



**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ METİN SABANCI
BALTALIMANI KEMİK HASTALIKLARI SAĞLIK UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ**

**TEK TARAFLI ALT EKSTREMİTE KISALIĞI OLAN HASTALARDA
UZATMA ÖNCESİ VE SONRASI SPİNOPELVİK PARAMETRELERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Levent OĞuzhan Demirel

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2023



**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ METİN SABANCI
BALTALIMANI KEMİK HASTALIKLARI SAĞLIK UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ**

**TEK TARAFLI ALT EKSTREMİTE KISALIĞI OLAN HASTALARDA
UZATMA ÖNCESİ VE SONRASI SPİNOPELVİK PARAMETRELERİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Levent OĞuzhan Demirel

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Deniz Kargın

Op. Dr. Ahmet Kocabıyık

(TIPTA UZMANLIK TEZİ)

İSTANBUL 2023

TEŞEKKÜR

Öncelikle beni tüm hayatım boyunca destekleyen, beni bu günlere getiren annem Şule Demirel ve babam Dr. Mehmet Demirel'e, bana hayatımın her aşamasında desteklerini gösteren kardeşlerim Dt. Mustafa Burak Demirel ve Metehan Zorbey Demirel'e, benden sevgisini ve desteğini esirgemeyen hayat arkadaşım, değerli eşim Dr. Elif Akkoç Demirel'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bana vermiş olduğu vizyon ve destek için sayın başhekimimiz ve kliniğimiz hocalarından Doç. Dr. Süleyman Semih Dedeoğlu'na saygılarımı ve minnetlerimi, eğitimimde büyük katkıları olan kliniğimiz eğitim sorumlusu Prof. Dr. Mehmet Akif Kaygusuz' a sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

1. Ortopedi kliniğimizin şefi, kurumumuzdaki tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgememiş, bana karşı hep sevgi ve hoşgörülle yaklaşmış, bana mentorluk yapan ağabeyim, hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Deniz Kargın'a, bu tezin hazırlanmasında her aşamada bana yardım eden, emeğini ve desteğini esirgemeyen, ağabeyim ve tez danışmanım Op. Dr. Ahmet Kocabıyık'a içten saygı ve şükranlarımı sunarım.

Kliniklerinde çalıştığım dönemde bana hem hoca olarak hem doktor olarak, hepsinden önemlisi bir ağabey olarak bana destek veren, beni kendine güvenen bir doktor yapan hocalarım Prof. Dr. Vedat Şahin, Prof. Dr. Bilal Demir, Prof Dr. Timur Yıldırım ve Doç. Dr. M. Fırat Yağmur'ya da sonsuz saygı ve minnetimi bildirmeyi borç bilirim.

Bilgi ve deneyimlerini her fırsatta bizlere aktararak, yetişmemde katkıları olan değerli hocalarım, ablam ve ağabeylerim; Prof. Dr. Kahraman Öztürk, Prof. Dr. Şükrü Sarper Gürsu, Doç. Dr. Osman Emre Aycan, Doç. Dr. A. İlhan Bayhan, Doç. Dr. Ferdi Dırvar, Doç. Dr. Ahmet Sevcen, Doç. Dr. M. Özbey Büyükkuşçu, Doç. Dr. Devrim Özer, Doç. Dr. Ali Öner, Doç. Dr. Alper Köksal, Doç. Dr. Yavuz Arıkan, Doç. Dr. Sinan Erdoğan, Doç. Dr. Kubilay Beng, Doç. Dr. O. Nuri Özyalvaç, Doç. Dr. Hanifi Üçpunar, Doç. Dr. Serda Duman, Doç. Dr. Serkan Aykut, Doç. Dr. Kadir İlker Yıldız, Doç. Dr. Yunus İmren, Yrd. Doç. Dr. Ayşe Şencan, Doç. Dr. Mehmet Baydar, Doç. Dr. Osman Orman' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışma fırsatı bulduğum değerli uzman ağabeylerim; Op. Dr. Ramadan Öke, Op. Dr. Ümit Selçuk Aykut, Op. Dr. Osman Çimen, Op. Dr.H. Emre Akdeniz, Op. Dr. Özgün Erçeltik, Op. Dr. Hakan Bahar, Op. Dr. Barış Özkul, Op. Dr. M. Selçuk Saygılı, Op. Dr. Muhammed Mert, Op. Dr. Muhammet Coşkun Arslan, Op. Dr. Kutalmış Albayrak, Op. Dr. Yasin Güler, Op. Dr. Seçkin Basılğan, Op. Dr. A. Mutlu Vural, Op. Dr. Vakıf Keskinbıçkıkı, Op. Dr. Bilge Özkan, Op. Dr. Murat İpteç, Op. Dr. Zeki Günsoy, Op. Dr. Rüstem Jalilov, Op. Dr. Gökhan Pehlivanoğlu, Op. Dr. Ahmet Kulduk, Op. Dr. Ethem Ayhan Ünkar, Op. Dr. Cem Albay, Op. Dr. Ali Gündoğdu, Op. Dr. Ayberk Önal, Op. Dr. İbrahim Faruk Adıgüzel, Op. Dr. Gökhan Ünlü, Op. Dr. Hakan Ertem, Op. Dr. Baki Avşar Uzun, Op. Dr. Barış Acar, Op. Dr. Sevinç Ödül Oruç' a teşekkürlerimi sunarım.

Geçmişte beraber çalışma fırsatı bulduğum ağabeylerim; Op. Dr. Cem Yetkin, Op. Dr. Süleyman Kasım Taş, Op. Dr. Emre Yılmaz, Op. Dr. Osman Onaç, Op.Dr. Yakup Alpay, Op.Dr. Şuayip Akıncı, Op Dr. M. Alper İncesoy, Op. Dr. Emre Turgut, Op. Dr. Ö. İsmail Türk, Op. Dr. Atakan Ezici, Op. Dr. Erman Ulu, Op. Dr. M. Bilal Kürk, Op. Dr. Ömer Faruk Yılmaz, Op. Dr. Abdurrahman Aydın, Op. Dr. Murat Önder, Op. Dr. Ersin Demirkaynak, Op. Dr. Altar Çolak, Op. Dr. Ozan Kaya, Op. Dr. Kerem Şencan, Op. Dr. Abdurrahim Navat, Op. Dr. Sefa Selük, Op. Dr. Kemal Berkpınar, Op. Dr. Serkan Doğan, Op. Dr. Ü. Burak Alparslan, Op. Dr. Ahmet Akdoğan, Op. Dr. M. Alptekin Kocaoğlu' na teşekkürlerimi sunarım.

Aynı klinikte yıllarca birlikte çalışmaktan gurur duyduğum asistan hekim kardeşlerim; Dr. Anıl Erbaş, Dr. Sercan Bahadır, Dr. Abdülbaki Kurt, Dr. Onur Canıgüroğlu, Dr. Mehmet Ali Keskinılıç, Dr. Yener Solak, Dr. Berksu Polat, Dr. Melih Erdem Çaha, Dr. A. Murat Sobayapan, Dr. Meryem Gülendamlar Çolban, Dr. Selman Tuncer, Dr. Kürşat Sönmez, Dr. Furkan İnce, Dr. Ahmet Akbulut, Dr. Ali Kandemir'e, beraber ortopedi ve travmatolojiye başladığım eş kıdemlerim Dr. Berkay Doğan ve Dr. Tolga Çakır'a ve ismini burada sayamadığım tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Dr. Levent Oğuzhan DEMİREL

2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	29
4. BULGULAR.....	33
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇ.....	53
7. KAYNAKLAR	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 1: PELVİSİN ANTERİORDAN GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	5
ŞEKİL 2: İLİUM, PUBİS VE İSKİYUM OSSİFİKASYON MERKEZLERİ (GRAY 1918).....	6
ŞEKİL 3: FEMURUN ANTERİOR VE POSTERİORDAN GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	7
ŞEKİL 4: TİBİA VE FİBULANIN ANTERİOR VE POSTERİORDAN GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	9
ŞEKİL 5: KALÇA VE UYLUK KASLARININ ANTERİOR VE POSTERİORDAN GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	10
ŞEKİL 6: KALÇA VE UYLUK ADDÜKTÖR KOMPARTMAN KASLARININ GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	14
ŞEKİL 7: KALÇA VE UYLUK KASLARININ POSTERİORDAN GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	16
ŞEKİL 8: KRURİS KASLARININ ANTERİOR, YÜZEYEL POSTERİOR VE DERİN POSTERİOR KOMPARTMANLARININ GÖRÜNÜMÜ (GRAY 1918).....	18
ŞEKİL 9: SPİNOPELVİK PARAMETRE DİAGRAMI.....	20
ŞEKİL 10: 1. İLİZAROV FİKSATÖR, 2. LRS FİKSATÖR, 3. HİBRİD FİKSATÖR, 4. TAYLOR SPATİAL FRAME TİPİ FİKSATÖR.....	27
ŞEKİL 11: ÇİVİ ÜZERİNDEN UZATMA (LON) YÖNTEMİ.....	28
ŞEKİL 12: PRECİCE MANYETİK KENDİNDEN UZAYABİLEN TİBİA ÇİVİSİ.....	29
ŞEKİL 13: AP UZUNLUK FİLMİNDE HER İKİ ALT EKSTREMİTE ÖLÇÜMÜ.....	32
ŞEKİL 14: AYAKTA LATERAL SPİNOPELVİK GÖRÜNTÜDE PT, PI VE SS ÖLÇÜMLERİ.....	32
ŞEKİL 15: CİNSİYET DAĞILIMI.....	34
ŞEKİL 16: UZATMA YAPILAN TARAF DAĞILIMI.....	34
ŞEKİL 17: UZATMA YAPILAN KEMİK DAĞILIMI.....	35
ŞEKİL 18: UZATMA YAPILAN CERRAHİ YÖNTEM DAĞILIMI.....	35
ŞEKİL 19: UZATMA YAPILAN OSTEOTOMİ BÖLGESİ DAĞILIMI.....	36
ŞEKİL 20: POSTOP SS DEĞERLERİNİN OSTEOTOMİ BÖLGELERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRMASI.....	43
ŞEKİL 23: VAKA 2 PREOP UZUNLUK GRAFİSİ VE LATERAL SPİNOPELVİK GRAFİ.....	46
ŞEKİL 25: VAKA 3 PREOP UZUNLUK GRAFİSİ VE LATERAL SPİNOPELVİK GRAFİ.....	48
ŞEKİL 26: VAKA 3 POSTOP UZUNLUK GRAFİSİ VE LATERAL SPİNOPELVİK GRAFİ.....	49

TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO 1: SPİNOPELVİK PARAMETRELERİN YAŞA GÖRE DAĞILIMI (39).....	20
TABLO 2: ÇALIŞMAYA DAHİL EDİLECEK HASTALARIN ÖZELLİKLERİ	30
TABLO 3: HASTA DEMOGRAFİK BİLGİLERİ.....	33
TABLO 4: PREOP VE POSTOP ALT EKSTREMİTE UZUNLUKLARI VE BOY FARKI ORTALAMALARI	37
TABLO 5: PREOP VE POSTOP SPİNOPELVİK DEĞERLERİNİN ORTALAMALARI	37
TABLO 6: NORMALLİK TESTİ	38
TABLO 7: ÇARPIKLİK VE BASIKLIK DEĞERLERİ	38
TABLO 8: BAĞIMLI ÖRNEKLEM TESTİ	39
TABLO 9: WILCOXON İŞARETLİ SIRALAR TESTİ	39
TABLO 10: NORMALLİK TESTİ.....	39
TABLO 11: SPEARMAN KORELASYON TESTİ.....	40
TABLO 12: ANOVA	41
TABLO 13: POST HOC DÜZELTME	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

AP:	Anteroposterior
ISKD:	Intramedullary Skeletal Knee Distractor
LON:	Lengthening Over Nail (Çivi üzerinden uzatma)
POSTOP:	Postoperatif
PREOP:	Preoperatif
PT:	Pelvik tilt
PI:	Pelvik insidans
SS:	Sakral slop
SİAS:	Spina İliaka Anterior Superior
SİAİ:	Spina İliaka Anterior İnferior

ÖZET

Amaç:

Tek taraflı alt ekstremite eşitsizliğinin omurgada koronal dengeyi bozup, fonksiyonel skolyoz yaptığı bilinmektedir. Ancak bu durumun omurgada sagittal dengeyle olan ilişkisi literatürde çok bulunmamaktadır. Bizim amacımız tek taraflı alt ekstremite eşitsizliğinin uzatma tedavisi öncesi ve sonrası, spinopelvik parametreler üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.

Gereç ve Yöntem:

Ocak 2018 ve Haziran 2022 tarihleri arasında kurumumuzda alt ekstremite boy eşitsizliği sebebiyle uzatma tedavisi gören hastalar retrospektif olarak tarandı. Çalışmamıza uygun kriterleri sağlayan hastaların AP uzunluk grafileri ve lateral spinopelvik grafileri değerlendirildi. Hastalar, uzatma yapılan kemik, osteotomi bölgesi, kullanılan cerrahi tedavilere göre gruplandı. Uzatma tedavisi öncesi ve sonrası, her iki alt ekstremite arasındaki boy eşitsizliği, spinopelvik parametreler ölçüldü. Ölçülen parametreler istatistiki olarak karşılaştırıldı.

Bulgular:

8'i kadın, 15'i erkek, toplam 23 hastamızın ortalama yaşları 23,43 ($\pm 9,99$) bulundu. Ölçülen ortalama preoperatif alt ekstremite boy farkı 6,77 ($\pm 3,41$) cm iken, postoperatif alt ekstremite boy farkı 3,75 ($\pm 2,31$) cm bulundu. Preoperatif pelvik tilt $3,44^\circ$ ($\pm 10,68$), pelvik insidans $48,66^\circ$ ($\pm 9,54$), sakral slop değerleri bulunurken $45,21^\circ$ ($\pm 8,05$), yapılan postoperatif ölçümlerde pelvik tilt $2,59^\circ$ ($\pm 9,73$), pelvik insidans $49,31^\circ$ ($\pm 9,48$), sakral slop $46,72^\circ$ ($\pm 8,55$) değerleri saptandı. Spinopelvik parametrelerin preoperatif ve postoperatif karşılaştırmalarında istatistiki anlamlı sonuç bulunamadı. Ancak osteotomi bölgesine göre spinopelvik parametreler değerlendirildiğinde, distal femoral osteotomi yapılarak uzatılan hastalarda sakral slop değerlerinin diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu istatistiki olarak saptandı ($p < 0,05$).

Sonuç:

Tek taraflı alt ekstremite boy eşitsizliğinin spinopelvik parametreler üzerinde güçlü bir etkisi saptanmadı. Fakat uzatma yapılan hastalarda tercih edilen osteotomi bölgesinin spinopelvik parametreleri etkilediği görülmektedir. Dolayısıyla tek taraflı uzatma yapılacak olan hastalarda spinopelvik parametre ölçümleri rutin olarak gerekmemekle birlikte, bu durum hastaların tedavi seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar kelimeler:

Alt Ekstremitte Boy Eşitsizliği, Kemik Uzatma, Spinopelvik Parametreler, Sagittal Denge

EVALUATION OF SPINOPELVIC PARAMETERS BEFORE AND AFTER LENGTHENING IN PATIENTS WITH LIMB LENGTH DISCREPANCY

ABSTRACT

Purpose:

It has been shown that limb length discrepancy causes, functional scoliosis by disrupting coronal spinal balance. However according to scientific literature, the relationship between limb length discrepancy and sagittal spinal balance is not yet established. Our purpose in this study is to research the effects of bone lengthening and limb length inequality on spinopelvic parameters.

Material and Method:

Between January 2018 and June 2022, we performed a retrospective search for patients with limb length discrepancy who were treated in our facility. On patients who were eligible to our inclusion criteria we evaluated AP standing lower limb views and lateral spinopelvic views. We sorted patients into groups of treated bone, osteotomy location, chosen treatment option. We measured limb length inequality, spinopelvic parameters before and after lengthening. We compared the results using statistical methods.

Results:

Of 23 patients 8 of them were female and 15 of them were male. Their mean age was 23,43 ($\pm 9,99$). Preoperative mean limb length inequality was found 6,77 ($\pm 3,41$) cm, postoperative this value was found 3,75 ($\pm 2,31$) cm. Preoperative mean pelvic tilt value was found $3,44^\circ$ ($\pm 10,68$), mean pelvic incidence was found $48,66^\circ$ ($\pm 9,54$), sacral slope was found $45,21^\circ$ ($\pm 8,05$). Postoperative mean pelvic tilt value was found $2,59^\circ$ ($\pm 9,73$), mean pelvic incidence was found $49,31^\circ$ ($\pm 9,48$), sacral slope was found $46,72^\circ$ ($\pm 8,55$). Comparison between preoperative and postoperative spinopelvic values were not found statistically meaningful. However, when evaluated according to groups of osteotomy locations, patients who were lengthened

by distal femoral osteotomy location showed higher values of sacral slope compared to other osteotomy locations ($p < 0,05$).

Conclusion:

In our study we didn't find a strong relationship between limb length inequality and its treatment on spinopelvic parameters. However, we found that when bone lengthening, chosen osteotomy location can affect patients spinopelvic parameters. Even though routine measurements of spinopelvic parameters are not necessary, when choosing the right treatment for patients, this finding should be taken into consideration.

Keywords:

Leg Length Inequality, Limb Length Discrepancy, Bone Lengthening, Spinopelvic Parameters, Sagittal Balance

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Alt ekstremitte boy eşitsizliği toplumda sık görünen bir durumdur. Ancak her zaman klinik olarak bir bulgu vermemekte, hastalarda herhangi bir şikâyete sebep olmamaktadır. Bazı hastalarda ise tek taraflı boy eşitsizliği, kronik bel ağrısı, skolyoz gibi deformitelere sebep olmaktadır.

Alt ekstremitte boy eşitsizliğinin büyüklüğünün kliniğe yansımalarıyla ilgili birçok çalışma mevcuttur. Rauh ve ark. yaptığı bir çalışmada 1.5 cm'den daha fazla alt ekstremitte boy eşitsizliği olan koşucularda, 0.5 cm'den daha az koşuculara göre 7 kat daha fazla koşuyla ilişkili yaralanma geçirdiği gözlenmiştir (1). Knutson ve ark. yaptığı bir derlemeye göre de 2.0 cm üzeri boy eşitsizliklerinde belirli kas yapılarında kompensasyon mekanizmalarının gerçekleştiği görülmüş (2). 2.0 cm boy eşitsizliğinin yürüyüşü etkilediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (3)

Friberg'in yaptığı eski bir çalışmada bacak boyu eşitsizliğinin, kronik bel ağrısı ile ilişkili olduğunu ve bu eşitsizliği düzelten bir tabanlık ile bu ağrıların 6 aylık takip içerisinde ortadan kalktığını göstermiştir (4).

Spinopelvik parametreler ise görece olarak yeni araştırılan ve önemi yeni ortaya konulan radyolojik parametrelerdir (5,6). Bu parametrelerin omurga cerrahisinde, cerrahi planlamaya yön verebildiği gibi (7) diz eklemi artrozu (8) ve kalça eklem artrozu (9) gelişiminde de önemi olduğu görülmektedir

Alt ekstremitte olan bu problemin, koronal planda omurgaya etki ettiği daha önceki literatür çalışmalarında ortaya konulmuş olmasına rağmen (10,10–14) bu durumun sagittal planda yaptığı etki literatürde fazla bulunmamaktadır.

Bizim bu çalışmamızdaki amacımız alt ekstremitte boy eşitsizliğinin, spinopelvik parametrelerle olan ilişkisini ortaya koymak, uzatma tedavisi sonrası bu parametrelerde bir değişiklik olup olmadığını görmek, yapılan cerrahi teknik ve bölgenin bu parametrelere etkisini ve bu şekilde cerrahi planlama veya ameliyat sonrası gelişebilecek durumlarla ilgili literatüre katkıda bulunmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Tanım ve Tarihçe

İngilizce literatürde leg length inequality, leg length discrepancy, limb length inequality, limb length discrepancy, anisomelia gibi isimlendirmeler mevcuttur. Biz bu çalışmamızda alt ekstremitte boy eşitsizliği olarak nitelendirdik.

Alt ekstremitte boy eşitsizliği tüm dünyada uzun yıllardır araştırılan bir konu. Alt ekstremitte boy eşitsizliğinin prevalansının % 4 lerden %90'lara (2) kadar uzanan bir skalada bulunduğu dair literatürde çalışmalar mevcut. Bu oranda farklılık göstermesi ölçüm yöntemlerinin çalışmalarda radyolojik ve klinik olarak farklı olmasıdır (15).

Alt ekstremitte boy eşitsizliği ve kemik uzatmayla ilgili uluslararası tıbbi literatürde ulaşabildiğimiz en eski kaynak Codivilla'nın 1905'de Journal of Bone and Joint Surgery dergisinde yayınlanan "On the Means of Lengthening, in the Lower Limbs, the Muscles and Tissues Which are Shortened Through Deformity" makalesini görüyoruz (16). Codivilla 1903'te kendi ürettiği bir aparatla kalkaneustan pinler geçerek tıp tarihinde ilk defa traksiyonla femur uzatma işlemini gerçekleştirmiştir (16,17)

Daha sonrasında Wilson ve Thompson tarafından 1939 tarihli Annals of Surgery dergisinde yayınlanan "A CLINICAL CONSIDERATION OF THE METHODS OF EQUALIZING LEG LENGTH" ve White'in yazdığı 1947 senesinde gene aynı dergi Annals of Surgery'de yayınlanan "The present status of leg length discrepancy problem" isimli alt ekstremitte boyu eşitsizliğinin ortopedik literatürde yavaş yavaş araştırıldığını görüyoruz (18,19). Alessandro Codivilla'nın ölümünden sonra Rizzoli Enstitüsündeki çalışmalarını devam ettiren halefi Vittorio Putti kendi geliştirdiği, adını "osteon" verdiği bir cihazla femur uzatmayla ilgili çalışmaları devam ettirmiştir (20). Putti'den yaklaşık 18 yıl sonra Leroy Abbott ve John Saunders de çoğunluğu polio hastalarından oluşan hasta serilerini ve semisirküler halkalar içeren bir fiksator kullanımını ve tibia, fibula uzatmalarında ortaya çıkabilecek komplikasyonlarla ilgili bir tablo sundular. Bu tablo şu zamanda bile uzatma dolayısıyla gelişebilecek komplikasyonlarla neredeyse aynı. (20,21) 1970li yıllarda Heinz Wagner'in kendi ismini verdiği fiksatorle ve Schanz vidaları

kullanarak yaptığı uzatma tekniği ile ortopedi literatürüne kendi ismini kazandı (22). De Bastiani ve arkadaşları Wagner'in vakalarındaki yüksek komplikasyon oranını görerek bunu azaltmayı amaçlayan ve "kortikotomi"yi literatüre kazandırarak tıp dünyasında yer aldı (20). 1960'lı yıllarda Sovyetler Birliğinde iyi tanınan ancak 1980'li yıllarda ünlü gazeteci Carlo Mauri'nin tedavisiyle beraber batı dünyasında tanınan Gavriil İlizarov'un kendi adını verdiği fiksatorü hala ekstremitte uzatma, kırık tedavisi, deformite düzeltme cerrahisi, kemik kaynamama problemlerinde kullandığımız tedavilerin başında yer almaktadır (20,23).1994 yılında Memphis, Tennessee'de Elvis Presley Memorial hastanesinde çalışan bir ortopedi ve travmatoloji uzmanı Charles Taylor ve mühendis Harold Taylor heksapodal sirküler bir fiksator ve bununla uyumlu çalışan bir bilgisayar programı icad ettiler. Taylor Spatial Frame adını verdikleri bu fiksator günümüzde uzatma ve birçok deformite cerrahisi için kullanılmaktadır.

Gelişen teknolojiyle beraber, uzuv dışında kullanılan fiksatorlerin yanında intramedüller uzayabilen cihazlar ortopedi dünyasına girdi. İlk olarak 1956 senesinde Bost ve Larsen'in intramedüller bir Rush pin üzerinden femoral uzatma tanımlanmasına rağmen (24), 1980'li ve 1990'li yıllarda önce Bliskunov tarafından, sonra Guichet tarafından kullanılan " Albizzia çivisi " ve ardından Cole tarafından kullanılan " Intramedullary Skeletal Knee Distractor (ISKD) " isimli cihazla beraber artık kemik uzatma dışarıdan cihazlara gerek kalmadan yapılmaya başlandı (20,25). Bu çivilerin motorize hale gelmesiyle beraber, kemik uzatma cerrahisi hasta açısından daha konforlu, tercih edilebilir hale gelmiştir.

Alt ekstremitte boy eşitsizliği en başta yürüme bozukluğuna yol açarken (1,3) bu durumun gonartrozla (8), koksartrozla (4) ve omurga dengesi üzerine çeşitli etkileri mevcuttur (4,11,13,14,26,27). Friberg yaptığı çalışmada alt ekstremitte boy eşitsizliği olan hastaların uzun ekstremitelerinde siyatik ağrının, kalça örtüm yetersizliği ve kalça artrozuna bağlı ağrıların; kısa olan tarafa göre daha sık olduğunu göstermiştir (4). Rauh'un yaptığı bir çalışmada alt ekstremitte boy eşitsizliği 1,5 cm üzerinde olan koşucuların, daha kısa eşitsizliği olan koşuculara göre 7 kat daha fazla koşuyla ilişkili yaralanma geçirdiğini göstermiş (1). Song ve arkadaşlarının ve Aiona ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda alt ekstremitte boy eşitsizliğinin yürüme patternleri üzerinde etkileri olduğunu göstermiştir (28,29). Bu konuyla ilgili 2017'de

yapılan bir inceleme de hem gerçek, hem de simule edilen alt ekstremitte boy eşitsizliklerinin yürüme patternlerine etkisi olduğunu göstermektedir (30)

Daha önce omurganın sagittal dengesiyle ilgili tanımlayıcı çalışmalar olmasına rağmen literatürde ilk analitik çalışma olarak 1997 senesinde Legaye ve arkadaşları tarafından ortaya konulan pelvic insidans tanımı özellikle 2010'dan sonra bilim dünyasında araştırılmaya başlanmıştır (31).

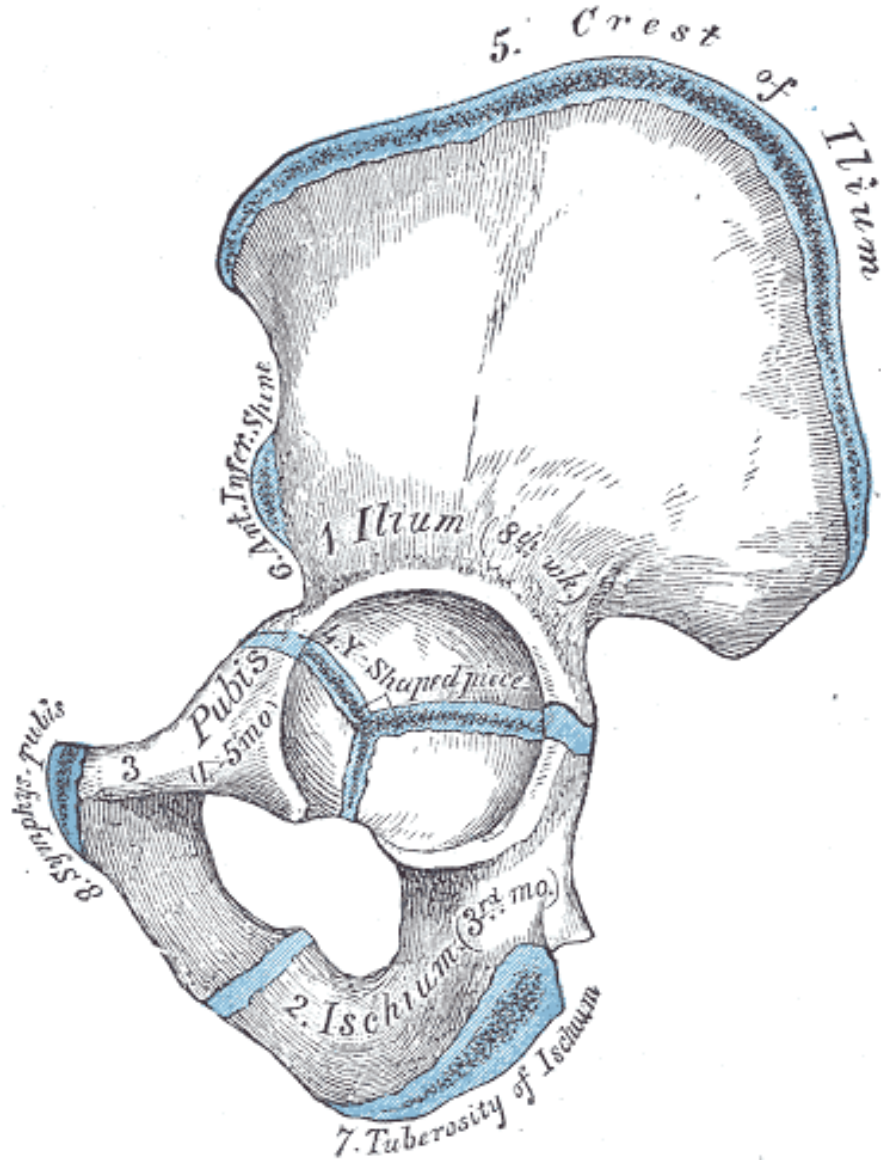
Pelvik insidansın spondilolistezis ve spondiloptosis gibi sagittal omurga hastalıklarıyla ilgili korelasyonu literatürde ortaya konulmuştur (32–34). Spinopelvik parametreler kalça artroplastisi cerrahisinde cerrahi karar ve yönlendirme konusunda önem taşımaktadır (9,35,36).

2.2 Anatomi

Pelvis Anatomisi

Her bir kalça kemiği (os coxae) ilium, iskiyum ve pubis adlı 3 primer kemikleşme merkezinin birleşmesiyle oluşmaktadır. Os coxae'nin femurla yaptığı eklem asetabulum adı verilir. Asetabulum 45° abdüksiyonda, 15° antevert şekilde konumlanmaktadır. Her iki os coxae birbirlerine posteriordan os ileum ve os sakrum ile eklemleşerek, anteriordan da her iki os pubis birbiri arasında eklemleşerek pelvisi oluşturur. Anteriorda her iki pubisin eklemleştiği bölgede, median hatta kartilajinöz bir yapı olan symphysis pubis bulunur. Sakrum, ileuma anterior sakroiliak ligamanlar, interosseöz sakroiliak ligamanlar ve posterior sakroiliak ligamanlar ile tutunurken, iskiyuma sakrotuberoz ve sakrospinöz ligamanlar ile tutunur. Sakrum, kranialde lomber vertebralar ile eklem yaparken, kaudalde koksiks ile eklem yapar. (37) 5. Lomber vertebra ve bazen de 4. Lomber vertebra ile ileum kemikleri arasında da iliolumbar ligaman mevcuttur. (37)

By eight centers { Three primary (Ilium, Ischium, and Pubis)
Five secondary

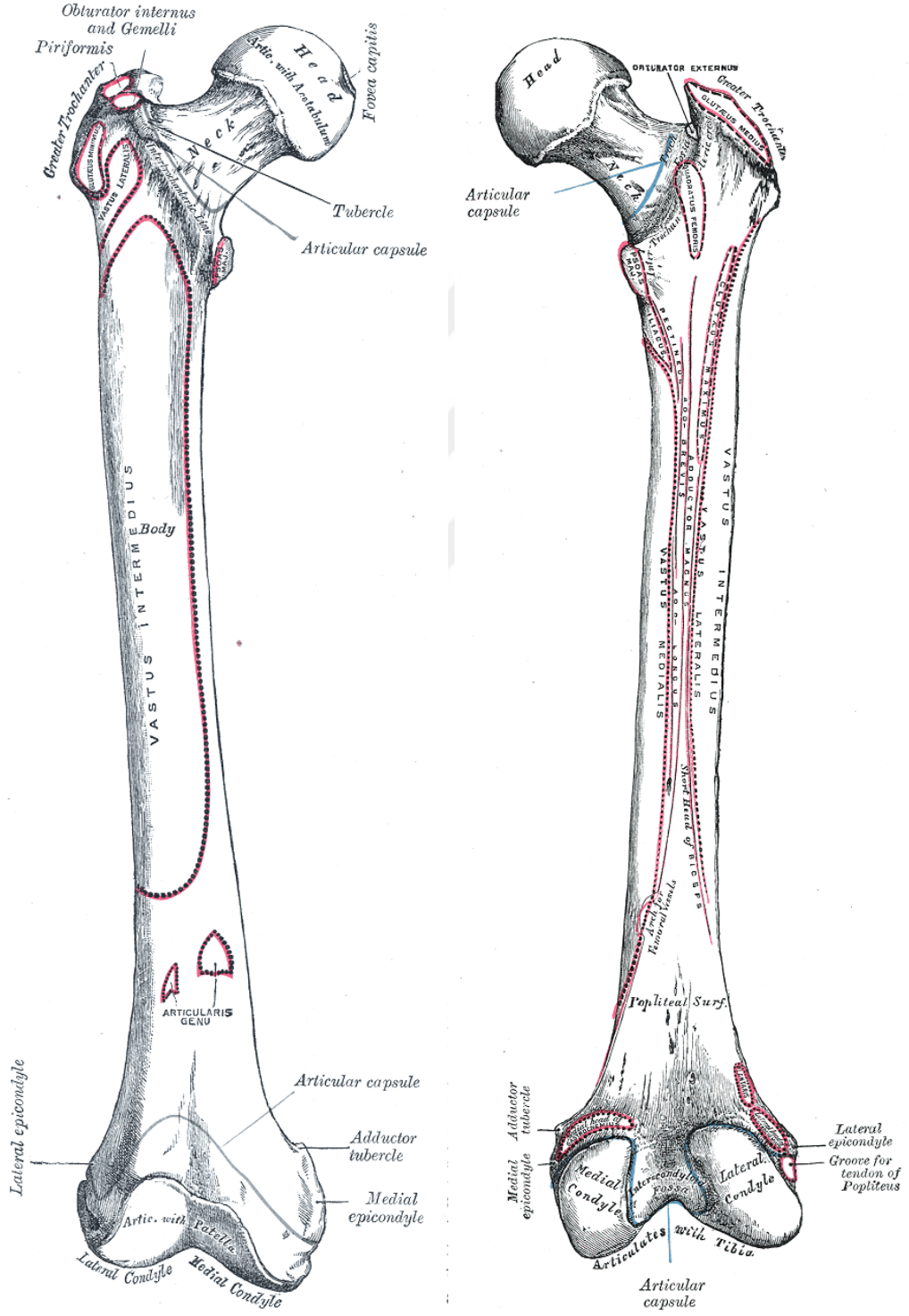


Şekil 2: İlium, pubis ve iskiyum ossifikasyon merkezleri (Gray 1918)

Femur Anatomisi

Femur insan vücudundaki en uzun kemiktir. Diyafizi silindirik bir şekilde proksimalden distale doğru giderek genişler. Proksimalde femur başı, femur boynu, trokanter majör ve trokanter minörden oluşur. Distalde lateral ve medial kondilleri, tibia ve patellayla beraber diz eklemine oluşturur. Femur başı asetabulum içerisinde yer alır. Ligamentum teres, asetabulum ve femur başı arasında bir bağ yapar. Femur aynı zamanda asetabulum, iliofemoral, pubofemoral ve iskiyofemoral bağlarıyla bağlanır ve kalça eklemi hareketleri bu bağlarla kısıtlanır.

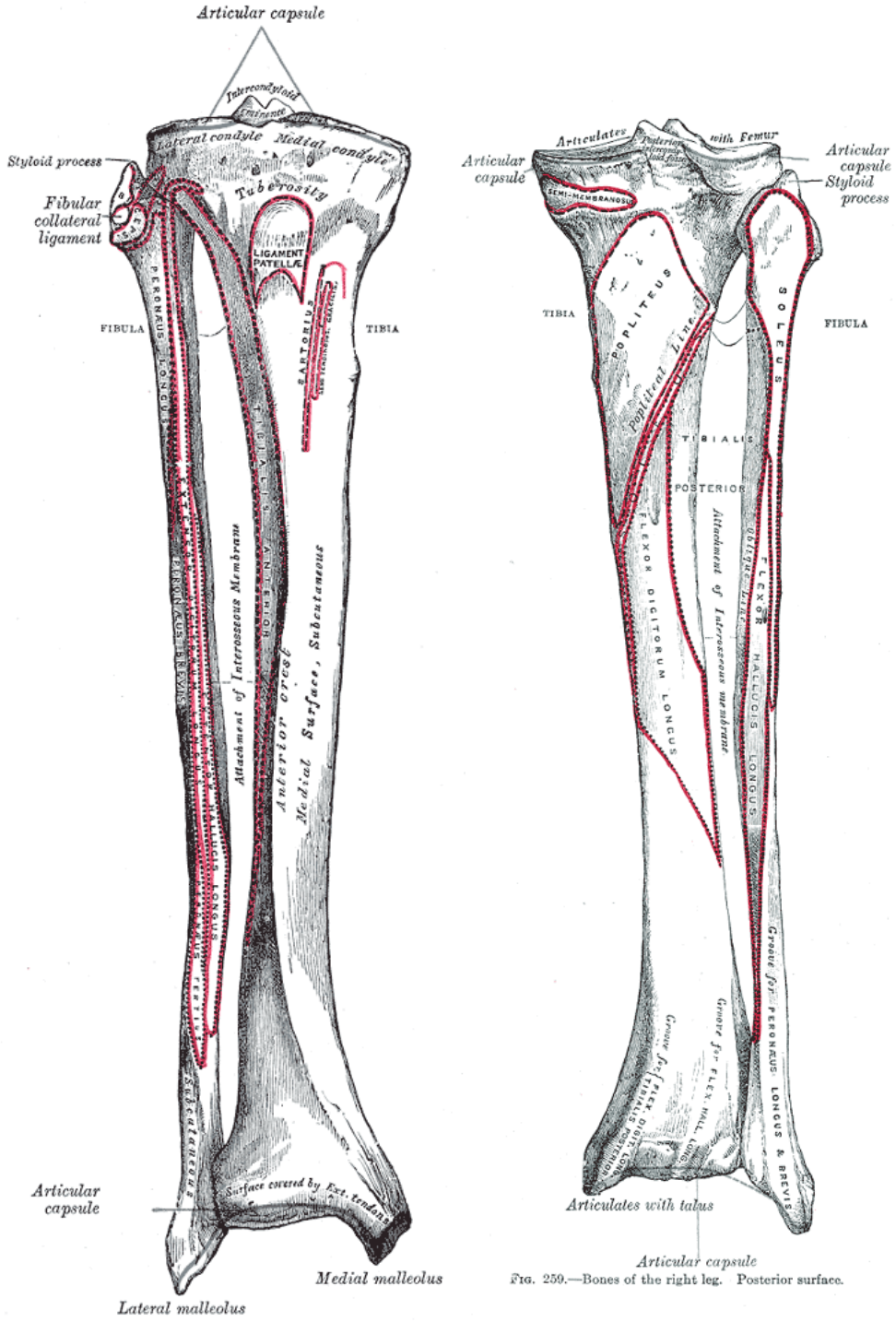
Femur boynu yaklaşık 5 cm uzunluğundadır, distal femoral kondillere göre 10-15 derece anteriora doğru dönüktür, femur shaftıyla yaklaşık 127° bir açı yapar. Femur boynunun yaptığı bu açı sebebiyle femurun anatomik aksıyla, mekanik arasında yaklaşık 7°(±2) bir açı mevcuttur (38).



Şekil 3: Femurun anterior ve posteriordan görünümü (Gray 1918)

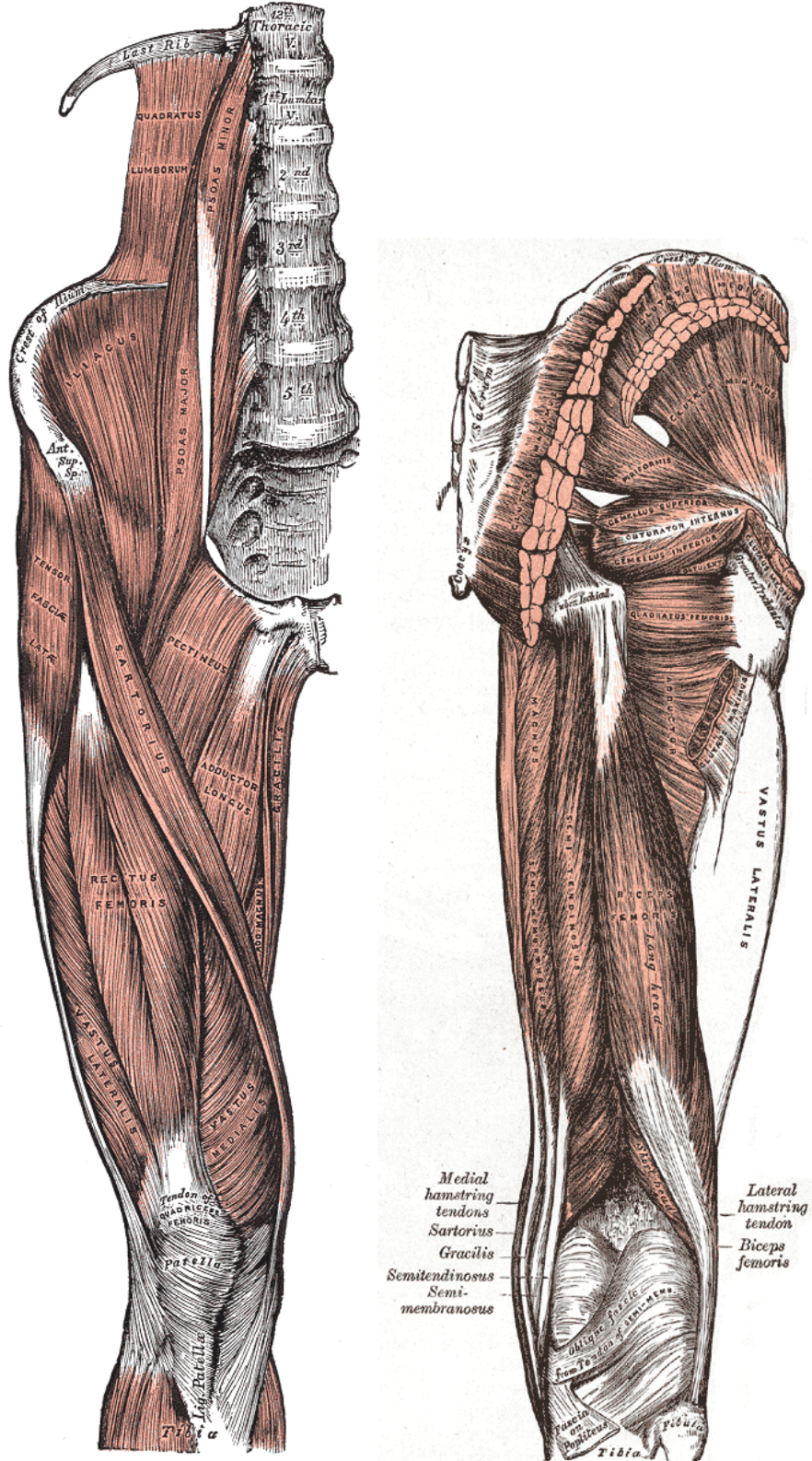
Tibia Anatomisi

Tibia, femurdan sonra vücuttaki ikinci en uzun kemiktir. Proksimalde lateral ve medial kondiller, femur ile diz eklemi, distalde tibia plafonu, talus ve fibula ile ayak bileği eklemi, lateralde fibula ile tibiofibular eklemi meydana getirir. Tibiaya aksiyel kesitle bakarsak apeksi anteriorda bulunan bir üçgen şeklini görürüz. Tibia distale doğru gittikçe ayak bileğinin medial sınırını oluşturan medial malleolu oluşturur. Tibianın yüzeylerini ayıran üç sınır vardır. Bunlar anterior, medial ve interosseöz olarak adlandırılır. Bu sınırların ayırdığı 3 yüzey de anteromedial, lateral ve posterior düzgün yüzeylerdir. Proksimalde patellar tendonun tibiaya yapışma yeri tibial tuberkül olarak isimlendirilmektedir ve cilt üzerinden kolaylıkla palpe edilebilmektedir. Tibia eklem yüzeyleri üzerinde medial menisküs ve lateral menisküs mevcuttur. Diz eklemi valgus stresine karşı koruyan medial kollateral ligaman tibianın medialine yapışırken, varus strese karşı koruyan lateral kollateral ligaman da fibulaya yapışmaktadır (37).



Şekil 4: Tibia ve fibulanın anterior ve posteriordan görünümü (Gray 1918)

Kalça Eklemi Çevresi ve Uyluk Kasları



Şekil 5: Kalça ve uyluk kaslarının anterior ve posteriordan görünümü (Gray 1918)

Quadratus Lumborum

Posterior abdominal duvarı oluşturan kasların en arkada olanıdır. İliak krestten, 12. Kaburga inferioruna ve L1-L4 arası vertebraların transvers proseslerine yapışır.

Psoas Major

L1-L5 arası vertebraların transvers prosesleri, T12-L4 arası vertebraların korpusları ve aralarındaki intervertebral disklerden, femurda trokanter minöre yapışır. Uyluğa fleksiyon ve lateral rotasyon, gövdeye lateral fleksiyon yaptırabilir.

Psoas Minör

T12 ve L1 vertebra korpuslarından, iliopubik eminense yapışır. Gövdeye zayıf fleksiyon yaptırabilir.

İliacus

İliak fossadan, femurda trokanter minöre yapışır. Gövdeye ve uyluğa fleksiyon yaptırır.

Psoas majörle beraber İliopsoas kas grubunu oluşturur. İliopsoas kas grubu kalçanın ve gövdenin ana fleksörleridir.

Tensor Fasya Lata

İliak krestin dış, anterior kısmı ve spina iliaca anterior superiorundan (SİAS), iliotibial band aracılığıyla tibial lateral kondiline yapışır. Ayakta dururken diz kalça eklemini stabilize eder.

Gluteus Maximus

Gluteal bölgedeki en büyük ve en yüzeysel kastır. Diğer primatlara kıyasla, insan vücudunda gluteus maximus kası daha kalın ve daha büyük bir alanı kaplamaktadır. İnsanın iki ayak üzerinde durması sebebiyle, bu kasın büyük olduğu düşünülmektedir (37). Sakrum ve koksiksin lateroposterior yüzeyinden, os iliumun gluteal yüzeyinden, torakolomber fasya ve sakrotuberöz ligamanlardan köken alır, uyluk lateralde iliotibial banda ve femurun gluteal tuberositesine yapışır. Ana görevi uyluk ekstansiyonu ve dış rotasyonudur. Bunun yanında superior kısmı uyluğa abdüksiyon yaptırırken, inferior kısmı addüksiyon yaptırır.

Gluteus Medius

İliumun dış gluteal yüzeyinden (anterior ve posterior gluteal çizgiler arasından), femurda trokanter majör'e tutunur. Ana görevi uyluğa abduksiyon yaptırmaktır. Anterior kısmı uyluğa iç rotasyon yaptırır, posterior kısmı dış rotasyon yaptırır.

Gluteus Minimus

İliumun dış yüzeyinden, (anterior ve inferior gluteal çizgiler arasından), trokanter majörün anterioruna yapışır. Gluteus mediusla beraber sinerjistik çalışır. Uyluğa abduksiyon ve iç rotasyon yaptırır.

Gluteus medius ve minimus beraber yürüyüşte önemli kas gruplarıdır. Bu kas gruplarının çalışmaması durumunda trandelenburg yürüyüşü dediğimiz yürüme tipi görülmektedir.

Piriformis

Sakrumun anterior yüzeyinden ve os iliumun gluteal yüzeyinden, trokanter majöre uzanır. Uyluk dış rotasyonu ve abduksiyonu yapar.

Obturator İnternus

Obturator membranın posterior yüzünden, trokanter majörün medial yüzüne yapışır. Ekstansiyondaki uyluğa dış rotasyon, fleksiyondaki uyluğa abduksiyon yaptırır. Kalça eklemi stabilize eder.

Obturator Externus

Obturator membranın anterior yüzünden, trokanterik fossaya yapışır. Uyluğa dış rotasyon, fleksiyondaki uyluğa abduksiyon yaptırır, kalça eklemi stabilize eder.

Gemellus İnterior ve Gemellus Superior

Gemellus superior spina iskiyumdan, gemellus inferior iskiyal tüberositeden, trokanter majörün medial yüzüne yapışır. Uyluğa dış rotasyon, fleksiyondaki uyluğa abduksiyon yaptırır, kalça eklemi stabilize ederler.

Uyluk Anterior Kompartman

Sartorius

SİAS'tan, tibia proksimalinde medial kondilin altına yapışır. Uyluğa fleksiyon dış rotasyon, abduksiyon yaptırırken, bacağa fleksiyon ve iç rotasyon yaptırır.

Rectus Femoris

SİAİ (Spina iliaca anterior inferior)'dan ve supraasetabular oyuktan, tüberositas tibiaya ve patellaya yapışır. Bacağa ekstansiyon, uyluğa fleksiyon yaptırır.

Vastus Medialis

İntertrokanterik çizgi, pectineal çizgi, linea aspera, medial suprakondiler çizgiden, tüberositas tibiaya ve patellaya yapışır. Bacağa ekstansiyon yaptırır.

Vastus Lateralis

İntertrokanterik çizgi, trokanter majör, gluteal tüberosite, linea asperadan, tüberositas tibiaya ve patellaya yapışır. Bacağa ekstansiyon yaptırır.

Vastus İntermedius

Femur diafızinin ön yüzünden, tüberositas tibiaya ve patellaya yapışır. Bacağa ekstansiyon yaptırır.

Rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis ve vastus intermediusla beraber quadriceps femoris kas grubunu oluşturur.

Gracilis

Pubisin anteriorundan, pubik ramusun inferiorundan ve iskiyal ramustan başlar, tibia proksimalinde medial yüzeye yapışır. Uyluğa fleksiyon ve addüksiyon, bacağı fleksiyon ve iç rotasyon yaptırır.

Addüktör Longus

Pubisten, pubik krestin inferiorundan, symphysis pubisin lateralinden, linea asperanın orta 1/3'lük kısmına tutunur. Uyluğa fleksiyon, addüksiyon, dış rotasyon yaptırır. Pelvisi stabilize eder.

Addüktör Brevis

Pubis anteriorundan, pubik ramusun inferiorundan, linea asperanın proksimal 1/3'üne yapışır. Uyluğa fleksiyon, addüksiyon, dış rotasyon yaptırır. Pelvisi stabilize eder.

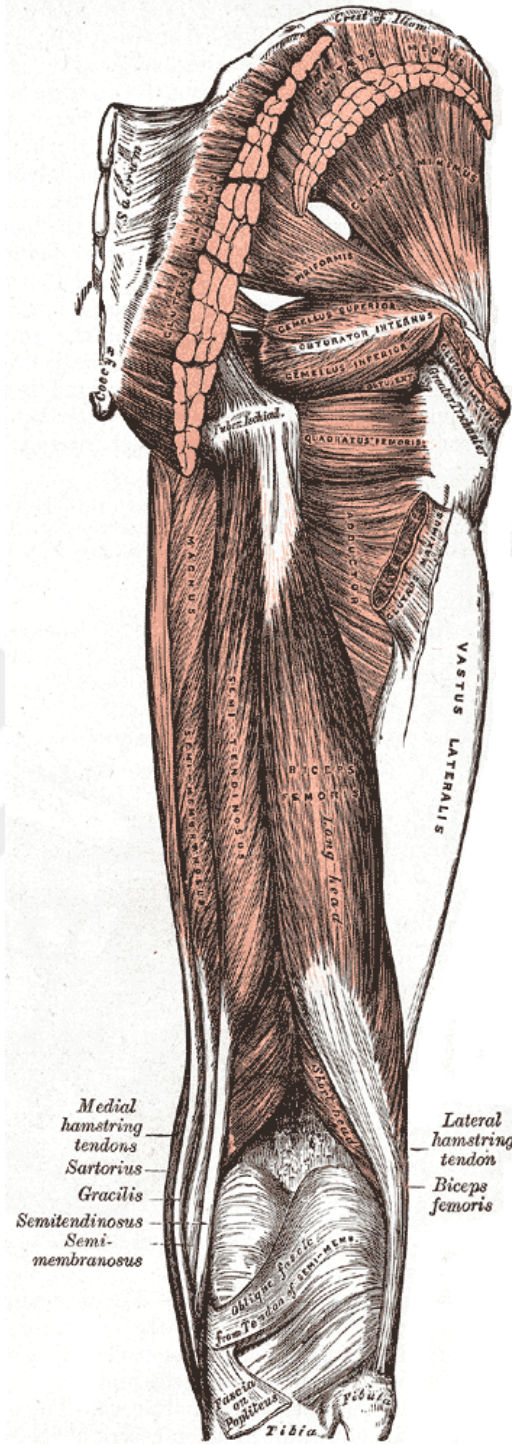
Addüktör Magnus

Addüktör ve iskiyokondiler parça olarak ikiye ayrılır. Addüktör kısım pubik ramusun inferiorundan ve iskiyal ramustan, gluteal tüberositeye, linea asperaya, medial suprakondiler çizgiye yapışır. İskiyokondiler kısım ise iskiyal tüberositeden, addüktör tüberküle yapışır. Addüktör kısım uyluğa fleksiyon, addüksiyon ve dış rotasyon yaptırır. İskiyokondiler kısım uyluğa ekstansiyon, iç rotasyon yaptırır. Bir bütün olarak addüktör magnus pelvisi stabilize eder.

Pectineus

Pubik ramusun süperiorundan, pectineal çizgiye ve linea asperaya yapışır. Uyluğa fleksiyon, addüksiyon, dış rotasyon, iç rotasyon yaptırır. Pelvisi stabilize eder.

Uyluk Posterior Kompartman



Şekil 7: Kalça ve uyluk kaslarının posteriordan görünümü (Gray 1918)

Semitendinosus

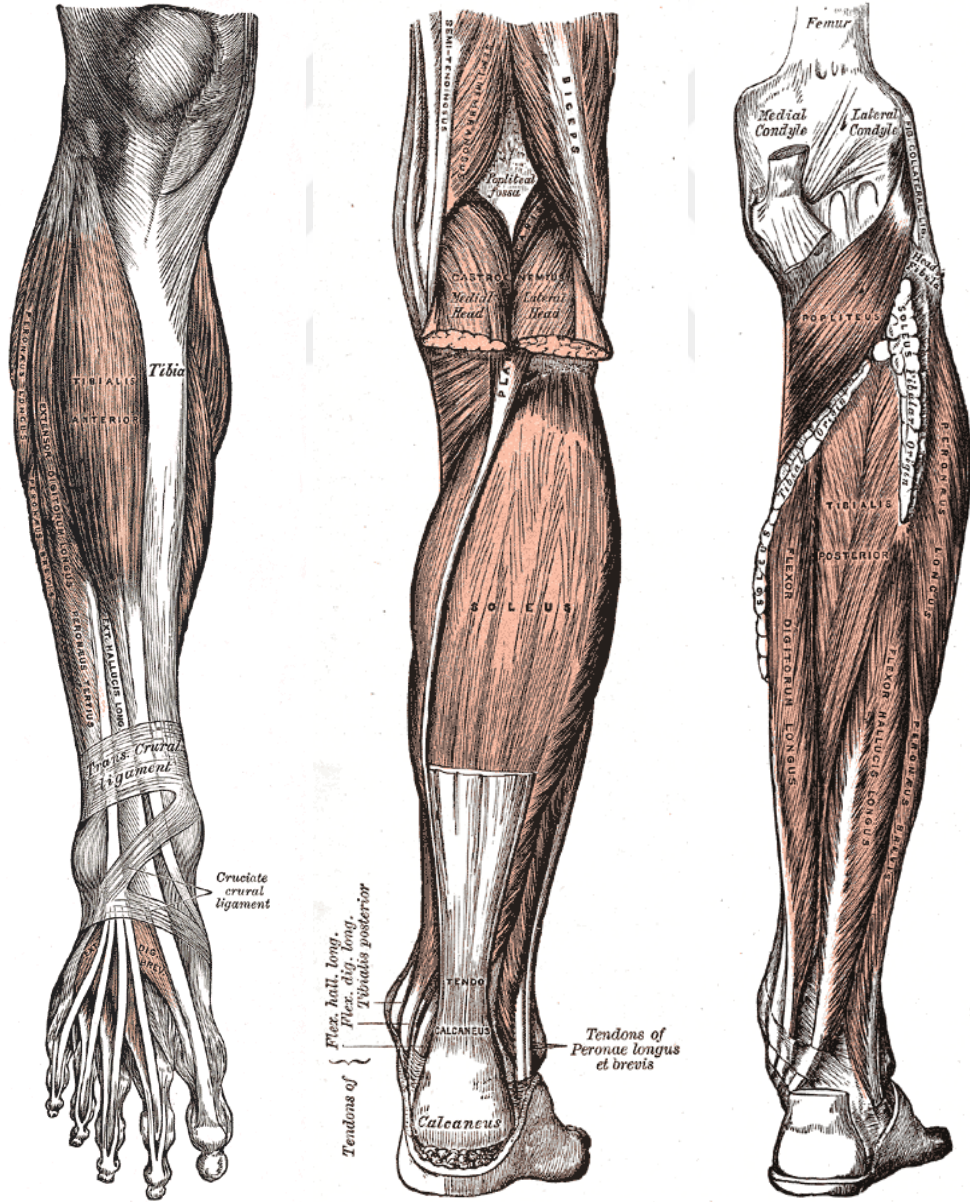
İskiyal tüberositeden, tibia proksimalinde medial yüze yapışır. Uyluğa ekstansiyon, iç rotasyon yaptırır. Bacağa fleksiyon ve iç rotasyon yaptırır. Pelvisi stabilize eder.

Semimembranosus

İskiyal tüberositenin superolateralinden, tibia proksimalinde medial yüze yapışır. Uyluğa ekstansiyon, iç rotasyon yaptırır. Bacağa fleksiyon ve iç rotasyon yaptırır. Pelvisi stabilize eder.

Biceps Femoris

Uzun ve kısa olmak üzere iki başı bulunur. Uzun başı iskiyal tüberositenin inferomedialinden ve sakrotüberöz ligamandan başlar, kısa başı linea aspera ve lateral suprakondiler çizgiden başlar. Her iki parça da fibula başına yapışır. Uyluğa ekstansiyon ve dış rotasyon, bacağına fleksiyon ve dış rotasyon yaptırır. Pelvisi stabilize eder.



Şekil 8: Kruris kaslarının anterior, yüzeysel posterior ve derin posterior kompartmanlarının görünümü (Gray 1918)

Popliteus

Femur lateral kondil ve lateral menisküsün posterior boynuzundan, proksimal tibia posteromedialine yapışır. Diz ekleminin hareket etmesini sağlar ve stabilize eder.

Anterior Kompartman

Tibialis Anterior

Tibianın 2/3 proksimal lateral yüzü ve interosseöz membrandan, medial küneiforma ve 1. Metatarsın bazisine yapışır. Ayağa dorsifleksiyon ve inversiyon yaptırır.

Extensor Hallucis Longus

Fibulanın orta 1/3 medial yüzünden ve interosseöz membrandan, 1. Distal falanksın dorsal bazisine yapışır. 1. Falanksa ekstansiyon ve ayağa dorsifleksiyon yaptırır.

Extensor Digitorum Longus

Fibulanın proksimal 1/2 medial yüzünden, lateral tibial kondilden, interosseöz membrandan köken alır, 2.-5. distal ve orta falankların dorsumuna yapışır. 2.-5. Falanklara ekstansiyon, ayağa dorsifleksiyon ve eversiyon yaptırır.

Peroneus Tertius

Fibulanın distal 1/3 medial yüzünden, interosseöz membrandan, anterior intermusküler septumdan, 5. Metatarsın dorsal yüzüne yapışır. Ayağa dorsifleksiyon ve eversiyon yaptırır.

Lateral Kompartman

Peroneus Longus

Fibula başından, fibula proksimal 2/3 lateral yüzünden, intermusküler septumdan, medial küneiforma ve 1. Metatarsın plantar yüzüne yapışır. Ayağa plantar fleksiyon, eversiyon yaptırır.

Peroneus Brevis

Fibula lateral yüzünün 2/3'ünden ve anterior intermusküler septumdan, 5. Metatars bazisine yapışır. Ayağa plantar fleksiyon ve eversiyon yaptırır.

Posterior Kompartman

Gastroknemius

Lateral ve medial iki başı vardır. Lateral başı, femur lateral kondilin posterolateral yüzünden, medial başı medial femoral kondilin posterior yüzü ve femurun popliteal yüzünden köken alır. Her iki baş da kalkaneusun posterioruna yapışır. Ayağa plantarfleksiyon, bacağı fleksiyon yaptırır.

Plantaris

Femur lateral suprakondiler çizgiden, popliteal oblik ligamandan başlar, kalkaneusun posterior yüzünde yapışır. Ayağa plantarfleksiyon, bacağı fleksiyon yaptırır.

Soleus

Soleal çizgi, tibia'nın medial sınırı, fibula başı ve fibulanın posteriorundan, kalkaneusun posterior yüzüne yapışır. Ayağa plantar fleksiyon yaptırır.

Fleksör Digitorum Longus

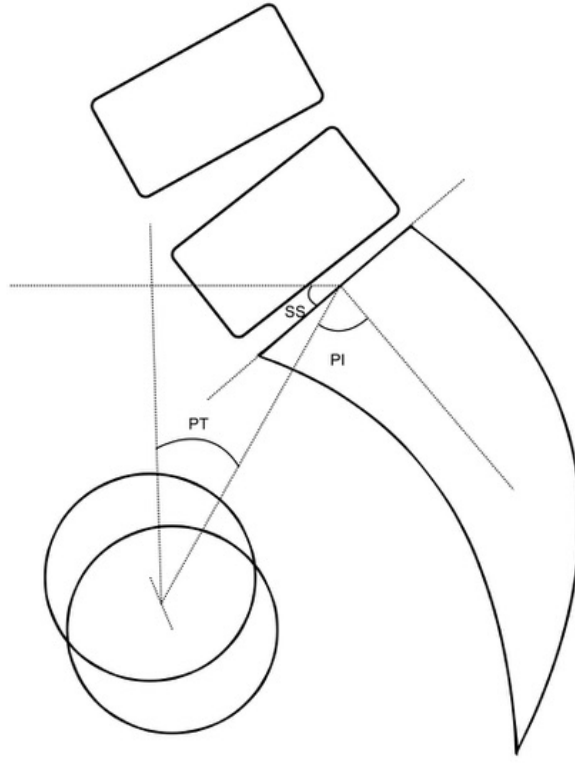
Soleal çizginin altından, tibia'nın posterior yüzeyinden, 2.-5. Distal falankların plantar bazislerine yapışır. 2.-5. Parmaklara fleksiyon, ayağa plantarfleksiyon ve inversiyon yaptırır.

Fleksör Hallucis Longus

Fibula posteriorunun distal 2/3'ünden, interosseöz membrandan, posterior intermusküler septumdan, tibialis posterior kasının fasyasından başlar, 1. Distal falanksın plantar bazisine yapışır. 1. Parmağa fleksiyon, ayağa plantarfleksiyon ve inversiyon yaptırır.

Tibialis Posterior

Tibia ve fibulanın posterior yüzlerinden, interosseöz membrandan başlar, navikulaya, küneiformlara, küboide ve 2.-4. Metatarslara yapışır. Ayağa plantarfleksiyon ve inversiyon yaptırır. Ayak medial arkını destekler.



Şekil 9: Spinopelvik parametre diagramı

Pelvik Tilt: Sakrum superior eklem yüzünün orta noktasıyla, her iki femur başı merkezinin orta noktasından çizilen vertikal çizginin arasında kalan açıdır.

Pelvik İnsidans: Sakrum superior eklem yüzünün orta noktasında, sakrum eklem yüzüne dik çizilen çizgiyle; sakrum superior eklem yüzünün orta noktasından, her iki femur başı merkezi orta noktasına çizilen çizgi arasında kalan açıdır. Aynı zamanda Sakral Slop ve Pelvik Tilt ölçümlerinin toplamına eşittir.

Sakral Slop: Sakrum superior eklem yüzünün posterioruna horizontal olarak teğet geçen çizgiyle, sakrum eklem yüzünün yaptığı açıdır.

Schwab ve arkadaşlarının 75 asemptomatik birey üzerinde yaptığı çalışmada yaşa göre spinopelvik parametrelerin değiştiği görülmüştür (39)

Tablo 1: Spinopelvik parametrelerin yaşa göre dağılımı (39)

Yaş (yıl)	Pelvik İnsidans (°)	Pelvik Tilt (°)	Sakral Slop (°)
21–40	52 ± 10	13 ± 7	39 ± 9
41–60	53 ± 8	14 ± 6	40 ± 7
>60	51 ± 9	16 ± 9	36 ± 9

2.3 Alt Ekstremitte eşitsizliğinin değerlendirilmesi

Alt ekstremitte uzunluk ölçümü klinik ve radyolojik olarak farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. En sık yapılan yöntemlerden biri bir mezura yardımıyla yapılan ölçüm yöntemidir. Gerçek boy uzunluğunu hesaplamak için SİAS'tan, ipsilateral medial malleol arası bir mezura yardımıyla ölçülür. Görünen boy uzunluğunu hesaplamak için başlangıç noktası umbilikus seçilir ve medial malleol arası uzunluk ölçülür. Bu işlem her iki ekstremitte için de yapılır, alt ekstremitte eşitsizliğini hesaplamak için uzun taraftan kısa tarafın boyu çıkartılıp hesaplanır (40). Bu yöntem kısalığa sebep olan hemimeliler, kemik kaybına sebep olabilecek posttravmatik kısalık veya deformitesi olan hastalar için kullanıldığında yanlış sonuçlar verebilmektedir (41). Bir diğer sık kullanılan klinik yöntem, ayak altına yerleştirilen çeşitli yükseklikte bloklar ile pelvis üzerinde alınan referans noktaların eşitlenmesi ve kullanılan bloğun alt ekstremitte eşitsizliği olarak değerlendirilmesidir (42).

Ancak alt ekstremitte boy eşitsizliğinin değerlendirilmesinde radyografik yöntem kullanımı, klinik ölçümlere göre daha doğru sonuç vermektedir (15). Alt ekstremitte uzunluk eşitsizliğini değerlendirmede birçok görüntüleme yöntemleri kullanılmıştır. Teleoröntgenogram, scanogram, orthoröntgenogram, ultrason, MR scanogram, CT scanogram, akıllı telefon bu yöntemlerden bazılarıdır (15,43).

Teleoröntgenogram, yaklaşık 180 cm uzaklıktan x-ışını dize dik gelecek şekilde her iki alt ekstremitteyi tek kasete alarak oluşturulan bir grafidir. Ancak bazı yazarlar bu görüntüleme yönteminin magnifikasyon hatası yaptığını savunmaktadır (41,44). Green 1946 yılında alt ekstremitte boyunun değerlendirilmesi için ortoröntgenogram isimli bir yöntem tariflemiştir. Bu yöntemle hasta supin yatarken, 35x110 cm boyunda uzun bir röntgen kaseti üzerine, x-ışını önce femur başına dik, sonra dize dik, sonra ayak bileğine dik şekilde üç grafi çekilir ve bu üç grafi sonrasında birleştirilip, her iki alt ekstremitte değerlendirilir (44). Gelişen teknolojiyle beraber, bu grafiler artık bilgisayar ortamında birleştirilip değerlendiriliyor. Bilgisayarlı radyografi denilen bu sistemde çekilen üç grafi özel bir yazılım yardımıyla tüm magnifikasyon hatasını düşürecek şekilde değerlendirmemize izin vermektedir (45). Bütün alt ekstremitteyi görüntülemek için büyük röntgen kasetleri kullanılmaktadır. Bu da magnifikasyon hatalarına sebep olabilmektedir. Bunu

engellemek için ortoröntgenogram tekniğine bir modifikasyon olarak scanogram tekniği kullanılabilir (45). Bu yöntemde hastanın önünde bulunduğu grafi çekim alanında metal bir cetvel vardır. X-ışını gene Green tarafından tariflenen ortoröntgenogram yöntemi gibi kalça, diz ve ayak bileğine dik olarak grafi çekilir ancak, bu sefer Green'in kullandığı uzun kaset yerine, standart röntgen kaseti (35x43 cm) kullanılır. Grafiler üzerindeki referans noktalarının cetvel üzerinde geldiği uzunluklar değerlendirilerek, alt ekstremitte boyu hesaplanır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı alt ekstremitte kısalığına sebep olabilen açısal deformitelerin değerlendirilememesidir. Paley, 2004 yılında yayımlanmış "Principles for Deformity Correction" adlı kitabında 130cm uzunluğunda bir kaset kullanmayı, radyografi tüpünün hastadan 305 cm uzağında, diz hizasında, dize dik şekilde çekilmesini öneriyor. Kitapta belirttiği diğer bir önemli konu, çekilen grafinin deformite analizinin de yapılabilmesi için eğer ki patellar instabilite gibi bir patoloji yoksa, patellanın tam önde çekilmesini, eğer ki dizde patellar patoloji veya rotasyonel deformite varsa da dizin fleksiyon ekstansiyon aksına tam dik şekilde grafinin çekilmesinin önemini vurguluyor (38).

Bir diğer çalışmada Rannisto ve arkadaşları ultrason probunu yere paralel olan bir metal aparata bağlayıp, bu aparatın yerden yüksekliğini bir lazer cihazıyla ölçmüş (46). Ancak bu çalışma, bilinen bir alt ekstremitte boy eşitsizliği olmayan popülasyonda yapılmış ve alınan referans ölçüm olarak daha önce çekilen ayakta AP pelvis grafisi kullanılmış, diğer uzunluk grafisi metotlarıyla karşılaştırılmamış. Yavuz ve arkadaşlarının 2022'de yaptığı bir çalışmada da bir akıllı telefon uygulamasıyla alt ekstremitte boyu ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılabileceği, akıllı telefon dışında herhangi bir aparata ihtiyaç olunmadığı, radyasyon maruziyetinin, konvansiyonel grafilere göre düşük olduğu belirtilmiştir (43). Bunun dışında CT scanogram ve MRI scanogram da alt ekstremitte boy eşitsizliğinde kullanılabilen yöntemler arasında yer almaktadır (47,48). Lateral uzunluk grafisi çekilirken yukarıdaki yöntemler kullanılır. Hastanın alt ekstremittesinin mümkün olduğunca tam ekstansiyonda tutulması istenir.

Skolyoz grafisi çekilirken hasta ayakta radyasyon dozunu düşürmek için tercihen PA yönelimde, hastanın tüm omurga görülecek şekilde grafi çekilir. Aynı şekilde lateral grafi için hastaya pozisyon verilirken kolların omurga görüntüsünü

engellemeyecek şekilde omuzlara gelecek şekilde çapraz yapılır veya kollar öne doğru 90 derece fleksiyonda tutulur.

2.4 Kemik Uzatma Tedavi Yöntemleri

Uzatma Histolojisi

Carl Hueter 1863 senesinde yazdığı “Anatomische Studien an den Extremitätengelenke Neugeborener und Erwachsener” isimli makalesinde Richard von Volkmann ile kompresif güçlerin kemik büyümesi üzerinde yavaşlatıcı veya durdurucu etkisi olduğunu ve kompresif güçlerin azaltılması sayesinde de kemik büyümesinin hızlandıracağını savunmuşlardır (49). Bundan 30 yıl sonra Julius Wolff, Hueter ve Volkmann’ın kuralına karşı olarak kemiğin, kendi üzerine binen yüklere göre şekil aldığını, kompresif yükler altında kemiğin daha güçlü, daha kalın olabildiğini, yük azaltıldığında da kemiğin daha zayıf olduğunu savunmuştur (50). Bu iki bulgu günümüz ortopedi ve travmatoloji pratiğinde tedavi seçenekleri oluşturmakta, hastalık patogenezi anlamakta ve oluşabilecek komplikasyonları önlemek için hala sıkça kullanılmaktadır.

Uzatma iki şekilde yapılabilir. Pediatrik hastalarda fizise traksiyon yapılarak, uzatma uyarılabilir veya kemikte kontrollü bir kırık oluşturup, bu kırığın kaynaması sırasında kırık hattına distraksiyon yapılarak uzatılabilir (51).

Modern kemik uzatma yöntemlerini İlizarov tarafından tanımlanmıştır (52). Kemiğe düşük enerjili bir osteotomi yapılır. Osteotomi sahasında yumuşak doku olabildiğince korunur. Osteotomi yapıldıktan sonra kırık hattına herhangi bir müdahale olmaksızın, kallus oluşumu için 5-14 gün arası bir latent periyod beklenir. Daha sonra günde 1 mm olmak üzere kemik uzatılmaya başlanır (51)

Osteotomi sonrasında uzatma hattının iyileşmesi kırık iyileşmesinden farklılık gösterir. Perren’in gerilim teorisine göre kırık hattında 2%’den düşük gerim primer kemik iyileşmesiyle (intramembranöz ossifikasyon), 2-10% arası gerim sekonder kemik (enkondral ossifikasyon) iyileşmesiyle, 10%’dan daha fazla gerim fibröz iyileşmeyle sonuçlanır. Ancak distraksiyon osteogenezi yapılan spesimenlerde, az sayıda sekonder iyileşme odakları (enkondral kemikleşme) görülse de çoğunlukla intramembranöz kemikleşme şeklinde görülür (51,53–55).

Osteotomi Bölgeleri ve Yöntemleri

Osteotomi İizarov prensiplerine göre düşük enerjili kortikotomi şeklinde yapılmalıdır (51) Kemik korteksinin yaklaşık 2/3'ü bir osteotom yardımıyla kesildikten sonra, osteotom kırıkhattı içerisinde 90 derece döndürülerek veya daha önceden konulmuş olan iki ilizarov halkası birbirlerine ters yönde hareket edecek şekilde rotasyon yaptırılarak osteoklazi elde edilir. Bir diğer yöntem de çoklu drill osteotomi tekniğidir. İnsizyon olabildiğince küçük tutularak yumuşak doku korunmuş olunur. Bir drill yardımıyla osteotomi planlanan seviyede düşük hızda kemik üzerinde çok sayıda delik açılır. Daha sonra bir osteotom yardımıyla bu delikler birleştirilecek şekilde kemik osteotomize edilir. Osteotomi, skopi yardımıyla kontrol edilir (52). Bu yöntemin avantajı teknik olarak kortikotomiden daha kolay olması, drill ile açılan her deilk sonrası osteotomi hattı etrafında greft görevi yapan kemik dokunun sağlanması ve intramedüller basıncın düşürülmesidir. Osteotomi yöntemlerinden bir diğeri de gigli testeresi kullanımımıdır. Yumuşak doku korunarak kemik etrafından geçirilen gigli testeresiyle düşük ritimde osteotomi yapıldığında kaynama süresinin çoklu drill osteotomiye göre daha hızlı olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (56). Salınımlı testere yardımıyla osteotomi yapmak da mümkündür, ancak testerenin çıkardığı ısı sebebiyle osteotomi hattında nekroz olasılığı ve kaynama gecikmesi mümkündür (57).

Alt ekstremitte uzunluk grafisi çekildikten sonra, kontralateral tarafla karşılaştırma yapılarak kısalık olan kemik bulunur. Daha sonra yapılacak olan osteotomi bölgesi seçilir. Osteotomi bölgesi seçilirken tek bir kural olduğunu söyleyemeyiz. Her hasta özelinde seçilmesi gereken bir durumdur. Hastanın daha önce geçirmiş olduğu cerrahi insizyonlar, yumuşak doku durumu, hastanın kilosu, kullanılacak olan fiksasyon cihazı, varolan kemik deformitesi gibi değerlendirilmesi gereken faktörler mevcuttur.

Kemiğin metafizer bölgeleri kanlanması daha fazla olduğu için kaynama oranları da daha iyidir. Bu bölgelerden osteotomi yapmak kaynamama gibi problemlerin daha az olmasını sağlar. Ancak kullanılacak olan fiksasyon cihazının osteotomi hattının proksimali ve distalinde yeterli stabilite oluşturması gereklidir.

Femoral uzatmalar çoğunlukla trokanter minör seviyesinin hemen altından yapılmaktadır, tibial uzatmalar içinse tibial tüberkülün distalinden, metafiz ile diafiz birleşim bölgesidir (52). Tabi kullanılacak tedavi yöntemi de osteotomi bölgesini

seçmekte yönlendirir. Femur antegrad manyetik uzatma çivisi kullanılacağı zaman proksimal osteotomi daha uygun bir tercihken, retrograd femur çivisi kullanılacağı zaman distal femoral osteotomi uygun bir seçenek olacaktır. Metafizler bölgeler diafiz göre daha geniş oldukları için blok vida uygulaması çivi ile fiksasyonun uygun ekseninde yerleştirilmesi için kullanılabilir (58).

İlizarov'un yaptığı çalışmalarda osteotomi sonrası stabil fiksasyon elde edildikten sonra 5-7 gün beklenmesi idealdir (51,59-61). Bu bekleme süresine latent periyod denir. Bu sürede osteotomi bölgesinde hematoma oluşacak, kök hücreler ve büyüme faktörleri oraya göç edecektir (54,55,62-65). Latent periyodun bitiminde 4x0,25 mm şeklinde günde 1 mm uzatma yapılmaya başlanır. Bu sürecin adı distraksiyon fazıdır. İstenilen uzunluğa gelindiğinde veya yumuşak dokuların izin verdiği uzatmaya erişildiğinde uzatma sonlanır ve uzatma sahasının kaynaması beklenir ve konsolidasyon fazına geçilir. Distraksiyon dokusu içerisinde tip 1 ve tip 2 kollajeni beraber barındırır ancak distraksiyon fazı bittiğinde, konsolidasyon fazına geçildiğinde tip 1 kollajen iyileşme sahasında predominant olarak görülür (65) Konsolidasyon fazı süresi hastadan hastaya bağlı değişmektedir. Bazı yazarlar distraksiyon fazı süresinin 2 katı olduğunu belirtirken, bazıları 3 katı veya 4 katı olduğunu savunmaktadır (58). Kimi yazar da uzatılan her 1 cm için 6-12 hafta arası süre vermek gerektiğini savunur (66). Hastanın uzatılan ekstremitenin üzerine yük vermesi bu konsolidasyon süresini azaltan faktörlerdendir (49,65,67).

Önemli bir diğer nokta femoral uzatmalarda eğer ki intramedüller çivi kullanılacaksa mekanik aksın deviasyonu olabileceğidir. Femurun mekanik aksı ve anatomik aksının farklı olması sebebiyle, uzatma sonrası hastalarda genu valgum oluşabilmektedir. Bunu önlemek için Rainer Baumgart tarafından "Reverse Planning Method" isimli teknik ortaya konulmuştur. Yapılacak uzatma miktarı ve osteotomi preop planlandıktan sonra bir şablon üzerinde yapılır. Mekanik aksın normal değerleri içerisinde kalacak şekilde osteotomi hattından varus verilir ve ameliyat öncesi bu planlamayla genu valgum komplikasyonunun oluşması engellenir (68).

Eksternal Fiksator

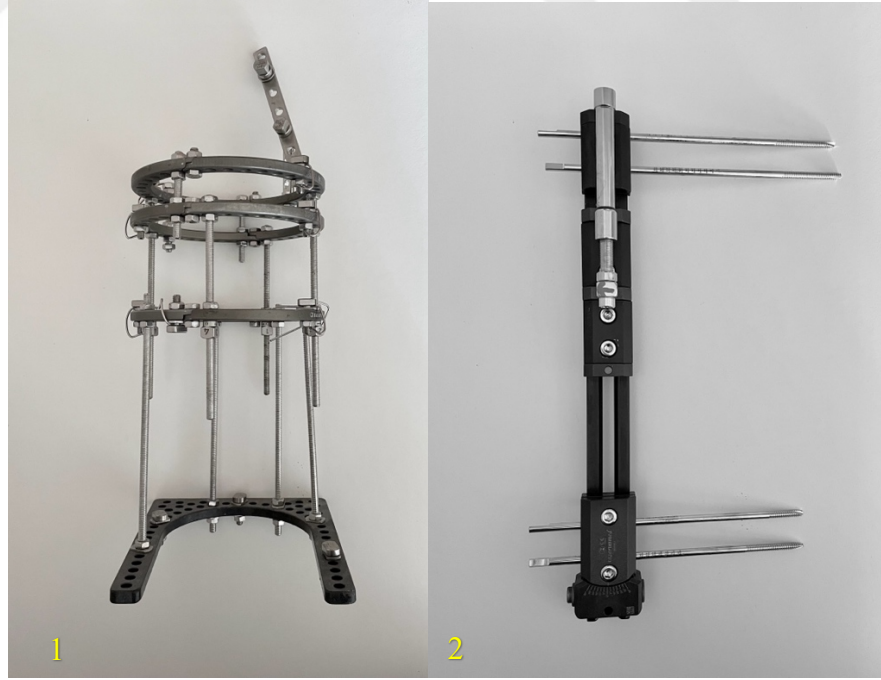
Codivilla tarafından ilk defa kalkaneustan geçirilen pin ile femur uzatmasıyla başlayan bu kemik uzatma tedavisi İlizarov'un kendi bulgularını batı dünyasıyla paylaşmasıyla tüm dünyada hız buldu (52). Ancak İlizarov'dan önce Putti, Wagner, Abbot, Saunders ve De Bastiani kemik uzatmayı fiksatorlerle yapmayı başarmıştı

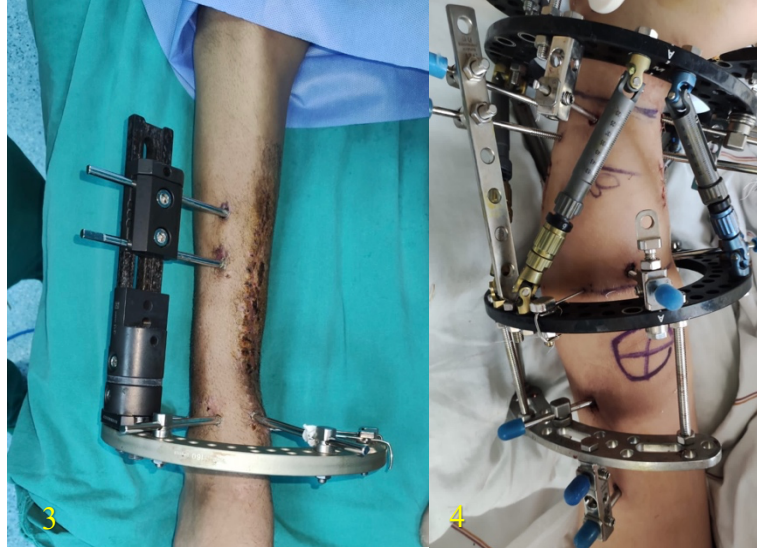
(20). Orthofix® tarafından geliştirilen LRS (Limb Reconstruction System) fiksator tek taraflı yerleştirilebilen bir aparat, schanz vidalarıyla kemiğe sabitlenebilen bir sistemdir.

Hala ortopedi ve travmatoloji pratiğinde sıkça kullanılan İizarov'un sirküler halka sistemi ve bunlara bağlı Kirschner telleriyle kompleks deformiteler üç boyutlu şekilde düzeltilebilirken, kemik kısalıkları da tedavi edilebiliyor. Farklı boyutlarda sirküler ve semi-sirküler halkalar üzerinden Kirschner telleri veya schanz vidaları gönderilerek sistem kemiğe fikse edilir. K telleri bir aparat yardımıyla gerilerek, fiksasyonun rijiditesi artırılır.

Bu iki fiksatorün birleştirilerek hibrid fiksatorler de kullanılmaya başlanmıştır. Tek taraflı yerleştirilebilen bir aparata, sirküler veya semisirküler halka takılarak hem Kirschner telleri hem de schanz vidaları kullanılabilir.

Taylor Spatial Frame ® fiksator heksagonal bir yapıdadır. 6 adet uzayabilen aparat ve bunlara bağlı en az iki sirküler halkadan oluşan bu fiksator, bilgisayar programı yardımıyla deformite düzeltmede ve uzatmada kullanılan önemli bir alettir.



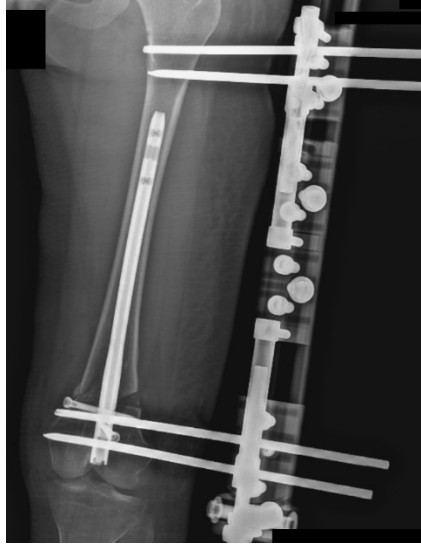


Şekil 10: 1. İlişirav fiksator, 2. LRS fiksator, 3. Hibrid fiksator, 4. Taylor Spatial Frame tipi fiksator

Ekstremitelerin boylarının yaklaşık 10% kadar uzatma yumuşak dokular tarafından iyi tolere edilebilmektedir. 30% luk bir uzatma sonrası etraftaki kaslar, vasküler ve nöral yapılarda histolojik değişiklikler meydana gelmekte ancak 2 ay kadar sonra bu değişiklikler gerilemektedir (69).

LON (Çivi Üzerinden Uzatma)

İlk olarak Raschke tarafından tanımlanan bu teknik intramedüller çivi ve eksternal fiksator beraber segmental kemik transportu için kullanılmıştır (70) Daha sonra Paley bu yöntemi kullanarak kemik deformitelerini düzeltmiştir (71). Uzatma yapılacak kemiğe osteotomi yapılır, daha sonra intramedüller çivinin kılavuz teli yerleştirilir ve intramedüller rimerizasyon yapılır. Bu şekilde osteotomi hattında intramedüller rimerizasyon sebebiyle kemik greftleri bulunacaktır. Daha sonra çivinin proksimali veya distali kilitlenir, fiksator yerleştirilir. Femur için genellikle tek taraflı fiksatorler tercih edilirken, tibia için sirküler fiksator veya tek taraflı fiksator tercih edilebilir. Tibia uzatması sırasında valgus deformitesi oluşabileceği için sirküler fiksator kullanımı önerilir (52,72) Bu yöntemin avantajı distraksiyon fazı bittikten sonra, konsolidasyon fazına geçildiğinde fiksatorün çıkartılıp hasta konforunu arttırmak ve pin dibi enfeksiyonu gibi, fiksator sebebiyle komplikasyonların önüne geçmektir (72)



Şekil 11: Çivi üzerinden uzatma (LON) yöntemi

Uzayabilen İntramedüller Çivi

Ekstremitte uzatma cerrahisinde kullanılan en son teknoloji uzayabilen intramedüller çivilerdir. Bunun ilk örnekleri Bliskunov tarafından Ukrayna’da ve ardından Guichet tarafından “Albizzia çivisi“ ve sonrasında “ISKD (Intramedullary Skeletal Kinetic Distractor)” isimli cihaz ile literatüre girmiştir. Albizzia çivisi referans alınan ve şu an Avrupa’da kullanılan Betzbone® ve Guichet® çivisi isimli iki cihaz üretilmiştir. Bliskunov’un çivisi hala Ukrayna’da kullanılmaktadır (20,73,74). Bu çiviler mekanik çalışma prensibine sahiptir. Bliskunov’un çivisinde bele rotasyon yaptırılarak, Betzbone® ve Guichet® çivilerinde dize rotasyon yaptırılarak uzatma sağlanmaktadır. Ancak bu yöntemin dezavantajları postop erken dönemde bazı hastaların ağrıyı tolere edememesi, ağrı geçtikten sonra hastalar tarafından olması gerekenden daha hızlı uzatma yapılarak kemik konsolidasyon kalitesinin düşmesi ve kaynamama gibi durumlardır (73,74).

İlk olarak Rainer Baumgart tarafından Fitbone® isimli motorize çivi 1997 senesinde literatüre sunuldu (75). Baumgart yazısında iki tip çivi kullandıklarını, önce enerji kaynağının da hastanın vücudunda bırakıldığı, 24 saat boyunca uzatmanın yapıldığı bir sistemden bahsediyor. Daha sonra bu sistemi geliştirmek için enerji kaynağı çividen çıkartılmış, çiviye bağlı, cilt altına yerleştirilebilen 2 cm çapında, 4 mm kalınlığında bir anten eklenmiştir. Cilt üzerinden eksternal verici yardımıyla çivinin uzaması sağlanmıştır (75). Sonrasında Dr. Stuart Green’in

şefliğinde Ellipse Technologies (Irvine, CA, ABD) tarafından PRECICE manyetik uzayabilen çivi üretildi (74). PRECICE manyetik çivi, içerisinde bir mıknatıs barındırır. Dışarıdan kontrol edilen bir kumanda ile manyetik enerji bu çiviye aktarılarak çivinin uzaması veya kısaltılması sağlanır. Şu anki güncel sürümleri PRECICE 2 ve STRYDE isimli manyetik çiviler, Ellipse Technologies şirketini satın alan NuVasive Specialized Orthopedics (San Diego, CA, ABD) tarafından üretilmektedir.



Şekil 12: Precice manyetik kendinden uzayabilen tibia çivisi

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. HASTA DEMOGRAFİKLERİ

Tez çalışması öncesi hastanemiz Tıpta Uzmanlık ve Eğitim Kurulu'nun 28.11.2022 tarih 2/13 sayılı onayı alındı. Helsinki Deklarasyonu, İyi Klinik Uygulama İlkeleri'ne uygun yürütülen çalışmada, Ocak 2018 ve Haziran 2022 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesinde tek taraflı boy eşitsizliği sebebiyle boy uzatma ameliyatı yapılan hastalar tarandı. Bu hastalar arasında uzatma ameliyatı öncesi uygun lateral spinopelvik ölçüm yapılabilecek lateral skolyoz grafisi veya

lateral uzunluk grafisi olan hastalardan örneklem grubu oluşturuldu. 84 hasta içerisinde çalışmaya dahil olma kriteri taşıyan 23 hasta değerlendirilmeye alındı.

Çalışmaya dahil edilecek hastaların özellikleri tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Çalışmaya dahil edilecek hastaların özellikleri

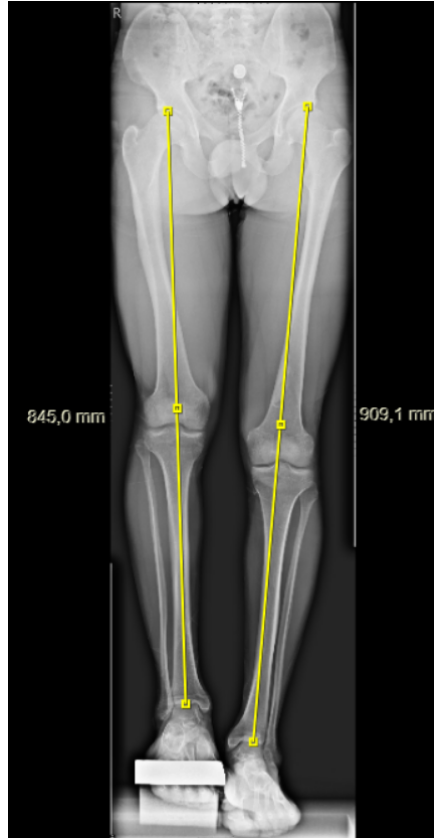
Dahil Etme Kriterleri	Dışlama Kriterleri
Unilateral alt ekstremitte boy kısalığı olan hastalar. Bu hastalara ait preoperatif ve postoperatif AP, lateral uzunluk ve/veya skolyoz grafipleri	Bilateral alt ekstremitte boy kısalığı olan hastalar Daha önce omurga cerrahisi geçirmiş hastalar Sendromik hastalar Spinal travma sekeli Nörodejeneratif omurga hastalıkları Serebral palsili hastalar 12 yaş altı hastalar

Hasta dosyalarından ilk başvuru anındaki cinsiyet, yaş, uzatma yapılan taraf, uygulanan tedavi yöntemi gibi bilgiler elde edildi.

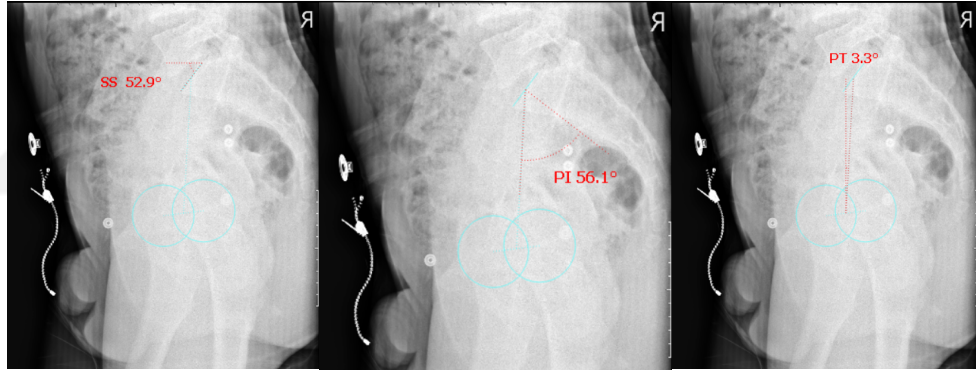
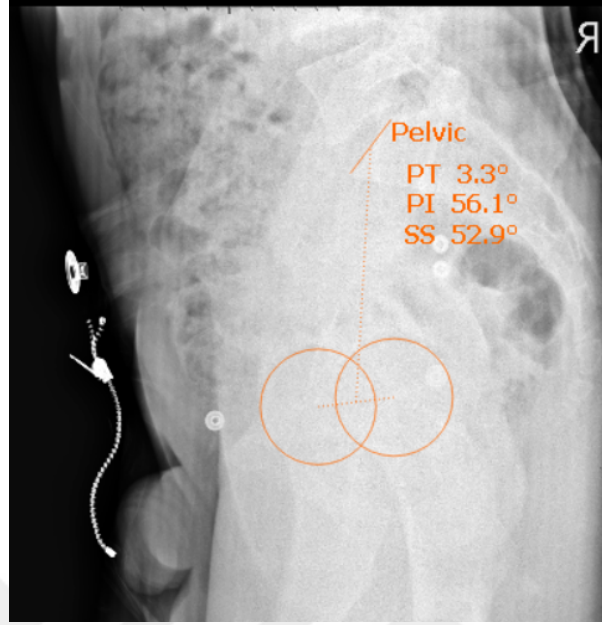
2 cm altındaki bacak boy eşitsizliğinin, yürüme üzerine anlamlı bir etkisi olmadığı için, bacak boyu eşitsizliği 2 cm üzerindeki hastalar için cerrahi tedavi uygun bulunmuş (3,76). Çalışmaya dahil edilen hastaların cerrahi işlem öncesi çekilen lateral uzunluk veya lateral skolyoz grafiplerinin radyolojik ölçüm için uygunluğu değerlendirildi ve uygun olanlar örneklemde tutuldu. Aynı değerlendirme operasyon sonrası grafipler için de tekrarlandı. Postoperatif dönemde uzatma devam ederken çekilen grafipler değerlendirme dışında tutuldu. Tedavi planlanan nihai sonuca ulaştıktan sonra çekilen grafipler değerlendirmeye alındı. Uzatma tedavisi öncesi veya sonrası, ek tedavi gerektirecek deformitesi olan hastalar değerlendirme dışında bırakıldı.

3.2 RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ VE ÖLÇÜMLER

Hastaların uzatma cerrahisi öncesinde ve uzatma tedavisi tamamlandıktan sonra çekilen ilk AP uzunluk filmi (orthoröntgenogram), lateral uzunluk filmi ve lateral skolyoz grafileri değerlendirildi. AP uzunluk grafilerinde sağ alt ekstremitte ve sol alt ekstremitte uzunluk farkları ölçüldü. Dijital ortamda Extreme PACS (ExtremePACS Co, Ankara, Türkiye) programı kullanılarak tüm uzunluk filmleri kalibre edildi. Her bir alt ekstremitte için femur başının superiorundan, ayak bileğinin ortasından geçen, tibia plafonduna uzanan, mekanik aks hattında bir çizgi çekildi ve bu çizgi bilgisayar ortamında ölçüldü ve bu bilgiler kaydedildi. Her iki alt ekstremitte arasındaki fark hesaplandı ve kaydedildi (Şekil 13). Daha sonra Surgimap® (Nemaris Inc., New York, NY, USA) yazılımı kullanılarak lateral uzunluk grafisi veya lateral skolyoz grafisi üzerinde pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop ölçümleri yapıldı (Şekil 14). Bütün ölçümler iki farklı gözlemci tarafından bir ay arayla iki kez yapıldı.



Şekil 13: AP Uzunluk filminde her iki alt ekstremité ölçümü



Şekil 14: Ayakta lateral spinopelvik görüntüde PT, PI ve SS ölçümleri

3.3 İSTATİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada, SPSS 26.0 (IBM Corp. New York, NY, ABD) programı kullanılarak veriler analiz edilmiştir. Tanımlayıcı değişkenleri belirtirken, sayı, yüzde, ortalama değer ve standart sapma değerleri kullanıldı. Dağılımın normal olup olmadığının anlaşılması için Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk testleri, Basıklık (Kurtosis) ve Çarpıklık (Skewness) değerleri kullanıldı. Normal dağılım gösteren, uzatma öncesi ve sonrası karşılaştırma yapılan sürekli değerler için bağımlı örneklem t-testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen değerler içinse Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanıldı. Verilerin birbiri arasında korelasyon gösterip göstermediğini

analiz etmek için iki yönlü Spearman korelasyon testi yapıldı. Gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik ölçümleri için sınıf içi korelasyon katsayısı kullanıldı. Korelasyon katsayıları yorumlanırken 0 ile $\pm 0,3$ değerleri arasında korelasyonun olmadığı, $\pm 0,3$ ile $\pm 0,5$ arasında düşük korelasyon, $\pm 0,5$ ile $\pm 0,7$ arasında orta korelasyon, $\pm 0,7$ ve üzerinde güçlü korelasyon olarak kabul edildi. Değerlerin PT, PI ve SS üzerine etkilerinin incelenmesi için linear regresyon analizi yapıldı. Normal dağılımlı iki değişkenli bağımsız gruplar için bağımsız örneklem t-testi, ikiden fazla değişkeni olan bağımsız gruplar için ANOVA testi kullanıldı. ANOVA sonuçları için post-hoc Fisher-LSD düzeltmesi uygulandı. Sonuçlar yorumlanırken p değerinin 0,05'ten küçük olması istatistiki anlamlılık olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

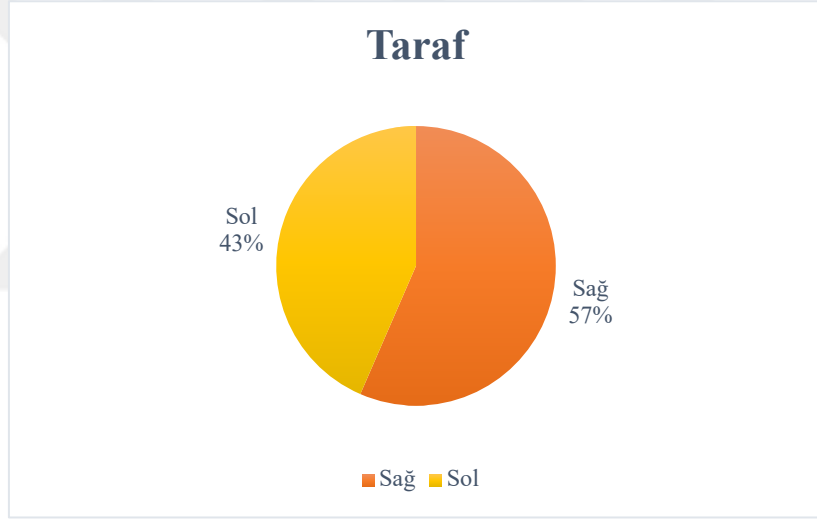
Ocak 2018 ve Haziran 2022 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesinde tek taraflı boy eşitsizliği sebebiyle boy uzatma yapılan hastaların 15'i erkek, 8'i kadındı (Şekil 15). Çalışmada değerlendirilen hastaların 13 sol taraf, 10 sağ taraf alt ekstremitesinde kısıklık mevcuttu (Şekil 16). Hastalarımızın yaş ortalaması 23,43 ($\pm 9,99$)'dur. Femoral uzatma yapılan hastaların yaş ortalaması 26,53 iken, tibial uzatma yapılan hastaların yaş ortalaması 17,62 olarak bulundu.

Tablo 3: Hasta demografik bilgileri

Hasta sayısı	23
Cinsiyet	8 (35%) Kadın 15 (65%) Erkek
Yaş	23,43 ($\pm 9,99$)
Ameliyat olan taraf	Sağ 13 (57%) Sol 10 (43%)
Ameliyat edilen kemik	Femur 15 (65%) Tibia 8 (35%)

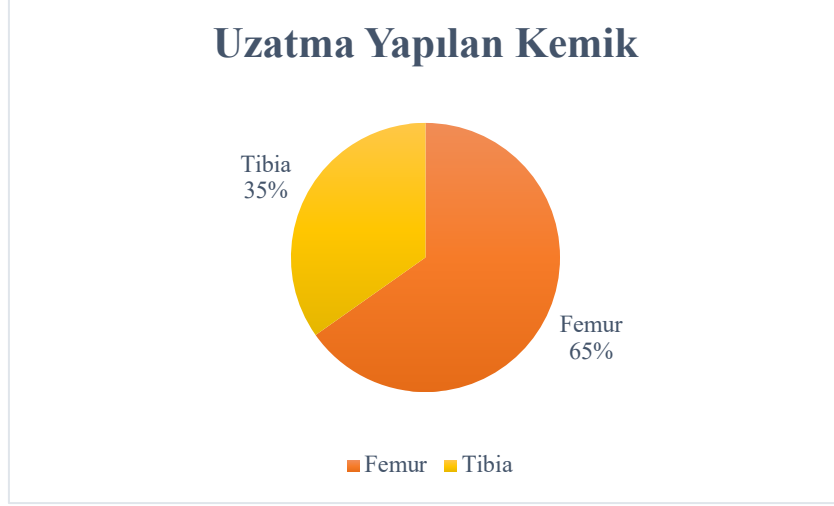


Şekil 15: Cinsiyet dağılımı



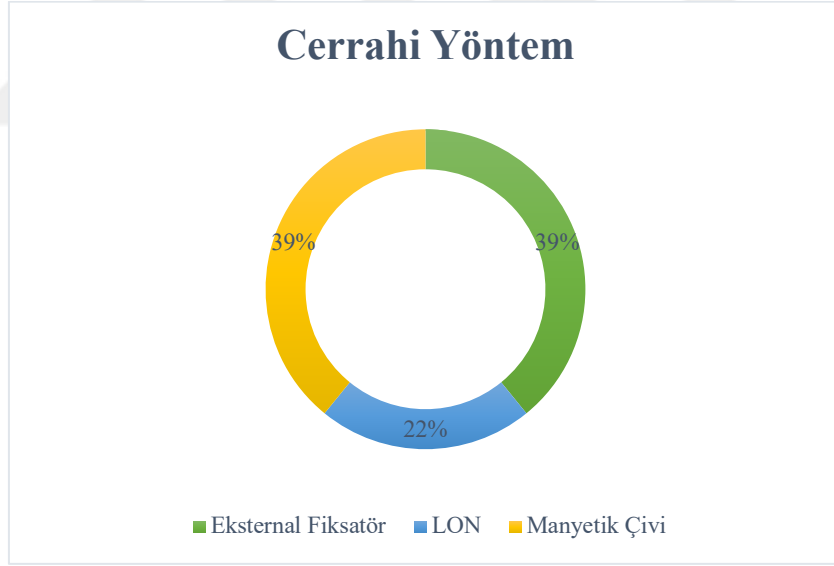
Şekil 16: Uzatma yapılan taraf dağılımı

Tek taraflı kısalığı olan hastaların 15'inde femurdan uzatma yapılırken, bu hastaların 8'inde uzatma tibiadan yapıldığı görüldü (Şekil 17).



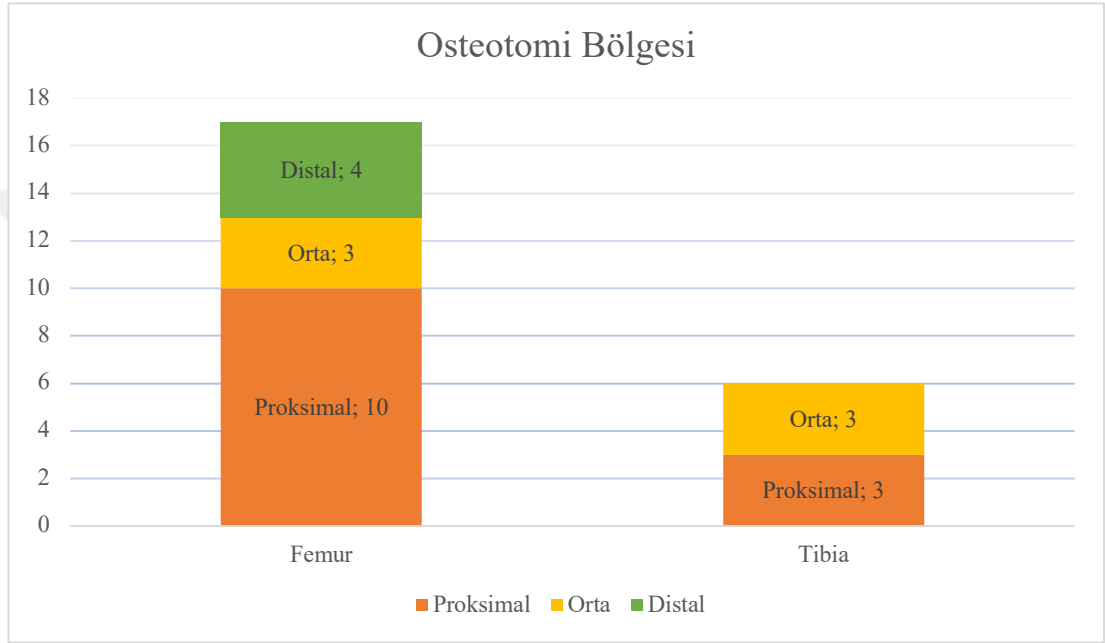
Şekil 17: Uzatma yapılan kemik dağılımı

Tercih edilen uzatma cerrahisi hastaların 9'unda eksternal fiksator, 9'unda manyetik çivi, 5'inde de LON yöntemi olarak kullanıldığı tespit edildi (Şekil 18).



Şekil 18: Uzatma yapılan cerrahi yöntem dağılımı

Osteotomi bölgeleri de önce femur ve tibia olarak iki gruba, sonra da 1/3 eşit aralıklarla proksimal, orta ve distal olarak üç bölgeye ayrıldı. Çalışmada tibia distal osteotomi yapılan hasta olmadığı için değerlendirmeye alınmadı. Hastaların 10'unun femur proksimalinden, 3'ünün orta diafiz bölgesinden, 4'ünün femur distalinden osteotomi yapıldığı belirlendi. Tibiadan osteotomi yapılan hastaların 3'ünde orta hatta, 3'ünde de proksimal bölgeden osteotomi yapıldığı görüldü (Şekil 19).



Şekil 19: Uzatma yapılan osteotomi bölgesi dağılımı

Dijital ortamda Extreme PACS (ExtremePACS Co, Ankara, Türkiye) programıyla tüm hastaların her iki ekstremitenin preop, postop boyları ve uzatma miktarlarının ölçümleri yapıldı. Gözlemci içi ve gözlemciler arası yapılan sınıf içi korelasyon katsayısı ölçümleri 0.962 – 0.979 arası bulundu. Hastaların sağ alt ekstremitte boylarının ortalaması 81,83 ($\pm 7,18$) cm, sol alt ekstremitte boy ortalaması 83,29 ($\pm 7,97$) cm bulundu. Preop boy farkı ortalaması ise 6,77 ($\pm 3,41$) cm bulundu. Yapılan postop sağ alt ekstremitte ölçümleri 85,39 ($\pm 6,85$) cm, postop sol alt ekstremitte ölçümleri 85,29 ($\pm 7,21$) cm, postop boy farkı 2,09 ($\pm 1,79$) cm olarak bulundu.

Tablo 4: Preop ve postop alt ekstremite uzunlukları ve boy farkı ortalamaları

	Sağ alt ekstremite uzunluğu (cm)	Sol alt ekstremite uzunluğu (cm)	Boy farkı (cm)
Preop	81,83 ($\pm 7,18$)	83,29 ($\pm 7,97$)	6,77 ($\pm 3,41$)
Postop	85,39 ($\pm 6,85$)	85,29 ($\pm 7,21$)	2,09 ($\pm 1,79$)

Surgimap® (Nemaris Inc., New York, NY, USA) yazılımı kullanılarak hastaların lateral uzunluk veya skolyoz grafisinde spinopelvik parametrelerin ölçümleri ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası olarak yapıldı. Preoperatif dönemde pelvik tilt $3,44^\circ$ ($\pm 10,68$), pelvik insidans $48,66^\circ$ ($\pm 9,54$), sakral slop değerleri bulunurken $45,21^\circ$ ($\pm 8,05$), aynı hastalar üzerinde yapılan postoperatif ölçümlerde pelvik tilt $2,59^\circ$ ($\pm 9,73$), pelvik insidans $49,31^\circ$ ($\pm 9,48$), sakral slop $46,72^\circ$ ($\pm 8,55$) değerleri tespit edildi.

Tablo 5: Preop ve postop spinopelvik değerlerinin ortalamaları

	Preop	Ortalama ($^\circ$)	Minimum ($^\circ$)	Maksimum ($^\circ$)
Pelvik Tilt	3,44 ($\pm 10,68$)		-20,10	25,70
Pelvik İnsidans	48,66 ($\pm 9,54$)		30,50	70,10
Sakral Slop	45,21 ($\pm 8,05$)		28,20	57,80
Postop				
Pelvik Tilt	2,59 ($\pm 9,73$)		-15,40	30,70
Pelvik İnsidans	49,31 ($\pm 9,48$)		34,70	70
Sakral Slop	46,72 ($\pm 8,55$)		31,20	69

İlk olarak preoperatif ve postoperatif pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop değerlerinin normalliği incelendi. Bunun için Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri kullanıldı. Daha sonra bu değişkenlerin Basıklık (Kurtosis) ve Çarpıklık (Skewness) parametreleri incelendi. Postop PT'nin basıklık değeri haricinde bütün verilerin normal dağılımlı olduğu görüldü. (103)

Tablo 6: Normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PREOP PT	.098	23	.200*	.985	23	.967
PREOP PI	.081	23	.200*	.988	23	.991
PREOP SS	.092	23	.200*	.971	23	.709
POSTOP PT	.122	23	.200*	.947	23	.252
POSTOP PI	.138	23	.200*	.946	23	.239
POSTOP SS	.102	23	.200*	.947	23	.257

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tablo 7: Çarpıklık ve Basıklık Değerleri

	N	Skewness		Kurtosis	
		Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
PREOPPT	23	-.172	.481	.362	.935
PREOPPI	23	.147	.481	-.142	.935
PREOPSS	23	-.238	.481	-.569	.935
POSTOPPT	23	.893	.481	2.258	.935
POSTOPPI	23	.615	.481	-.347	.935
POSTOPSS	23	.856	.481	1.258	.935
Valid N (listwise)	23				

Normallik testi sonrasında Pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop değerleri preoperatif ve postoperatif olarak birbirleri arasında bağımlı örneklem t-testi kullanılarak yapıldı. İstatiksel olarak iki grup arasında anlamlı fark bulunamadı ($p < 0,05$) (Tablo 8). Preop pelvik tilt ve postop pelvik tilt arasında yapılan non-parametrik Wilcoxon işaretli sıralar tetine göre de anlamlı sonuç bulunamadı ($p < 0,05$) (Tablo 9).

Tablo 8: Bağımlı Örneklem Testi

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
PREOPPT - POSTOPPT	.85217	11.89090	2.47942	-4.28984	5.99418	.344	22	.734
PREOPPI - POSTOPPI	-.65652	9.94137	2.07292	-4.95549	3.64245	-.317	22	.754
PREOPSS - POSTOPSS	-1.51304	12.08907	2.52075	-6.74075	3.71466	-.600	22	.554

Tablo 9: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
PREOPPT	7.989	.010	.345	21	.734	1.64500	4.77426	-8.28361	11.57361
			.274	8.364	.791	1.64500	5.99734	-12.08092	15.37092
POSTOPPT	.106	.748	-1.181	21	.251	-4.99000	4.22598	-13.77841	3.79841
			-1.297	18.532	.211	-4.99000	3.84757	-13.05684	3.07684

Diğer değişkenler olan yaş, preop boy farkı, postop boy farkı, uzatma yapılan kemik, uzatma yapılan bölge, kullanılan cerrahi yöntem, uzatma miktarı için Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk normallik testi yapıldı. Bakılan bu değişkenlerin tamamının normal dağılmadığı tespit edildi (Tablo 10).

Tablo 10: Normallik Testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
YAŞ	.213	23	.008	.877	23	.009
PREOP BOY FARKI	.209	23	.011	.878	23	.009
POSTOP BOY FARKI	.153	23	.174	.871	23	.007
UZATILAN KEMİK	.415	23	.000	.605	23	.000
UZATMA BÖLGESİ	.258	23	.000	.821	23	.001
CERRAHİ YÖNTEM	.257	23	.000	.758	23	.000
UZATMA MİKTARI	.215	23	.007	.806	23	.000

a. Lilliefors Significance Correction

Bu parametrelerin kendi aralarındaki ilişkiyi ortaya koyman için Spearman korelasyon testi uygulandı ($p<0,05$) (Tablo 11). Korelasyon testi sonuçlarına göre yaş ve postop boy farkı arasında negatif yönde orta korelasyon ($r=-0,53$ $p<0,01$), yaş ve opere edilen kemik arasında negatif yönde orta korelasyon ($r=-0,52$ $p<0,05$), preop boy farkıyla postop boy farkı arasında orta korelasyon ($r=0,65$ $p<0,01$), preop boy farkıyla uzatma miktarı arasında güçlü korelasyon ($r=0,72$ $p<0,01$), uzatma miktarı ve kullanılan cerrahi yöntem arasında düşük korelasyon ($r=0,45$ $p<0,05$), opere edilen kemik ile cerrahi yöntem arasında orta güçte korelasyon ($r=-0,61$ $p<0,01$), opere edilen kemik ile osteotomi bölgesi arasında orta güçte korelasyon ($r=0,54$ $p<0,01$) görüldü.

Tablo 11: Spearman korelasyon testi

		YAŞ	PREOP BOY FARKI	UZATMA MİKTARI	POSTOP BOY FARKI	UZATILAN KEMİK	CERRAHİ YÖNTEM	UZATMA BÖLGESİ
YAŞ	Korelasyon Katsiyısı	1.000	-.256	.001	-.536	-.524*	.215	-.180
	Sig. (2-tailed)	.	.237	.995	.008	.010	.324	.412
PREOPBOY FARKI	Korelasyon Katsiyısı	-.256	1.000	.722**	.652	.138	.148	.296
	Sig. (2-tailed)	.237	.	.000	.001	.531	.500	.171
UZATMA MİKTARI	Korelasyon Katsiyısı	.001	.722**	1.000	-.040	-.213	.456*	.036
	Sig. (2-tailed)	.995	.000	.	.858	.328	.029	.872
POSTOP BOY FARKI	Korelasyon Katsiyısı	-.536	.652	-.040	1.000	.385	-.245	.315
	Sig. (2-tailed)	.008	.001	.858	.	.069	.261	.143
UZATILAN KEMİK	Korelasyon Katsiyısı	-.524*	.138	-.213	.385	1.000	-.619**	.549**
	Sig. (2-tailed)	.010	.531	.328	.069	.	.002	.007
CERRAHİ YÖNTEM	Korelasyon Katsiyısı	.215	.148	.456*	-.245	-.619**	1.000	-.187
	Sig. (2-tailed)	.324	.500	.029	.261	.002	.	.394
UZATMA BÖLGESİ	Korelasyon Katsiyısı	-.180	.296	.036	.315	.549**	-.187	1.000
	Sig. (2-tailed)	.412	.171	.872	.143	.007	.394	.

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**.. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Kısalık tarafı ve preop pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop arasında yapılan bağımsız örneklem t-testine göre istatistiki anlamlı sonuç görülmedi ($p=0,38$,

p=0,09, p=0,44). Kısalık olan kemik ile preop pelvik tilt, pelvik insidans, sakral slop arasında anlamlı ilişki saptanmadı (p=0,79, p=0,33, p=0,49). Tekli lineer regresyon analizine göre preop boy kısalığının, preop pelvik tilt, pelvik insidans, sakral slop üzerine istatistiksel anlamlı bir etkisi saptanmadı (p=0,14, p=0,55, p=0,22).

Kısalık tarafı postop pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop değerleri arasında yapılan bağımsız örneklem t-testine göre anlamlı sonuç bulunamadı (p=0,71, p=0,69, p=0,99). Uzatma yapılan kemik ve postop pelvik tilt, pelvik insidans, sakral slop değerleri arasında da istatistiksel anlamlı ilişki tespit edilmedi (p=0,25, p=0,97, p=0,17).

Uzatma bölgesi ile postop pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop arasında yapılan tek yönlü varyans analizine göre, uzatma bölgesi ile postop sakral slop arasında istatistiksel anlamlı sonuç bulunmuştur (p<0,05) (Tablo 12). Yapılan Fisher'in LSD post hoc düzeltmesiyle distal femoral uzatma yapılan hastaların, diğer osteotomi bölgelerine kıyasla postop sakral slop üzerine anlamlı etkisi mevcuttur. (Tablo 13). Uzatma bölgesi ile postop pelvik tilt ve pelvik insidans arasında anlamlı sonuç bulunmamıştır.

Tablo 12: ANOVA

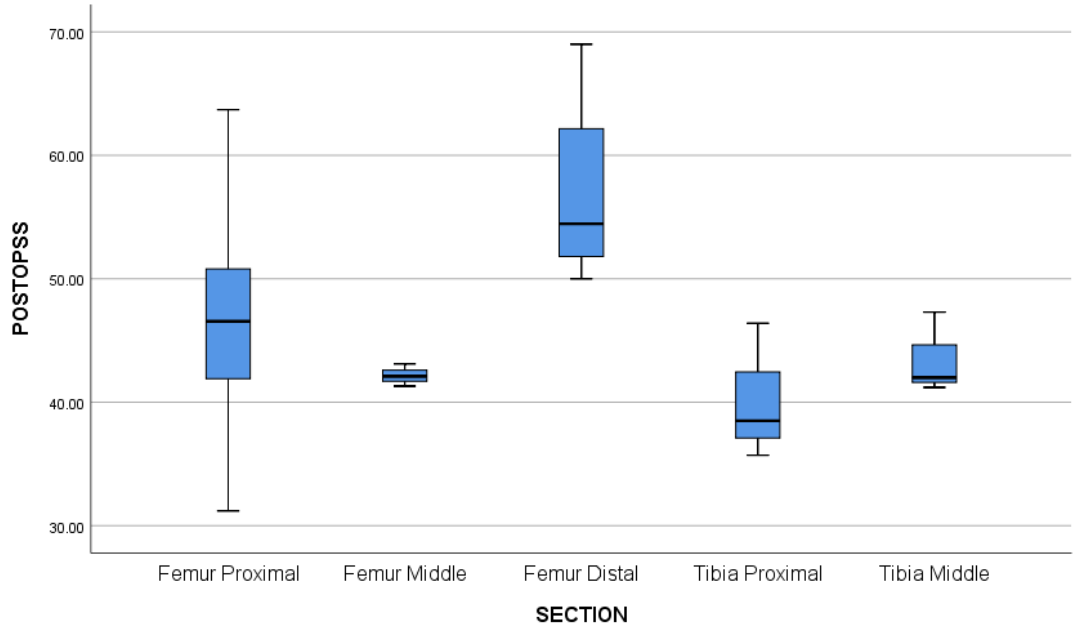
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
POSTOP	Between Groups	590.667	4	147.667	1.777	.178
PT	Within Groups	1495.963	18	83.109		
	Total	2086.630	22			
POSTOP	Between Groups	244.553	4	61.138	.634	.645
PI	Within Groups	1736.060	18	96.448		
	Total	1980.613	22			
POSTOP	Between Groups	641.894	4	160.474	2.988	.047
SS	Within Groups	966.750	18	53.708		
	Total	1608.644	22			

Tablo 13: Post Hoc Düzeltme

LSD

Bağımlı Değişken	(I) Osteotomi Bölgesi	(J) Osteotomi Bölgesi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
POSTOP SS	Proksimal Femur	Femur Diafiz	4.75333	4.82427	.338	-5.3821	14.8888
		Distal Femur	-10.05500*	4.33566	.032	-19.1639	-.9461
		Proksimal Tibia	6.72000	4.82427	.181	-3.4154	16.8554
	Tibia Diafiz	Tibia Diafiz	3.42000	4.82427	.487	-6.7154	13.5554
		Proksimal Femur	-4.75333	4.82427	.338	-14.8888	5.3821
		Distal Femur	-14.80833*	5.59731	.016	-26.5678	-3.0488
	Proksimal Tibia	Proksimal Tibia	1.96667	5.98377	.746	-10.6048	14.5381
		Tibia Diafiz	-1.33333	5.98377	.826	-13.9048	11.2381
		Proksimal Femur	10.05500*	4.33566	.032	.9461	19.1639
	Distal Femur	Femur Diafiz	14.80833*	5.59731	.016	3.0488	26.5678
		Proksimal Tibia	16.77500*	5.59731	.008	5.0155	28.5345
		Tibia Diafiz	13.47500*	5.59731	.027	1.7155	25.2345
		Proksimal Femur	-6.72000	4.82427	.181	-16.8554	3.4154
	Proksimal Tibia	Femur Diafiz	-1.96667	5.98377	.746	-14.5381	10.6048
		Distal Femur	-16.77500*	5.59731	.008	-28.5345	-5.0155
		Tibia Diafiz	-3.30000	5.98377	.588	-15.8714	9.2714
	Tibia Diafiz	Proksimal Femur	-3.42000	4.82427	.487	-13.5554	6.7154
		Femur Diafiz	1.33333	5.98377	.826	-11.2381	13.9048
		Distal Femur	-13.47500*	5.59731	.027	-25.2345	-1.7155
		Proksimal Tibia	3.30000	5.98377	.588	-9.2714	15.8714

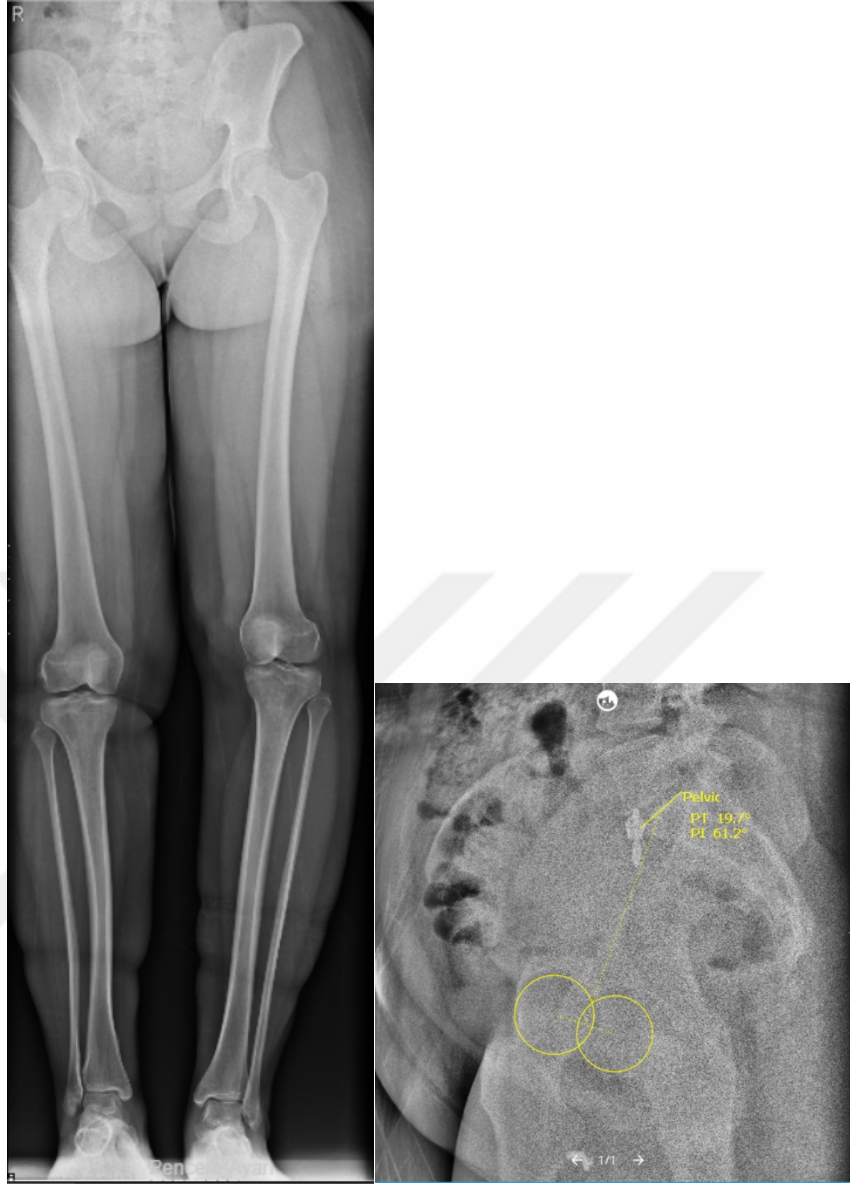
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



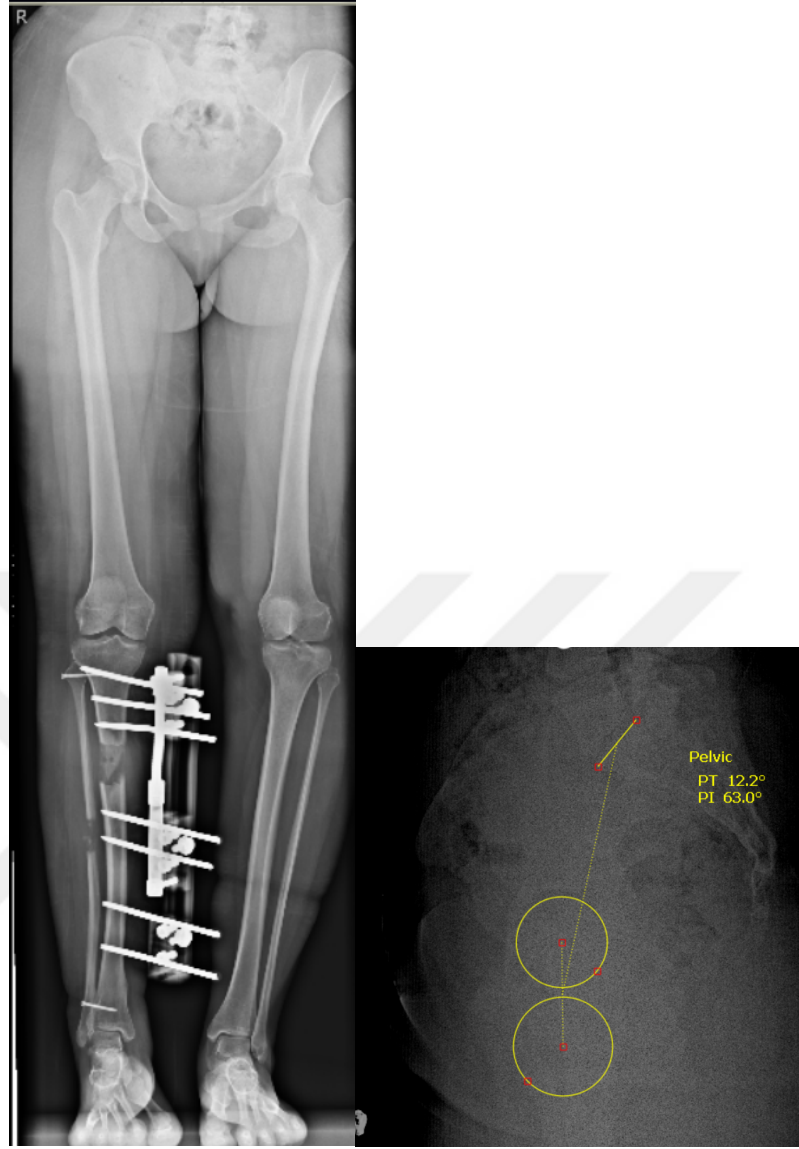
Şekil 20: Postop SS değerlerinin osteotomi bölgelerine göre karşılaştırması

VAKA ÖRNEKLERİ

Vaka 1: 14 yaşında kadın hasta. Doğumdan sonra sağ alt ekstremitesinde kısalık ailesi tarafından farkedilmiş. Bilinen bir travma öyküsü yok. Sağ krusta 3 cmlik kısalık mevcut. Sağ kruris eksternal fiksatorle uzatma yapıldı. Preop uzunluk grafisi, lateral spinopelvik grafi; postop uzatma sonrası uzunluk grafisi ve spinopelvik grafi aşağı şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 21: Vaka 1 preop uzunluk grafisi ve lateral spinopelvik grafi

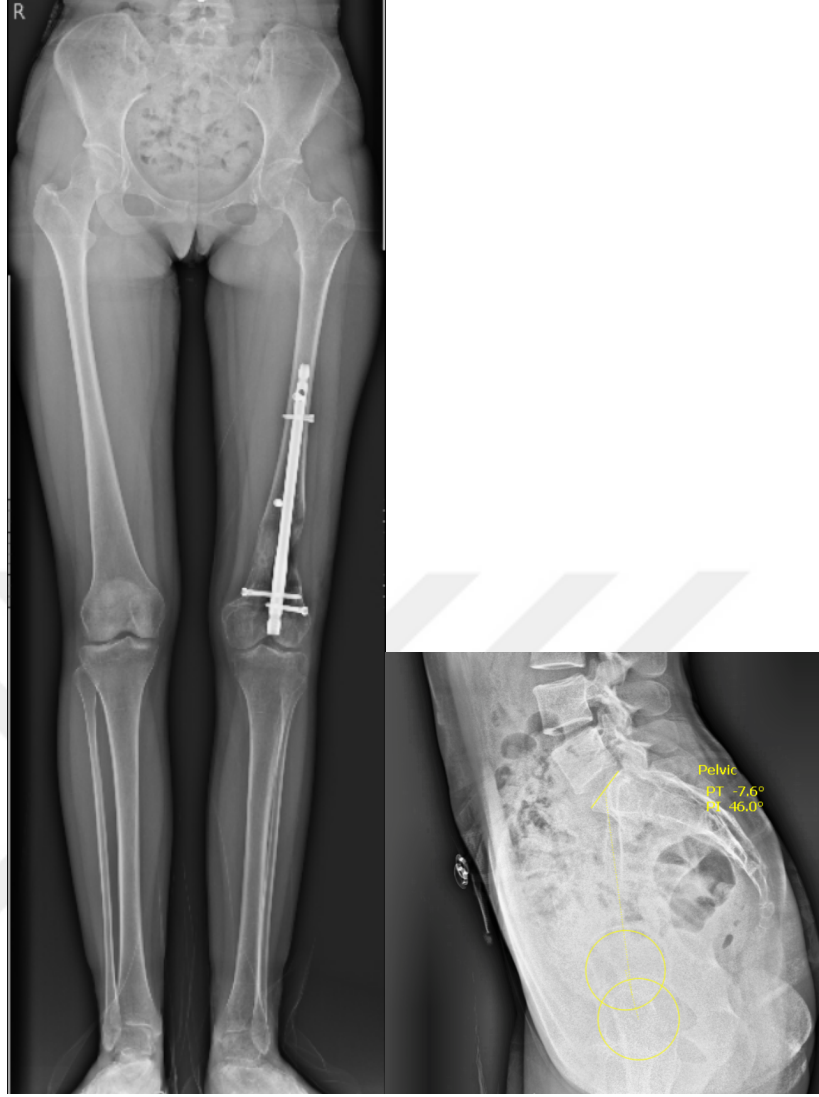


Şekil 22: Vaka 1 postop uzunluk grafisi ve lateral spinopelvik grafi

Vaka 2: 10 yaşında trafik kazası sonrası sol diz travma geçiren 26 yaşında kadın hasta. Polikliniğimize sol alt ekstremitede kısalık şikayetiyle başvurdu. Sol femur LON yöntemiyle uzatma yapıldı. Preop uzunluk grafisi, lateral spinopelvik grafi; postop uzatma sonrası uzunluk grafisi ve spinopelvik grafi aşağı şekillerde gösterilmiştir.

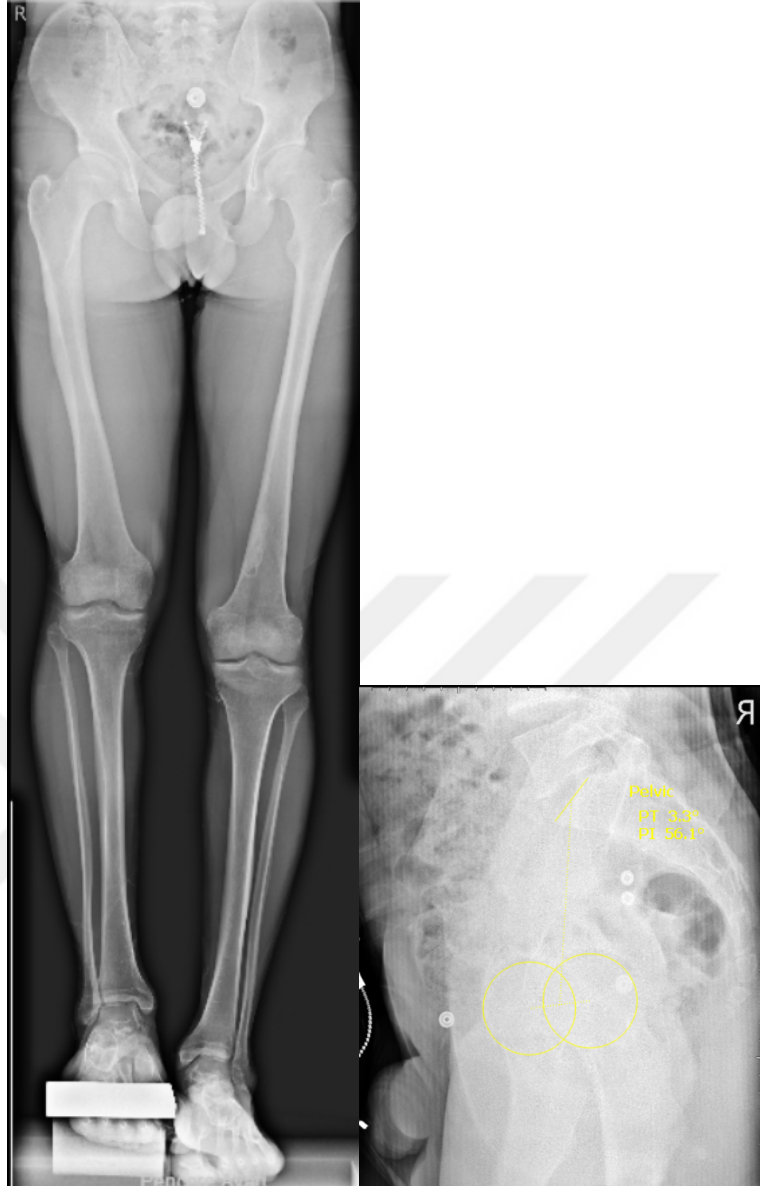


Şekil 23: Vaka 2 preop uzunluk grafisi ve lateral spinopelvik grafi

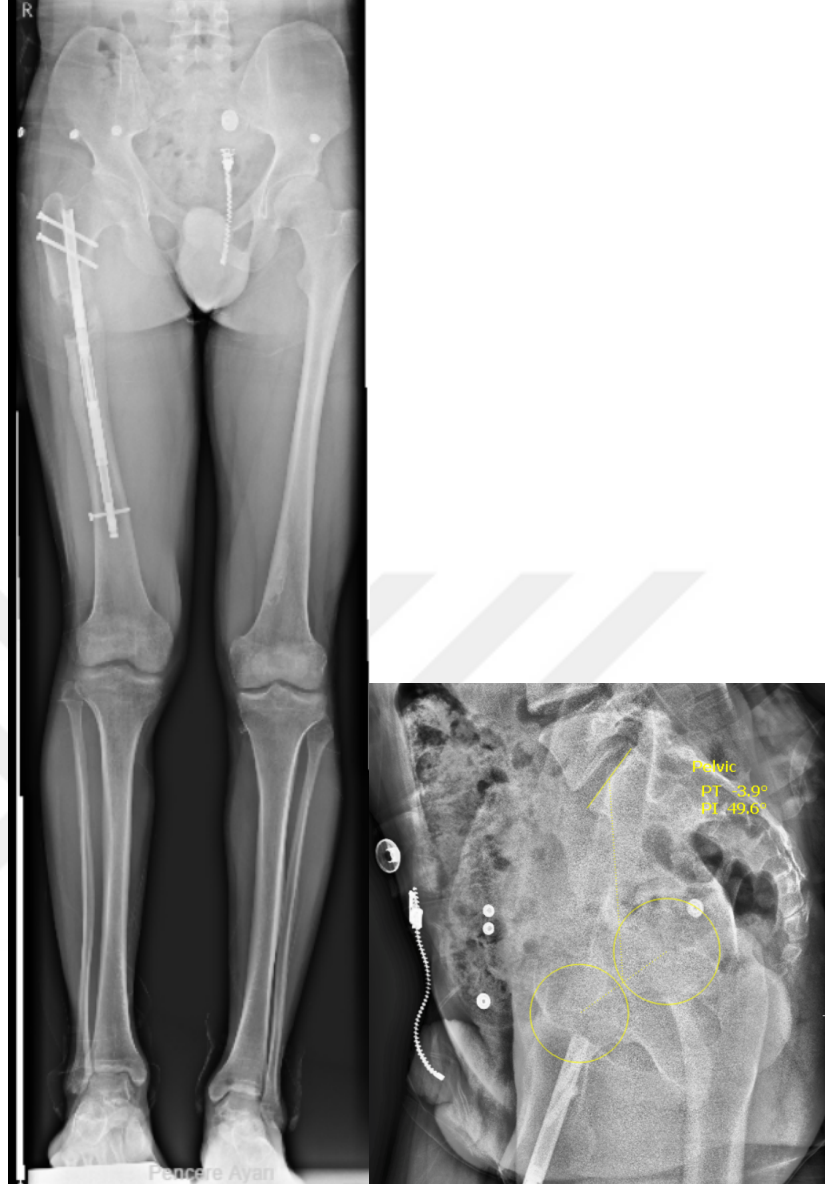


Şekil 24: Vaka 2 postop uzunluk grafisi ve lateral spinopelvik grafi

Vaka 3: Çocukluğundan beri bilinmeyen bir sebepten dolayı sağ alt ekstremitesinde kısalık şikayetiyle polikliniğimize başvuran 19 yaşında erkek hasta. Sağ femur intramedüller manyetik çivi ile uzatma yapıldı. Preop uzunluk grafisi, lateral spinopelvik grafi; postop uzatma sonrası uzunluk grafisi ve spinopelvik grafi aşağı şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 25: Vaka 3 preop uzunluk grafisi ve lateral spinopelvik grafi



Şekil 26: Vaka 3 postop uzunluk grafisi ve lateral spinopelvik grafi

5. TARTIŞMA

Biz çalışmamızda tek taraflı alt ekstremitte boy eşitsizliğinin ve uzatma tedavisinin, spinopelvik parametreler üzerindeki etkisini araştırmayı hedefledik. Bu hedef doğrultusunda en önemli bulgumuz pelvik tilt, pelvik insidans ve sakral slop değerlerinin, distal femoral osteotomi ile uzatılan hastalarda sakral slop derecelerinin diğer osteotomi bölgelerine göre artışı dışında, uzatma sonrasında istatistik anlamlı değişikliğe uğramaması oldu.

Friberg'in yıllar önce dikkat çektiği gibi alt ekstremitede bulunan boy eşitsizliği bel ağrısına ve skolyoza sebep olabilmektedir (4,10). Bu yüzden skolyoz tedavisinde alt ekstremitte boy eşitsizliğinin belirlenmesi tedaviyi yönlendirme konusunda önemlidir. Alt ekstremitte boy eşitsizliği sebebiyle oluşan fonksiyonel skolyoz, boy eşitsizliğinin düzelmesiyle birlikte tamamen giderilir veya geriler (14,26,78). Tedavinin sonucunu alt ekstremitte boy eşitsizliği ile geçirilen süre, patogenezi ve hasta yaşı belirler. Gibson ve arkadaşları femur kırığı geçirdikten sonra alt ekstremitte boy eşitsizliği geçiren hastaları, Papaioannou ve arkadaşları çocukluktan beri süregelen alt ekstremitte boy eşitsizliği olan hastaları incelemişler. Femur kırığı sebebiyle hastaların kısıklık düzeltildiğinde koronal plandaki omurga deformiteleri giderken, çocukluktan beri alt ekstremitte boy eşitsizliği olan hastaların koronal plandaki omurga deformitelerinin büyük oranda düzeldiği gösterilmiş (78,79). Buradan yola çıkarak alt ekstremitte boy eşitsizliğinin erken yaşta düzeltilmesi ileride oluşabilecek omurga problemlerini engellemekte başarılı olacağını söyleyebiliriz.

Tabii ki koronal denge ile ilgili yapılan çalışmalar sonrasında spinopelvik anatomi ve sagittal denge son yıllarda sık araştırılan konulardandır (6,31,80,81). Amerika Birleşik Devletleri ulusal biyoteknoloji merkezi sitesi olan ve birçok araştırmacının yararlandığı PubMed veritabanına "spinopelvic parameters" yazıldığında 1998-2023 arası 1330 makale çıkmaktadır. Çalışmaları tarihlere göre değerlendirdiğimizde her sene artış göstermiş, en son 2022 senesinde 232 çalışma yayımlanmıştır (82). Spinopelvik anatomisinin önemi ve etkileyebileceği hastalıklar ile ilgili literatürde sıklıkla çalışmalar yapılmaktadır (5-7,9,32,34-36,81).

Literatürdeki güncel bilgilere göre bu çalışma, tek taraflı alt ekstremitte eşitsizliği ve uzatma tedavisinin, spinopelvik parametreler ile ilişkisini ortaya koymaya çalışan ilk çalışmadır. Daha önce akondroplazi hastaları üzerinde Egea-Gámez ve Song tarafından yapılmış iki farklı çalışma femoral uzatmayla, spinopelvik parametreler arasındaki ilişkiyi göstermiştir (83,84). Ancak her iki çalışmada da uzatma yapılan hastalar, ekstremiteler arasındaki boy eşitsizliği sebebiyle değil, akondroplaziye bağlı boy kısalığı sebebiyle opere edilmişlerdir. Egea-Gámez ve arkadaşlarının çalışmasında femoral uzatma sonrasında lomber lordoz, sakral slop değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş gözlemlenmiştir (84).

Ancak literatürde lomber lordozun ve sakral slopun uzatma sonrası arttığını gösteren çalışmalar da vardır (83,85). Egea-Gámez, literatürdeki bu farklılıkların osteotomi seviyesi olduğunu yorumlamıştır. Kendi çalışmasında subtrokanterik osteotomi üzerinden uzatma yapıldığını, Venkatesh ve Song'un çalışmalarında diyafizden uzatma yapıldığını belirtmiş, bütün femoral uzatmalarda gerilen kas yapıları rektus femoris ve hamstring kas grubu olsa da subtrokanterik uzatmada gluteal kas grubu da gerileceğini, gerilen bu gluteal kas grubunun pelvisi daha retrovert yaptığını ve bu şekilde lomber lordozu ve sakral slop derecelerini azalttığını yorumlamış. Diafizde yapılan osteotomi üzerinden uzatılan hastalarda gluteal kas grubu gerginliği değişmeyeceği için, pelvis nötral pozisyonda kaldığını veya rektus femorisin dominant kas olup pelvisi daha antevert yaptığını ve bu şekilde lomber lordoz ve sakral slop derecelerini arttırdığını belirtmiş (84). Bizim çalışmamızda da distal femoral osteotomi yapılan uzatma hastalarında sakral slop değerlerinin artmış olarak bulunması sebebiyle biz de Egea-Gámez'in yorumuna katılıyoruz.

Tek taraflı kalça osteoartriti ve total kalça protezi tedavisinin spinopelvik parametreler üzerindeki etkisini değerlendiren bazı çalışmalarda total kalça protezinin spinopelvik parametreleri etkilemediği gösterilmiş (86,87). Uzatma öncesi ve sonrası pelvik tilt, pelvik insidans, sakral slop değerlerinde anlamlı istatistiki değişiklik görülmemesi spinopelvik anatomi üzerinde tek taraflı kompensatuar mekanizmaların oldukça kuvvetli olduğunu göstermektedir.

Pelvik insidans değerleri preop ve postop dönemde istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermese de hastaları teker teker incelediğimizde kimi hastada bu değerlerin değiştiğini görmekteyiz. Literatürde pelvik insidansın büyüme çağında değiştiğini ancak erişkin yaşa gelindiğinde bu değerlerin sabit olarak kaldığı bildirilmiş (81,88). Ama daha güncel literatüre baktığımızda bu değerlerin sağlıklı popülasyonda postüre bağlı veya cerrahi bir girişime bağlı olarak etkilenebildiği yönündedir (89,90).

Çalışmamızda kemik ve yaş, osteotomi bölgesi ve cerrahi tekniğin birbirleriyle korrele olduğunu bulduk. Verileri incelediğimizde uzatılan kemiğin anatomik yapısı gereği tercih edilen fiksasyon yönteminin değiştiğini gördük. Femurda tam sirküler eksternal fiksator kullanımının cerrahi teknik açısından daha tehlikeli, hasta konforunun düşük olması sebebiyle tek taraflı fiksator veya

kendinden uzayabilen çivilerin daha sık tercih edildiği varsayımını çıkardık (74). Uzatma tedavisi yapılırken tercih edilen osteotomi bölgeleri de kullanılan fiksasyon aparatı, hastanın anatomik durumu ve literatürdeki tekniklere göre tercih edildiğini fark ettik. Femur uzatmalarında proksimal osteotominin diğer bölgelere oranla daha çok tercih edilmesini bu sebeple yorumladık (52). Tibial uzatma yaptığımız hastaların yaş ortalaması 17,62 iken, femoral uzatma yaptığımız hastalarda bu oran 26,53 olarak görülmekte. Bunun sebebi olarak tibial uzatma yapılan hastaların primer kısalık sebepleri travmatik olmasından ziyade hemimeli gibi konjenital sebeplerle olduğunu, femoral uzatmaların daha çok travmatik sebeplerle yapıldığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızı yaparken bazı sınırlamalarımız oldu. Bunlardan ilki örneklem sayımızın çok yüksek olmayışydı. Kurumumuzda tek taraflı alt ekstremitte uzatması yapılan hasta sayımız yüksek olmasına rağmen, yaptığımız bu çalışmada preop ve postop uygun grafilere sahip hasta sayımız görece düşük kaldı. Çalışmamız retrospektif olduğu için bütün hastalarımızda skolyoz grafileri kullanamadık. Tüm hastaların skolyoz grafileri olsaydı eğer, torakal kifoz, lomber lordoz, sagittal vertebral aks ve koronal denge değerlendirmesi yapıp analiz edebilirdik. Aynı şekilde hastalarımıza preop ve postop vizüel analog skala ve Oswestry bel ağrısı skalası değerlendirmesi yapılsaydı hastalarımızın ve spinopelvik parametreler ve bel ağrısıyla ilgili klinik ilişkileri de gösterebilirdik. İncelediğimiz grafilerde bazı hastalarda ayak altı blok kullanılırken, bazı hastalarda kullanılmamış; blok kullanılan hastalarda da blok yüksekliği belirtilmemişti. Grafileri homojenize etmek için kullanılacak olan blokları belgelemek ve bunun da ayrıca bir değerlendirmesinin yapılması ilerideki çalışmaları daha değerli yapacaktır.

Gelecek çalışmacılar için böyle bir çalışmanın prospektif olarak tasarlanması ve gösterdiğimiz eksikliklerin giderilmesiyle beraber, alt ekstremitte boy eşitsizliği ve spinopelvik parametreler, sagittal omurga dengesi arasındaki ilişki daha çok araştırılacak, bilim dünyasına daha çok katkıda bulunulacaktır.

6. SONUÇ

Tek taraflı alt ekstremite eşitsizliğinin omurgada koronal dengeyi bozup, fonksiyonel skolyoz yaptığı bilinmektedir. Bu durumun sagittal dengeye olan etkisini çalışmamızda araştırdık.

Çalışmamız sonucunda vardığımız bulgu tek taraflı alt ekstremite eşitsizliğinin tedavi öncesi ve sonrası pelvik tilt, pelvik insidans, sakral slopta anlamlı değişiklikler görülmemiştir. Ancak distal femoral osteotomiyle uzatma yapılan hastalarda sakral slop değerleri, diğer bölgelerde osteotomi yapılan hastalara göre artmış bulundu. Dolayısıyla distal femoral osteotomiyle uzatma yapılan hastalarda lomber lordozun ve bel ağrısının postop dönemde incelenmesi önerilir.

Tek taraflı alt ekstremite eşitsizliği tedavisi öncesi ve sonrası sagittal denge değerlendirmesinin yapılması rutin olarak gerekmemektedir.

Spinopelvik parametreler ve alt ekstremite kısalığıyla ilgili prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmalarda sagittal vertebral aks, lomber lordoz, torakal kifoz gibi diğer sagittal denge parametreleri değerlendirilmelidir. Hastalarda klinik bel ağrısı değerlendirilmeleri yapılmalıdır. Uzun dönemde hastaların spinopelvik parametreleri ve değişimleri incelenmelidir.

7. KAYNAKLAR

1. Rauh MJ. LEG-LENGTH INEQUALITY AND RUNNING-RELATED INJURY AMONG HIGH SCHOOL RUNNERS. Int J Sports Phys Ther. 2018

Aug;13(4):643–51.

2. Knutson GA. Anatomic and functional leg-length inequality: A review and recommendation for clinical decision-making. Part I, anatomic leg-length inequality: prevalence, magnitude, effects and clinical significance. *Chiropr Osteopat*. 2005 Jul 20;13:11.
3. Kaufman KR, Miller LS, Sutherland DH. Gait Asymmetry in Patients with Limb-Length Inequality: *J Pediatr Orthop*. 1996 Mar;144–50.
4. Friberg O. Clinical Symptoms and Biomechanics of Lumbar Spine and Hip Joint in Leg Length Inequality: *Spine*. 1983 Sep;8(6):643–51.
5. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, Nicolas P. Pelvic parameters: origin and significance. *Eur Spine J*. 2011 Sep;20(Suppl 5):564–71.
6. Le Huec JC, Roussouly P. Sagittal spino-pelvic balance is a crucial analysis for normal and degenerative spine. *Eur Spine J*. 2011 Sep;20(Suppl 5):556–7.
7. Ames CP, Smith JS, Scheer JK, Bess S, Bederman SS, Deviren V, et al. Impact of spinopelvic alignment on decision making in deformity surgery in adults: A review. *J Neurosurg Spine*. 2012 Jun;16(6):547–64.
8. Fu P, Xu W, Xu P, Huang J, Guo JJ. Relationship between spinal imbalance and knee osteoarthritis by using full-body EOS. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 May 19;24:402.
9. Innmann MM, Weishorn J, Beaulé PE, Grammatopoulos G, Merle C. Pathologic spinopelvic balance in patients with hip osteoarthritis: Preoperative screening and therapeutic implications. *Orthop*. 2020 Oct;49(10):860–9.
10. Friberg O. LEG LENGTH INEQUALITY AND LOW BACK PAIN.
11. D'Amico M, Kinel E, Roncoletta P. Leg Length Discrepancy and Nonspecific Low Back Pain: 3-D Stereophotogrammetric Quantitative Posture Evaluation Confirms Positive Effects of Customized Heel-Lift Orthotics. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022 Feb 10;9:743132.
12. Sekiya T, Aota Y, Yamada K, Kaneko K, Ide M, Saito T. Evaluation of functional and structural leg length discrepancy in patients with adolescent idiopathic scoliosis using the EOS imaging system: a prospective comparative study. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018 Dec;13(1):7.
13. Götze M, Hagmann S. Hüftgelenkskontrakturen, Beinlängendifferenzen und spinopelvines Alignment – Einfluss auf die Arthroseentwicklung der Hüfte? *Orthop*. 2020 Oct;49(10):877–82.
14. Applebaum A, Nessim A, Cho W. Overview and Spinal Implications of Leg Length Discrepancy: Narrative Review. *Clin Orthop Surg*. 2021;13(2):127.
15. Alfuth M, Fichter P, Knicker A. Leg length discrepancy: A systematic review on the validity and reliability of clinical assessments and imaging diagnostics used in clinical practice. *PLoS ONE*. 2021 Dec 20;16(12):e0261457.
16. Codivilla A. The Classic: On the Means of Lengthening, in the Lower Limbs, the Muscles and Tissues Which are Shortened Through Deformity. *Clin Orthop*. 2008 Dec;466(12):2903–9.
17. Peltier LF. The role of Alessandro Codivilla in the development of skeletal traction. *J Bone Joint Surg Am*. 1969 Oct;51(7):1433.
18. White JW. The present status of the leg length discrepancy problem. *Ann Surg*. 1947 May;125(5):662–8.
19. Thompson TC. A CLINICAL CONSIDERATION OF THE METHODS OF EQUALIZ- ING LEG LENGTH * PHILIP D. WILSON, M.D. 110(6).

20. Birch JG. A Brief History of Limb Lengthening. *J Pediatr Orthop.* 2017 Sep;37(Supplement 2):S1–8.
21. Abbott LC, Dec. M. Saunders JB. THE OPERATIVE LENGTHENING OF THE TIBIA AND FIBULA: A PRELIMINARY REPORT ON THE FURTHER DEVELOPMENT OF THE PRINCIPLES AND TECHNIC. *Ann Surg.* 1939 Dec;110(6):961–91.
22. Wagner H. Operative lengthening of the femur. *Clin Orthop.* 1978 Oct;(136):125–42.
23. Battaloglu E, Bose D. The history of Ilizarov. *Trauma.* 2013 Jul;15(3):257–62.
24. Bost FC, Larsen LJ. Experiences with lengthening of the femur over an intramedullary rod. *J Bone Joint Surg Am.* 1956 Jun;38-A(3):567–84.
25. Guichet JM, Deromedis B, Donnan LT, Peretti G, Lascombes P, Bado F. GRADUAL FEMORAL LENGTHENING WITH THE ALBIZZIA INTRAMEDULLARY NAIL: *J Bone Jt Surg-Am Vol.* 2003 May;85(5):838–48.
26. Buyukaslan A, Abul K, Berk H, Yilmaz H. Leg length discrepancy and adolescent idiopathic scoliosis: clinical and radiological characteristics. *Spine Deform.* 2022 Mar;10(2):307–14.
27. Tsuchiya H, Kato S, Hamada T, Matsubara H, Hikichi T, Shimokawa K, et al. Correlation Analysis between Leg-length Discrepancy and Lumbar Scoliosis Using Full-length Standing Radiographs. *Strateg Trauma Limb Reconstr.* 2022 Dec 30;17(3):144–7.
28. Song KM, Halliday SE, Little DG. The Effect of Limb-Length Discrepancy on Gait*: *J Bone Joint Surg Am.* 1997 Nov;79(11):1690–8.
29. Aiona M, Do KP, Emara K, Dorociak R, Pierce R. Gait Patterns in Children With Limb Length Discrepancy. *J Pediatr Orthop.* 2015 Apr;35(3):280–4.
30. Khamis S, Carmeli E. Relationship and significance of gait deviations associated with limb length discrepancy: A systematic review. *Gait Posture.* 2017 Sep;57:115–23.
31. Legaye J, Duval-Beaupre G, Marty C, Hecquet J. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J.* 1998 May 5;7(2):99–103.
32. Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, Lenke LG. Correlation of pelvic incidence with low- and high-grade isthmic spondylolisthesis. *Spine.* 2002 Sep 15;27(18):2026–9.
33. Curylo LJ, Edwards C, DeWald RW. Radiographic markers in spondyloptosis: implications for spondylolisthesis progression. *Spine.* 2002 Sep 15;27(18):2021–5.
34. Gadkari A, Ghodke A, Jha A. Correlation of pelvic incidence and pelvic parameters in lumbar spondylolisthesis. *Surg Neurol Int.* 2022;13:405.
35. Haffer H, Adl Amini D, Perka C, Pumberger M. The Impact of Spinopelvic Mobility on Arthroplasty: Implications for Hip and Spine Surgeons. *J Clin Med.* 2020 Aug 8;9(8):2569.
36. Windsor EN, Sculco PK, Mayman DJ, Vigdorchik JM, Jerabek SA. Spinopelvic Hypermobility Corrects After Staged Bilateral Total Hip Arthroplasty. *HSS J Musculoskelet J Hosp Spec Surg.* 2022 Nov;18(4):541–9.
37. Standring S, Gray H, editors. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice.* Forty-second edition. Amsterdam: Elsevier; 2021. 1588 p.

38. Paley D. Principles of deformity correction. 1. ed. 2002, corr. 3. print. Berlin Heidelberg: Springer; 2005. 806 p.
39. Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP. Gravity Line Analysis in Adult Volunteers: Age-Related Correlation With Spinal Parameters, Pelvic Parameters, and Foot Position. *Spine*. 2006 Dec;31(25):E959–67.
40. Beattie P, Isaacson K, Riddle DL, Rothstein JM. Validity of Derived Measurements of Leg-Length Differences Obtained by Use of a Tape Measure. *Phys Ther*. 1990 Mar 1;70(3):150–7.
41. Sabharwal S, Kumar A. Methods for Assessing Leg Length Discrepancy. *Clin Orthop*. 2008 Dec;466(12):2910–22.
42. Badii M, Wade AN, Collins DR, Nicolaou S, Kobza BJ, Kopec JA. Comparison of Lifts Versus Tape Measure in Determining Leg Length Discrepancy. *J Rheumatol*. 2014 Aug;41(8):1689–94.
43. Yavuz İA. Leg Length Measurement with Smartphone Application during Surgery: Useful, Easy and Reliable Method. *Eskisehir Med J Eskisehir City Hosp*. 2022 Jul 31;2.
44. Green WT, Wyatt GM, Anderson M. Orthoroentgenography as a method of measuring the bones of the lower extremities. *J Bone Joint Surg Am*. 1946 Jan;28:60–5.
45. Sabharwal S, Zhao C, Mckeon JJ, McClemens E, Edgar M, Behrens F. Computed Radiographic Measurement of Limb-Length Discrepancy. *VOLU M E*.
46. Rannisto S, Paalanne N, Rannisto PH, Haapanen A, Oksaaja S, Uitti J, et al. Measurement of leg-length discrepancy using laser-based ultrasound method. *Acta Radiol*. 2011 Dec;52(10):1143–6.
47. Poutawera V, Stott NS. The reliability of computed tomography scanograms in the measurement of limb length discrepancy. *J Pediatr Orthop B*. 2010 Jan;19(1):42–6.
48. Riad J, Finnbogason T, Broström E. Leg Length Discrepancy in Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy: A Magnetic Resonance Imaging Study. *J Pediatr Orthop*. 2010 Dec;30(8):846.
49. Hueter C. Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener. *Arch Für Pathol Anat Physiol Für Klin Med*. 1863 Sep 1;26(5):484–519.
50. Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen. *DMW - Dtsch Med Wochenschr*. 1893 Nov;19(47):1222–4.
51. Ilizarov GA. The transosseous osteosynthesis: theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue. Green SA, editor. Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest: Springer; 1992. 800 p.
52. Basic techniques for extremity reconstruction. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg; 2017.
53. Natsu SS, Ali I, Alam S, Giri KY, Agarwal A, Kulkarni VA. The biology of distraction osteogenesis for correction of mandibular and craniomaxillofacial defects: A review. *Dent Res J*. 2014;11(1):16–26.
54. Runyan CM, Gabrick KS. Biology of Bone Formation, Fracture Healing, and Distraction Osteogenesis: *J Craniofac Surg*. 2017 Jul;28(5):1380–9.
55. Jacobsen KA, Al-Aql ZS, Wan C, Fitch JL, Stapleton SN, Mason ZD, et al. Bone Formation During Distraction Osteogenesis Is Dependent on Both VEGFR1 and VEGFR2 Signaling. *J Bone Miner Res*. 2008 Feb 4;23(5):596–609.

56. Eralp L, Kocaoglu M, Zkan K, Törker M. A comparison of two osteotomy techniques for tibial lengthening. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004 Jun 1;124(5):298–300.
57. Frierson M, Ibrahim K, Boles M, Boté H, Ganey T. Distraction osteogenesis. A comparison of corticotomy techniques. *Clin Orthop.* 1994 Apr;(301):19–24.
58. Fragomen AT, Rozbruch SR. Lengthening and deformity correction about the knee using a magnetic internal lengthening nail. *SICOT-J.* 2017;3:25.
59. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop.* 1990 Jan;(250):8–26.
60. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop.* 1989 Jan;(238):249–81.
61. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop.* 1989 Feb;(239):263–85.
62. Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: The diamond concept. *Injury.* 2007 Sep;38:S3–6.
63. Marsell R, Einhorn TA. The biology of fracture healing. *Injury.* 2011 Jun;42(6):551–5.
64. Donneys A, Tchanque-Fossuo CN, Farberg AS, Deshpande SS, Buchman SR. Bone regeneration in distraction osteogenesis demonstrates significantly increased vascularity in comparison to fracture repair in the mandible. *J Craniofac Surg.* 2012 Jan;23(1):328–32.
65. Hvid I, Horn J, Huhnstock S, Steen H. The biology of bone lengthening. *J Child Orthop.* 2016 Dec;10(6):487–92.
66. BECKER-BETZ-INSTITUTE® - Leg lengthening - Step by Step | BetzInstitute [Internet]. [cited 2023 Jul 19]. Available from: <https://www.betzinstitute.com/en/becker-betz-lengthening.html>
67. Alzahrani MM, Anam EA, Makhdom AM, Villemure I, Hamdy RC. The Effect of Altering the Mechanical Loading Environment on the Expression of Bone Regenerating Molecules in Cases of Distraction Osteogenesis. *Front Endocrinol* [Internet]. 2014 Dec 10 [cited 2023 Jul 19];5. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fendo.2014.00214/abstract>
68. Baumgart R. The Reverse Planning Method for Lengthening of the Lower Limb Using a Straight Intramedullary Nail with or without Deformity Correction: A New Method. *Oper Orthop Traumatol.* 2009 Jun;21(2):221–33.
69. Ippolito E, Peretti G, Bellocchi M, Farsetti P, Tudisco C, Caterini R, et al. Histology and ultrastructure of arteries, veins, and peripheral nerves during limb lengthening. *Clin Orthop.* 1994 Nov;(308):54–62.
70. Raschke MJ, Mann JW, Oedekoven G, Claudi BF. Segmental transport after unreamed intramedullary nailing. Preliminary report of a “Monorail” system. *Clin Orthop.* 1992 Sep;(282):233–40.
71. Paley D, Herzenberg JE, Bor N. Fixator-Assisted Nailing of Femoral and Tibial Deformities: *Tech Orthop.* 1997 Dec;12(4):260–75.
72. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop.* 1990 Jan;(250):81–104.
73. Green SA. The Evolution of Remote-Controlled Intramedullary Lengthening and Compression Nails. *J Orthop Trauma.* 2017 Jun;31(2):S2–6.

74. Paley D, Harris M, Debiparshad K, Prince D. Limb Lengthening by Implantable Limb Lengthening Devices. *Tech Orthop*. 2014 Jun;29(2):72–85.
75. Baumgart R, Betz A, Schweiberer L. A fully implantable motorized intramedullary nail for limb lengthening and bone transport. *Clin Orthop*. 1997 Oct;(343):135–43.
76. Vogt B, Gosheger G, Wirth T, Horn J, Rödl R. Leg Length Discrepancy—Treatment Indications and Strategies. *Dtsch Ärztebl Int* [Internet]. 2020 Jun 12 [cited 2023 Jul 6]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2020.0405>
77. Tabachnick BG, Fidell LS. Using multivariate statistics. 6th ed. Boston: Pearson Education; 2013. 983 p.
78. Papaioannou T, Stokes I, Kenwright J. Scoliosis associated with limb-length inequality. *J Bone Joint Surg Am*. 1982 Jan;64(1):59–62.
79. Gibson PH, Papaioannou T, Kenwright J. The influence on the spine of leg-length discrepancy after femoral fracture. *J Bone Joint Surg Br*. 1983 Nov;65(5):584–7.
80. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019 Sep;28(9):1889–905.
81. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy JP. Sagittal Plane Considerations and the Pelvis in the Adult Patient: Spine. 2009 Aug;34(17):1828–33.
82. PubMed [Internet]. [cited 2023 Jul 20]. PubMed. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
83. Song MH, Lee TJ, Song JH, Song HR. Sustained hip flexion contracture after femoral lengthening in patients with achondroplasia. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018 Dec;19(1):417.
84. Egea-Gámez RM, Galán-Olleros M, Alonso-Hernández J, Miranda-Gorozarri C, Martínez-Caballero I, Palazón-Quevedo Á, et al. Improvement of the sagittal alignment of the spine in patients with achondroplasia after subtrochanteric femoral lengthening. *Spine Deform*. 2022 Nov;10(6):1443–52.
85. Venkatesh KP, Modi HN, Devmurari K, Yoon JY, Anupama BR, Song HR. Femoral lengthening in achondroplasia: MAGNITUDE OF LENGTHENING IN RELATION TO PATTERNS OF CALLUS, STIFFNESS OF ADJACENT JOINTS AND FRACTURE. *J Bone Joint Surg Br*. 2009 Dec 1;91-B(12):1612–7.
86. Koksai A, Abul K, Dirvar F, Cimen O, Yapici F, Akgun H, et al. An investigation of the effects of total hip arthroplasty with femoral shortening in unilateral Crowe type-IV dysplastic hips on sagittal spinopelvic parameters. *Med Sci Int Med J*. 2022;11(2):734.
87. Eyvazov K, Eyvazov B, Basar S, Nasto LA, Kanatli U. Effects of total hip arthroplasty on spinal sagittal alignment and static balance: a prospective study on 28 patients. *Eur Spine J*. 2016 Nov;25(11):3615–21.
88. Marty C, Boisaubert B, Descamps H, Montigny J, Hecquet J, Legaye J, et al. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients. *Eur Spine J*. 2002 Apr;11(2):119–25.
89. Lee JH, Na KH, Kim JH, Jeong HY, Chang DG. Is pelvic incidence a constant, as everyone knows? Changes of pelvic incidence in surgically corrected adult sagittal deformity. *Eur Spine J*. 2016 Nov;25(11):3707–14.
90. Place HM, Hayes AM, Huebner SB, Hayden AM, Israel H, Brechbuhler JL. Pelvic incidence: a fixed value or can you change it? *Spine J*. 2017 Oct;17(10):1565–9.