambulatory Children With Cerebral Palsy An Outcome Assessment. *J Pediatr Orthop*, 2004; 24 (1):45-53.



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

APGAR	:Görünüm, Kalp hızı, Refleks yanıt, Tonus, Solunum
BMH	:Bazal Metabolik Hız
CCD	:Yük-Bağlaşık Aygıt
CO₂	:Karbondiyoksit
DİF	:Distal İnterfalangeal
DTR	:Derin Tendon Refleksi
EMG	:Elektromiyografi
GABA-B	:Gama Amino Bütirik Asit
KKAL/GÜN	:1 Gün Başına Kilo Kalori
KMFSS	:Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi
LED	:Işık Yayan Diyot
MM	:Milimetre
MP	:Metakarpofalangeal
MSS	:Merkezi Sinir Sistemi
O₂	:Oksijen
PİF	:Proksimal İnterfalangeal
PVL	:Periventriküler Lökomalazi SP : Serebral Palsi
ROM	:Eklem Hareket Açıklığı
RQ	:Solunumsal Değişim Oranı
S2	:2. Sakral Vertebra
SCPE	:Avrupa Serebral Palsi Araştırma Topluluğu
TEYH	:Tercih Edilen Yürüme Hızı
VKM	:Vücut Kütle Merkezi
VO₂	:Dakikada Harcanan O ₂ Miktarı

ŞEKİL VE RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Milattan önceki dönemlere ait bir tablette hemiplejik bir hasta görüntüsü	11
Şekil 2. Periventriküler lökomalazi	13
Şekil 3. Etkilenen beyin bölgesine göre serebral palsi sınıflandırması	14
Şekil 4. Periventriküler lökomalazi	16
Şekil 5. Şematize edilmiş Kaba Motor Fonksiyonel Sınıflandırma Sistemi	19
Şekil 6. Staheli testi ile kalça fleksiyon kontraktürü ölçümü	24
Şekil 7. Thomas testi ile kalça fleksiyon kontraktürü	25
Şekil 8. Holt metodu ile popliteal açı ölçümü ile hamstring kası spastisitesi ölçümü	26
Şekil 9. Duncan-Ely testi ile rektus femoris kası spastisitesi ölçümü	27
Şekil 10. Silferskiöld testi	28
Şekil 11. Çıkık/yarı çıkık radyografi belirteçleri şematizasyonu	31
Şekil 12. Pelvik osteotomilerin şematize edilmiş hali	34
Şekil 13. Yürüme siklusu ve evreleri	47
Şekil 14. Yürümenin ters sarkaç modeli	51
Şekil 15. Adduktor ve iliopsoas tenotomisi için insizyon çizimleri	57
Şekil 16. Hamstring, ve biceps tendonu için tenotomi ve fraksiyone uzatma için çizim	59
Şekil 17. Modifiye Hoke yöntemiyle aşiloplasti uygulaması	61
Şekil 18. Petrie alçısı (uzun bacak alçı) uygulanmış hasta	61
Şekil 19. Hastaların istirahat enerji tüketimi kaydı	62
Şekil 20. Hastaların tercih ettikleri yürüme hızlarının belirlenmesi	63
Şekil 21. Hastaların yürüme enerji tüketimi kaydına hazırlanması	64
Şekil 22. Yürüme Analizi Sistemi Kamera Yerleşim Şeması	65

Şekil 23. İşaretleyicilerin hasta üzerine sabitlenmiş pozisyonları	66
Şekil 24. MaxPRO® görüntüsü (üstteki işaretleyici VKM), alttaki ikisi topuk işaretleyicileri	67



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası antropometrik ortalamalarının karşılaştırılması	69
Tablo 2. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası İET ortalamalarının karşılaştırılması	70
Tablo 3. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası yürüme enerji tüketimleri ve O ₂ kullanımlarının karşılaştırılması	71
Tablo 4. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası O ₂ maliyetlerinin Karşılaştırılması	71
Tablo 5. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası tercih ettikleri yürüme hızlarının karşılaştırılması	72
Tablo 6. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası kadans ortalamalarının karşılaştırılması	72
Tablo 7. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası adım genişliği ortalamalarının karşılaştırılması	73
Tablo 8. Hastaların ameliyat öncesi ve sonrası VKM işaretleyicisinin mediolateral ve vertikal eksenlerdeki yer değişimleri ortalamalarının karşılaştırılması	74