T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
BEYİN OMURİLİK VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

LOMBER DAR KANAL CERRAHİSİNDE UNİLATERAL YAKLAŞIMLA BİLATERAL DEKOMPRESYON YAPILAN OLGULARDA ERKEN DÖNEM SAGİTTAL BALANS PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Bilal YEKELER

TIPTA UZMANLIK TEZİ

KAYSERİ – 2022

T.C.

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

BEYİN OMURİLİK VE SİNİR CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

LOMBER DAR KANAL CERRAHİSİNDE UNİLATERAL YAKLAŞIMLA BİLATERAL DEKOMPRESYON YAPILAN OLGULARDA ERKEN DÖNEM SAGİTTAL BALANS PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Bilal YEKELER

Danışman

Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜK

TIPTA UZMANLIK TEZİ

KAYSERİ – 2022

TEŞEKKÜR

Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin Omurilik ve Sinir cerrahisi Anabilim Dalında 2020-2022 yılları arasında opere edilen lomber dar kanalı olan hastaların klinik ve radyolojik bulgularını ortaya koymak, bu hastaların omurga denge parametrelerindeki değişimi gözlemlemek ve cerrahi tekniğin başarısını gözlemlemek amacıyla tezimi hazırladım.

Öncelikle uzmanlık eğitimim boyunca kendisinden çok şey öğrendiğim ve klinik anlamda bana çok şey katan, tez yazma sürecinde desteklerini ve bilgilerini esirgemeyen tez danışmanın Doç. Dr. Ahmet Küçük'e

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan gurur duyduğum, engin bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, üstümde büyük emeği geçen çok değerli hocalarım Prof. Dr. Ahmet Selçuklu, Prof. Dr. Suat Öktem, Prof. Dr. Ali Kurtsoy, Prof. Dr. Rahmi Kemal Koç, Doç. Dr. Abdulfettah Tümtürk, Doç. Dr. Şükrü Oral, Dr. Öğr. Üyesi Halil Ulutabanca, Dr. Öğr Görevlisi Ali Şahin'e teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca, iyi-kötü günleri beraber geçirdiğimiz tüm değerli asistan arkadaşlarıma, klinik hemşirelerimize, sekreterlerimize ve personel arkadaşlarımıza teşekkür ederim.

Beni yetiştirip bugünlere getiren annem, babam ve aileme teşekkür ederim.

Tanıştığım günden beri her zaman arkamda olup bana destek veren, rahat ve zor zamanlarımda hep desteğini hissettiğim, bu süreçte bolca sabreden kıymetli eşim Eda Yekeler'e ve biricik kızlarıma teşekkür ederim.

Bilal YEKELER

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **iv**
KISALTMALAR ..... **iv**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **v**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **vii**
ÖZET ..... **viii**
ABSTRACT ..... **x**
1. GİRİŞ ve AMAÇ **1**
2. GENEL BİLGİLER **2**
2.1. EMBRİYOLOJİ 2
2.2. Anatomi 6
2.2.1. Servikal Omurga 10
2.2.2. Torakal Omurga 10
2.2.3. Lomber Omurga 12
2.2.4. İntervertebral Disk 13
2.2.5. Omurganın Eklemleri ve Bağları 14
2.2.6. Omurganın Kanlanması 15
2.2.7. Vertebral kolon kasları 18
2.3. Omurga Biyomekaniği Ve Sagittal Denge 21
2.3.1. Sagittal Denge Kompanzasyon Mekanizmaları 22
2.3.2. Biyomekanik Açıdan Kompanzasyon 24
2.3.3 Yaşlanan Omurga 30
2.3.4. Omurga Duruşunu Etkileyen Sakrum ve Pelvis Parametreleri 34
2.4. Lomber Dar Kanal 38
2.4.1. Tanım 38
2.4.2. Lomber Spinal Stenoz Sınıflaması 39
2.4.3. Patofizyoloji 41
2.4.4. Klinik 44
2.4.5 Tanı 48
2.4.6. Ayırıcı Tanı 53
2.4.7. Tedavi 53

3. GEREÇ ve YÖNTEM 57
3.1. Radyolojik Değerlendirmeler 60
3.2. Hasta grupları 63
3.3. Cerrahi İşlem 64
3.4. İstatistiksel incelemeler 66
4. BULGULAR 67
4.1. Hastaların Ölçüm Sonuçları 67
4.2. İstatistiksel analiz 73
4.3. Olgu örnekleri 83
5. TARTIŞMA 89
6. SONUÇ 100
KAYNAKLAR 102
KABUL ONAY 115

KISALTMALAR

ALL : Alt lomber lordoz

AP : Anterior-Posterior, ön-arka

BTY : Bazal temas yülü

CYCH : C7 çekül hattı

DFA : Diz fleksiyon açısı

İntraop : İntraoperatif

LL : Lomber lordoz

LSS : Lomber spinal stenoz

Pİ : Pelvik insidans

Postop : Postoperatif

PP : Pelvik parametreler

Preop : Preoperatif

PT : Pelvik tilt

SS : Sakral slope

STK : Servikotorakal kifoz

STLK : Servikotorakolomber kifoz

SVA : Sagittal vertikal aks

TK : Torakal kifoz

ÜLL : Üst lomber lordoz

VAS : Visual Analog Scale

ZCQ : Zurich Cladutication Questionnaire

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. 15-21. Gün arası embriyo 2
Şekil 2.2. Nöral tüp oluşumu 3
Şekil 2.3. 26-28. Günlerde dermatom-myotom farklılaşması 3
Şekil 2.4. 4 ve 5 haftalık embriyo 4
Şekil 2.5. 5. 6. Ve 7. Haftalarda vertebra 5
Şekil 2.6. İnsan omurgasının yandan görünümü 7
Şekil 2.7: Torakal vertebra görünümü 8
Şekil 2. 8: Vertebra eğriliklerinin oluşumu 9
Şekil 2.9: Servikal 5. vertebranın görünümü 10
Şekil 2.10: Torakal vertebra görüntüsü. 11
Şekil 2.11: Lomber vertebra görüntüsü. 12
Şekil 2.12: İntervertebral disk görüntüsü 14
Şekil 2.13: Medial kesitte longitudinal lig. Görüntüsü 15
Şekil 2.14: Omurganın arteriyel dolaşımı 16
Şekil 2.15: Omurganın venöz dolaşımı 17
Şekil 2.16: Omurganın venöz dolaşımı 17
Şekil 2.17: Medulla spinalis'in posterior görünümü 18
Şekil 2.18: Yüzeyel sırt kasları 20
Şekil 2.19: Derin sırt kasları 20
Şekil 2.20: C7 çekul hattı (C7CH). 21
Şekil 2.21: Roussouly'ye göre lomber lordoz sınıflaması 23
Şekil 2. 22: Pelvik insidansı yüksek bir örnekte pelvis retroversiyonu ile sagittal denge kompenzasyonu 24
Şekil 2.23: Omurganın denge biyomekaniği 25
Şekil 2. 24: Kartezyen koordinat sistemi üzerinde rotasyonun anlık ekseni ve hareketleri 29
Şekil 2.25: Coupling fenomeni 29
Şekil 2.26: Nucleus pulposus ve annulus fibrozus'un basınç etkisi ile hareketleri 30

Şekil 2.27: Yaşlanan omurgada pelvis ve alt extremitelerde gelişen kompansatuar mekanizmalar 31
Şekil 2.28: Yaşla birlikte omurgada olan değişiklikler ve kompanzasyon mekanizmaları 33
Şekil 2. 29: Tüm vücut lateral grafi. C1 ve topuk görünecek şekilde çekilerek tek grafide tüm vücut sagittal balans dizilimi 34
Şekil 2.30: Ağırlık çizgisi 35
Şekil 2.31: Pelvik insidans açısı 35
Şekil 2.32: Sakral eğim ve pelvik eğim açıları, FB: Femur başı. 36
Şekil 2.33: Pelvik insidans = Sakral eğim + Pelvik eğim. 36
Şekil 2.34: Diz fleksiyon açısı (DFA) 37
Şekil 2.35: Torakal kifoz ve lomber lordoz açıları, sagittal vertikal aks (SVA)... 37
Şekil 2.36: Torakal kifoz, lomber lordozun uyum içinde olduğu sagittal denge hali. 37
Şekil 2.37: Normal kanal ve dar kanal 39
Şekil 2.38: Santral stenoz, Lateral reses stenozu ve Foraminal stenoz 39
Şekil 2.39: Anatomik yerleşimine göre dar kanal 43
Şekil 2.40: Nörojenik kladikasyonun oluşumu 44
Şekil 2.41: Fleksiyon ve ekstansiyonda spinal kanal hacmi. 46
Şekil 2.42: Lomber spinal stenoz 49
Şekil 2.43: Spinal stenoz olgusuna ait MR görüntüsü. 52
Şekil 3.1: Pelvik uyum parametreleri. 61
Şekil 3.2: Sagittal vertikal aks (SVA) 62
Şekil 3.3: Surgimap kullanılarak yapılan tüm vücut lateral grafi örneği 63
Şekil 3.4: Tek taraftan yaklaşımla bilateral mikrodekompresyon tekniği 65
Şekil 3.5: Preoperatif ve Postoperatif axial CT görüntülemeleri 65
Şekil 4.1: Olgu Örneği 1 83
Şekil 4.2: Olgu Örneği 2. 97
Şekil 4.3: Olgu Örneği 3 98
Şekil 4.4: Olgu Örneği 4 99
Şekil 4.5: Olgu Örneği 5 100
Şekil 4.6: Olgu Örneği 6 101

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Yetişkin populasyonda pelvik parametrelerin normal değerleri 38
Tablo 2: Normal ve stenotik lomber spinal kanal boyutları..... 43
Tablo 3: Vasküler ve Nörojenik Kladikasyo Karşılaştırması 46
Tablo 4: BT de lomber kanal, sinir kökü kanalı, intervertebral foramen ölçümleri 50
Tablo 5: Vizüel Analog Skalası (VAS) 59
Tablo 6: Sagittal ortalama değerleri (ve standart sapmaları) 63
Tablo 7: SVA <50mm olan hastaların demografik verileri, preop ve postop VAS sonuçları 67
Tablo 8: SVA <50mm olan hastaların preop ve postop ZCQ sonuçları 68
Tablo 9: SVA <50mm olan hastaların preop sagittal balans parametreler 68
Tablo 10: SVA <50mm olan hastaların postop sagittal balans parametreleri..... 69
Tablo 11: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların demografik verileri, preop ve postop VAS sonuçları 69
Tablo 12: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların preop ve postop ZCQ sonuçları 70
Tablo 13: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların preop sagittal balans parametreleri..... 70
Tablo 14: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların postop sagittal balans parametreleri..... 71
Tablo 15: SVA ≥100 mm olan hastaların demografik verileri, preop ve postop VAS sonuçları 71
Tablo 16: SVA ≥100 mm olan hastaların preop ve postop ZCQ sonuçları 72
Tablo 17: SVA ≥100 mm olan hastaların preop sagittal balans parametreleri ... 72
Tablo 18: SVA ≥100 mm olan hastaların postop sagittal balans parametreleri.. 72
Tablo 19: Çalışmaya ilişkin genel bulguların dağılımı..... 73
Tablo 20: Preop – Postop ölçüm parametrelerinin karşılaştırılması..... 74
Tablo 21: Bazı parametrelerin grup içi ve gruplar arası değerlerin karşılaştırılması 75
Tablo 22: Sagittal balans parametrelerin grup içi ve gruplar arası değerlerinin karşılaştırılması..... 79

LOMBER DAR KANAL CERRAHİSİNDE UNİLATERAL YAKLAŞIMLA BİLATERAL DEKOMPRESYON YAPILAN OLGULARDA ERKEN DÖNEM SAGİTTAL BALANS PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Amaç: İleri yaş grubunda farklı derecelerde gördüğümüz lomber spondiloz bazen yaşlanmanın doğal süreci olarak asemptomatik ya da hafif semptomatik seyrederken bazılarında ise daha şiddetli seyrederek bir geriartrik hastalık olarak karşımıza çıkmaktadır. Lomber spinal stenoz (LSS) olarak adlandırdığımız bu hastalık şiddetli ağrı ve fonksiyonel kısıtlılığa neden olduğunda ise cerrahi olarak tedavi edilmesi gereken aşamaya ulaşmış olmaktadır. LSS'nin cerrahi tedavisinin temeli dekompresyondur. Dekompresyon için geniş laminektomi ve bilateral foraminatomi, laminoplasti, unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon (mikrodekompresyon) gibi farklı cerrahi teknikler kullanılmaktadır. Minimal invaziv tekniklerin laminektomiye olan üstünlüklerini gösteren çalışmaların varlığına rağmen bu yöntemler halen standart tedavi haline gelememişlerdir.

Global sagittal dengenin önemi son zamanlarda vurgulansa da lomber kanal dekompresyonundan sonra sagittal dizilimdeki değişiklikler hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı lomber spinal stenozun cerrahi tedavisinde uygulanan etkili ve emniyetli bir yöntem olan unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon (mikrodekompresyon) tekniğinin postop erken dönemde omurga biyomekaniğine etkisi, sagittal balans parametrelerindeki değişimini gözlemlemektir.

Gereç ve yöntemler: Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniğinde Mart 2020 – Mart 2022 yılları arasında Unilateral yaklaşımla bilateral lomber dekompresyon uygulanan 41 hasta opere olduğu tarihten itibaren 1 yıllık süreçte prospektif olarak takip edilmiş, bu hastalara tüm vücut grafileri çekilerek sagittal balans parametreleri ölçülmüştür. Ölçümler Surgimap (© Nemaris Inc.) ile analiz edilmiş ve kaydedilmiştir. Hastalar preoperatif ölçümlerdeki Sagittal Vertikal Aksis (SVA) değerlerine göre 3 gruba (<50 mm, ≥50 mm- <100 mm, ≥100 mm) ayrılmıştır. Grupların

klinik parametreleri ve sagittal balans parametreleri preop ve postop olmak üzere karşılaştırılmıştır.

Sonuç: Lomber dar kanalda unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon yapılan olgularda sagittal balans parametrelerinde ciddi düzelmeler izlendi. SVA değerleri preop 66,5 mm'den 35,3 mm'ye anlamlı bir şekilde geriledi. Lomber Lordoz açısı 14°'den 17°'ye anlamlı bir şekilde artış gösterdiğini gözlemledik. Bu hastalarda klinik olarak ağrı kontrolü ve yürüme mesafelerinde artış sağlandığı fonksiyonel düzelmeler gözlendi. Ayrıca sagittal dizilimde gözlenen düzelmelerle birlikte kompanzasyon mekanizmalarında da düzelmeler izlendi. Pelvik tilt ve Diz fleksiyon açılarında azalmalar izlendi.

Sonuç olarak Lomber dejeneratif dar kanal hastalarında minimal invaziv bir yaklaşım olan unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisi bu hastalardaki sagittal balans parametrelerinde ve kompanzasyon mekanizmalarında iyileşmelere neden olup bu hastalardaki klinik olarak düzelmeleri sağlayan etkili bir yöntemdir.

Anahtar kelimeler: Lomber dar kanal, Minimal invaziv cerrahi, Unilateral laminotomi, Sagittal balans

EVALUATION TO EARLY TERM SAGITTAL BALANCE PARAMETHERS IN PATIENTS WITH DEGENERATIVE LOMBER STENOSIS SURGERY THAT BILATERAL DECOMPRESSION VIA UNILATERAL APPROACH

ABSTRACT

Aim: In elder age group, lumbar spondylosis may be seen as a process of aging with slight symptoms or no symptoms. But, in some individuals, it may be a serious geriatric problem with heavy symptoms. When this disease, known as lumbar spinal stenosis (LSS) causes severe pain and disability surgical treatment may be necessary. Surgical treatment of LSS is based on decompression. Surgical techniques include wide laminectomy and minimally invasive techniques such as bilateral foraminatomy, laminoplasty and bilateral decompression by unilateral laminotomy. Although there are investigations showing superiority of minimally invasive techniques to laminectomy, minimally invasive techniques are not a standard surgical treatment yet.

Although the importance of global sagittal balance is underscored recently, little is known about the changes in sagittal alignment after lumbar canal decompression. The aim of this study is to evaluate if bilateral decompression by unilateral laminotomy for surgical treatment of lumbar spinal stenosis is effective and safe or not, and evaluate to affect to early term spine biomechanics and sagittal balance paramethers.

Matherial and Methods: 41 patients who underwent bilateral lumbar decompression with the unilateral approach between March 2020 and March 2022 at the Neurosurgery Clinic of Erciyes University Faculty of Medicine were followed up prospectively for a period of 1 year from the date of surgery and sagittal balance parameters were measured by taking whole body radiographs of these patients. Measurements were analyzed and recorded with Surgimap. Patients were divided into 3 groups (<50 mm, ≥50 mm - <100 mm, ≥100 mm) according to their Sagittal Vertical Axis (SVA) values in preoperative measurements. The clinical parameters and sagittal balance parameters of the groups were compared as preoperative and postoperative.

Results: Significant improvements were observed in sagittal balance parameters in patients who underwent bilateral decompression with a unilateral approach in the lumbar

spinal stenosis. SVA values decreased significantly from preop 66.5 mm to postop 35.3 mm. We observed that the lumbar lordosis angle increased significantly from preop 14˚ to postop 17˚. Clinically, functional improvements were observed in these patients, with an increase in pain control and walking distance. In addition, improvements were observed in the compensation mechanisms along with the improvements observed in the sagittal alignment. Decreases were observed in pelvic tilt and knee flexion angles.

In conclusion, bilateral decompression surgery via unilateral approach, which is a minimally invasive approach, in patients with lumbar degenerative stenosis, leads to improvements in sagittal balance parameters and compensation mechanisms in these patients, and is an effective method that provides clinical improvement in these patients.

Key Words: Lomber spinal stenosis, Unilateral laminotomy, Minimal invazive surgery, Sagittal balance

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Lomber dar kanal, spinal kanalın veya nöral foramenin daralmasına ve nöral elemanlarının sıkışmasına bağlı olarak nörojenik kladikasyon veya radiküler ağrıdan oluşan bir klinik sendrom olarak tanımlanmaktadır (1). Bu daralmaya kemik hipertrofisi, ligamentöz hipertrofi, disk protrüzyonu, spondilolistezis veya bunların birlikte bulunması sebep olabilir.

Konservatif tedaviye yanıt vermeyen ve ilerleyici bulguları olan olgularda cerrahi tedavinin etkinliği tartışmasızdır. Cerrahi tedavinin temelini ise nöral yapıların dekompresyonu oluşturmaktadır. Olguya göre karar vermekle birlikte dekompresyona, transpediküler enstrümantasyon ve füzyon da eklenebilir.

Hastalara enstrümantasyon yapılması ise hastayı komşu segment, psödoartroz gibi ek komplikasyonlara açık hale getirmektedir. Bu durum, spinal cerrahi ile ilgilenen hekimleri yeni arayışlara götürmüş ve farklı teknikler üzerine çalışılmıştır.

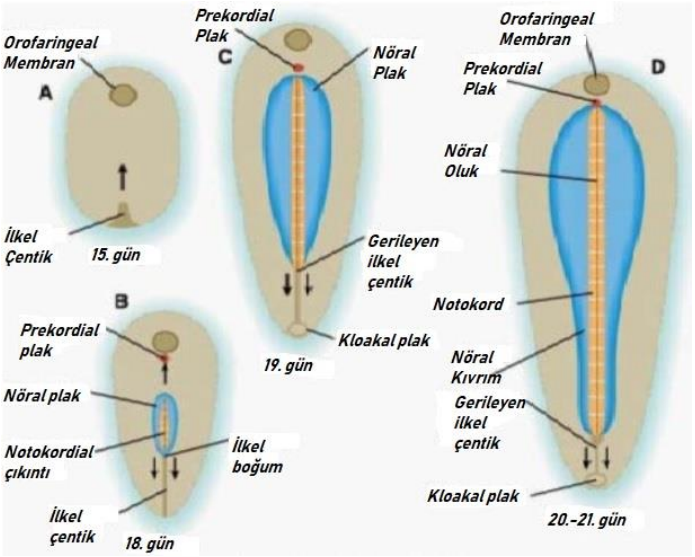
Bu çalışmada lomber dar kanal hastalarında yapılan unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisinin erken dönem sagittal balans parametrelerine etkileri ve olguların klinik durumları araştırılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

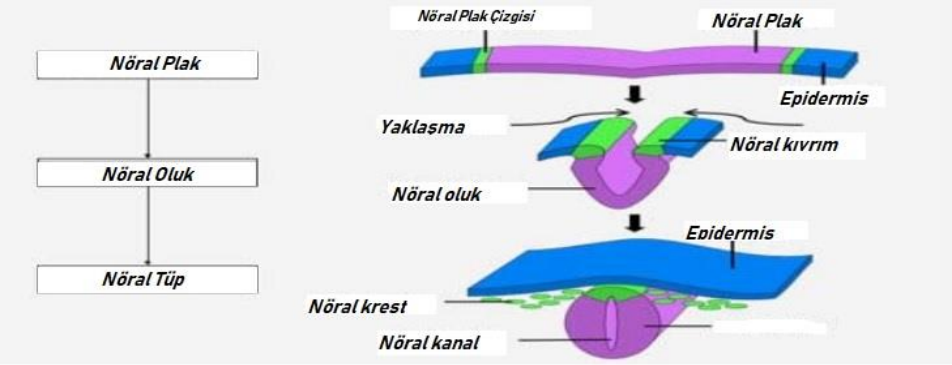
2.1. EMBRİYOLOJİ

Lokomotor sistemindeki kıkırdak ve kemik dokularının kökenini embriyolojik olarak mezoderm oluşturur (2). Ektoderm ve endoderm tabakaları gastrulasyonun tamamlanması ile ortaya çıkar ve bu ikinci haftaya denk gelir. Esas mezoderm ve notokord bu iki germ yaprağının arasından gelişir (2). (Şekil 2.1).

Ektodermin kalınlaşması notokord (chorda dorsalis) hücrelerinin ortaya çıkışı ile azalır ve nöral plak oluşumuna sebep olur. Nöral oluk 18. Günde nöral plağın uçlarının yukarıya doğru kıvrılması ile oluşur. Yukarı doğru kıvrılan uçların bir araya gelmesi ile nöral tüp meydana gelir (2) (Şekil 2.2).



Şekil 2.1 B: 18. günde embriyo, **1 D:** 21.günde embriyo, frontal kesitlerde notokord oluşumu



Şekil 2.2: 18. günde paraksial mezoderm ve nöral plağın katlanmaya başladığı gösterilmektedir. Bunun sonunda nöral tüp oluşmuş, her iki yanında somit çiftleri belirmiştir (2).

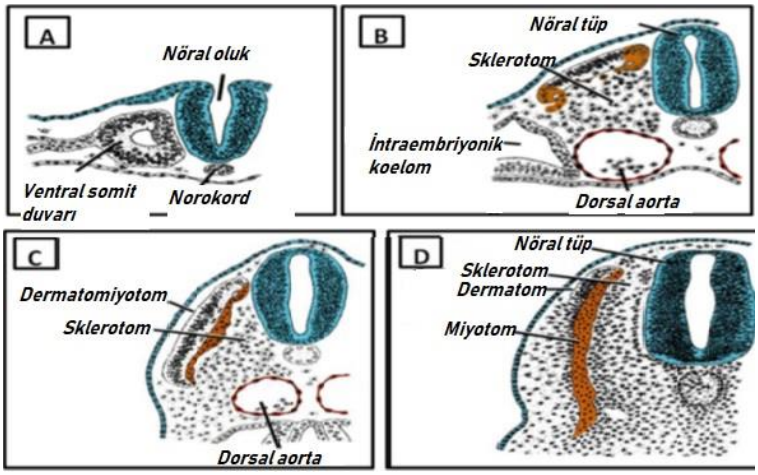
Notokordun iki yanında içi boş yumrular olarak dizilen somitler meydana gelir. Bu somitler 20. günde 4 çift; 5. haftanın sonunda 42–44 çifte ulaşır. Somitler 4 oksipital, 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 8-10 koksigeal olarak dizilirler. İlk oksipital somit erken dönemde kaybolur. Son 3-5 somit atrofiye uğrar, geriye kalan somitler vertebral kolonu oluştururlar (2).

Her bir somit çifti medialden laterale doğru 3 yapıya ayrışır (3) (Şekil 2.3):

1.Sklerotom: Anteromedialde bulunur ve aksiyal iskelet sisteminin yapıtaşıdır.

2.Myotom: Lateralde bulunur ve segmental sırt kaslarının yapıtaşıdır.

3.Dermatom: Posteriorda bulunur ve derinin dermis ve hipodermis tabakalarının yapıtaşıdır.



Şekil 2.3 C: 26. günde somit çiftlerinden sklerotom ve dermotomyotom oluşur. **3D:** 28. günde dermotom ve myotom farklılaşarak üç farklı yapı oluşur (2).

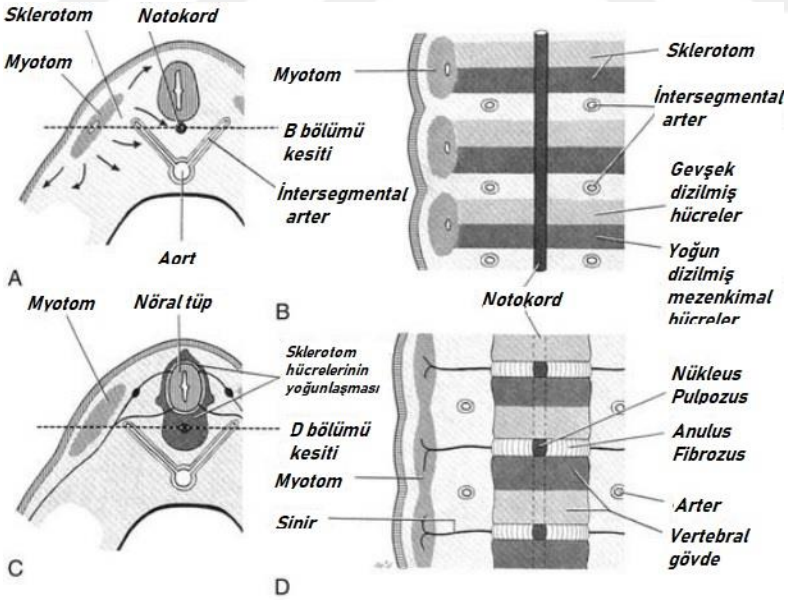
Kolumna vertebralisin gelişimi 3 evreden oluşur (2).

A-Mezenkimal Evre (Prekartilaginöz Evre)

1-Notokord Çevresinde;

Notokordu çevreleyen mezenkim hücreleri her bir sklerotomun kranial yarımında gevşek, kaudal yarımında sıkıca toplanır. Bir araya gelmiş mezenkimal hücrelerden bir bölümü kraniale doğru migre olarak myotom merkezi hizasında birikir ve intervertebral diski meydana getirir.

Geriye kalan birleşmiş mezenkimal hücreler bir alt seviyedeki sklerotomun gevşek hücreleri ile kaynaşarak vertebranın mezenkimini oluşturur (2) (Şekil 4A, B). Erken evrede her sklerotoma bir myotom bölümü düşerken, gelişim sürecinde her bir vertebranın iki ayrı sklerotomdan oluşmasıyla, başlangıçtaki dizilimini koruyan myotom iki ayrı vertebraya yapışır. Notokord; gelişen vertebralar tarafından sarılır. Sonrasında da dejenerasyona uğrayarak kaybolur. İntervertebral disk düzeyinde notokord varlığını devam ettirir ve nükleus pulpozusu meydana getirir (2) (Şekil 2.4 B, C).



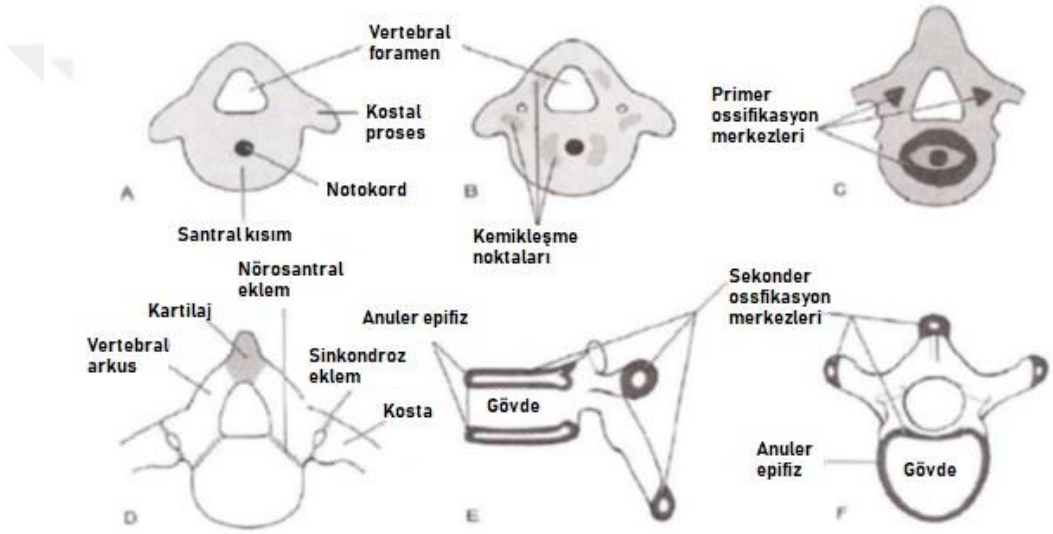
Şekil 2.4A: 4 haftalık embriyonun transvers kesiti
4B: Aynı embriyonun frontal kesiti
4C: 5 haftalık embriyonun transfer kesiti
4D: 5 haftalık embriyonun frontal kesiti; vertebra cismi oluşmuş, notokord nukleus pulpozus olarak varlığını korumaktadır (2).

2. Nöral Kanal Çevresinde;

Bu bölgede bulunan mezenkimal hücreler nöral kanalı her iki yandan çevreleyerek arkada birleşmesi ile arkus vertebrayı oluşturur (2) (Şekil 4 C).

3. Gövde Duvarında;

Gövde duvarında laterale ve anteriora doğru göç eden mezenkimal hücreler, kosta çıkıntılarını oluştururlar. Torasik bölgede ortaya çıkan bu çıkıntılardan kostalar şekillenir (2) (Şekil 2.5 A).



Şekil 2.5 A: 5 haftalık embriyoda mezenkimal vertebra.

B: 6. haftada ortaya çıkan kıkırdaklaşma merkezleri.
C: 7. haftada primer kemikleşme merkezleri belirmiştir.
D: Doğumda, torasik vertebrada 3 kemik parçası.
E: Pubertede, tipik bir torasik vertebranın yandan görünümü
F: Pubertede, tipik bir torasik vertebranın üstten görünümü.

B-Kartilaginöz Evre

Membranöz omurga mezenkiminde 6. haftada 6 tane kıkırdaklaşma merkezi meydana gelir. 8.haftada (Embriyonik dönem sonu) bu kıkırdaklaşma merkezlerinin ikisi notokordun lateralinde bulunur.

Notokordun lateralinde bulunan bu kıkırdaklaşma merkezleri omurganın kıkırdaklaşma merkezini bu dönemde birleşerek oluştururlar. Spinal kanal lateralinde oluşan kıkırdaklaşma merkezlerinin dorsal füzyonu nöral arkı ve spinöz çıkıntıyı meydana getirir. Nöral ark ve cismin yanında iki kıkırdaklaşma merkezi daha belirir ve bunların lateral çıkıntıları transvers çıkıntıları oluşturur. Yedinci ve sekizinci haftalarda kıkırdak omurgayı çevreleyen interstisyel matriksten anterior ve posterior ligamanlar oluşur (2) (Şekil 2.5 B).

C-Kemik Evre

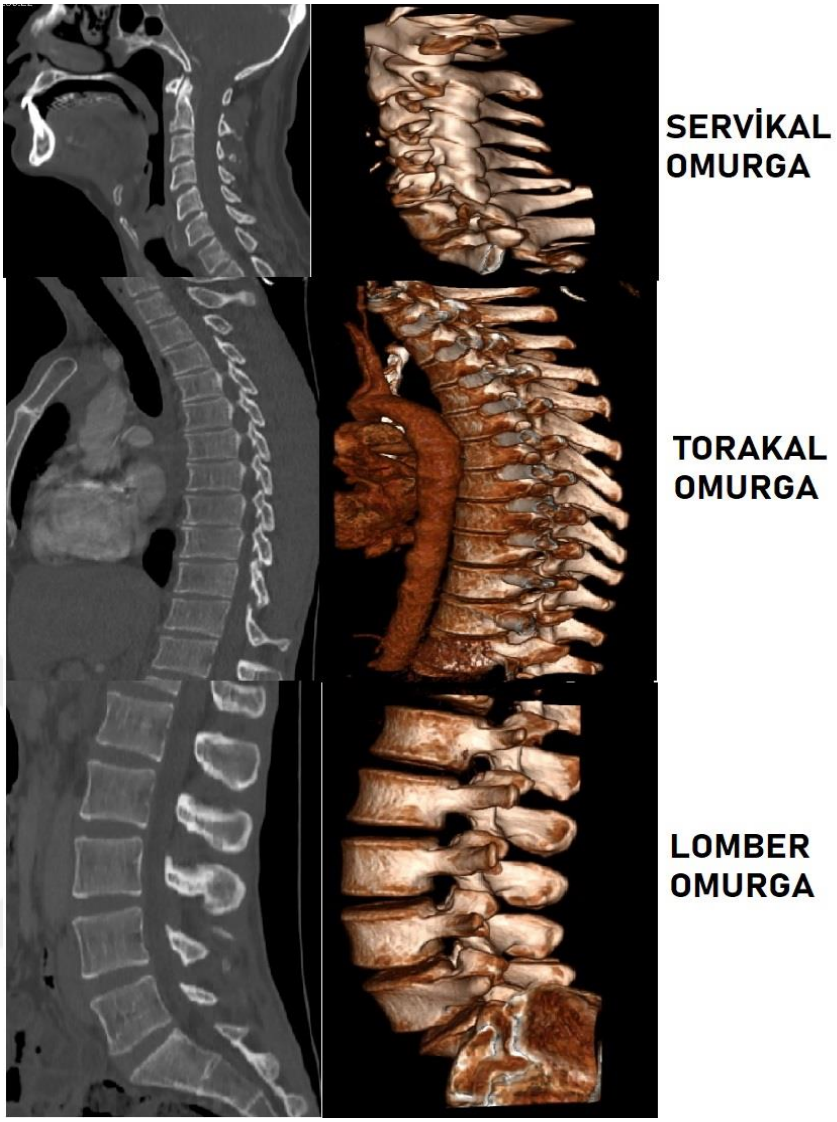
Bilinen anlamda vertebranın ossifikasyonu embriyonik period sırasında başlar, ortalama 25. yaşta sona erer. Embriyonik periyod bitiminde; yani ortalama sekizinci haftada omurga cisim merkezinde bir, her bir vertebral ark yarımında da birer adet olmak üzere toplamda 3 adet primer ossifikasyon merkezi mevcuttur. Doğum esnasında her vertebra birbirlerine kıkırdak ile bağlanmış 3 kemik parçasından meydana gelir (2) (Şekil 2.5 C, D).

Doğumu takip eden üçüncü ve beşinci yıllarda vertebral ark yarımları birleşerek tek bir parça haline gelir. Laminaların birleşmesi önce lomber bölgede olur. Sonra kraniyale doğru devam eder. Altıncı yaşta ise vertebral ark ile cisim arasındaki nörosantral eklemler kemikleşerek vertebra cismi ile arkuslar birbirlerine kaynaşırlar (3).

Puberte sırasında her vertebrada beş yeni ikincil ossifikasyon merkezi ortaya çıkar; ikisi transvers çıkıntıların ucunda, biri spinöz çıkıntının ucunda, diğer ikisi de vertebral korpusun epifiz bölgelerinde dairesel olarak ortaya çıkar. İkincil ossifikasyon odaklarının birbiriyle kaynaşmaları yirmi beş yaşında biter (3) (Şekil 2.5 E, F).

2.2. Anatomi

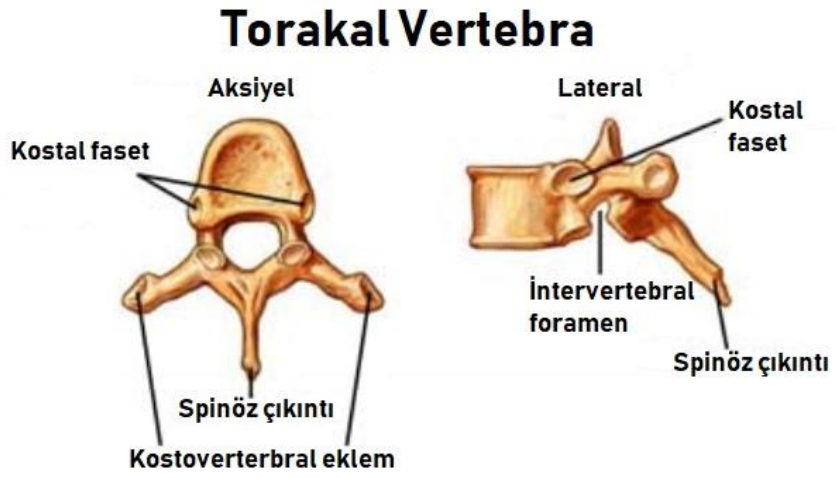
Vertebral kolon 33 vertebra kemiğinin üst üste sıralanmasıyla oluşan bir sütundur. Bu sütun baş, göğüs, karın boşluğunda bulunan hayati organları taşır. Ayrıca bir destek görevi görür. Omurgadaki vertebralar bulundukları yere göre isimlendirilir. Buna göre servikal omurga 7 vertebradan, torakal omurga 12 vertebradan, lomber omurga 5 vertebradan, sakral omurga 5 vertebradan ve koksigeal omurga ise 4 vertebradan meydana gelmektedir (4) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: İnsan omurgasının yandan görünümü

Omurga baş, boyun ve gövdenin hareketlerine imkân sağlar. Ayrıca vücudun hemen hemen tüm hareketlerinde de görev alır. Vücut ağırlığının büyük bölümünü taşıyan ve bu ağırlığı pelvis aracılığıyla alt ekstremiteye aktaran omurgadır. Vücut dengesinde önemli rol alır. Alt ve üst ekstremite bağlantı kemikleriyle omurgaya bağlandıkları için, omurganın şekli ekstremitelerin hareketlerini büyük ölçüde etkiler (5). Omurgayı oluşturan 33 vertebra kemiğinden ilk yirmi dördü hareketli eklemler vasıtasıyla birbirlerine eklemleşir. Bu nedenle gerçek vertebralar, hareketli vertebralar veya presakral vertebralar adıyla anılırlar. Geriye kalan 9 vertebranın beşi kendi aralarında birleşerek sakrum'u, dördü de kendi aralarında birleşerek koksiks'i oluştururlar. Bunlara da yalancı vertebralar veya sabit vertebralar denilir.

Omurgayı oluşturan vertebralar bulundukları bölgelere göre bölümlere ayrılırlar. Yukarıdan aşağıya doğru incelediğimizde yedisi servikal vertebra, on ikisi torakal vertebra, beşi lomber vertebra olarak isimlendirilir. Lomber vertebraların altında ise sakrum ve koksiks bulunur (5, 6). Genel olarak vertebra kemiği; önde korpus vertebra, arkada arkus vertebra olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Vertebral korpus, intervertebral disklerle birbirine bağlanarak bir sütun oluştururlar. Vertebral arkuslar, vertebra korpusu ile birleşerek vertebral forameni oluştururlar. Bunlarda üst üste dizilerek vertebral kanal'ı meydana getirirler. Hareketli vertebralardan ilk ikisi hariç, diğerleri birbirine benzerlik gösterirler. Her bölgenin kendine özgü bazı farklılıkları mevcuttur (4, 5) (Şekil 2.7).



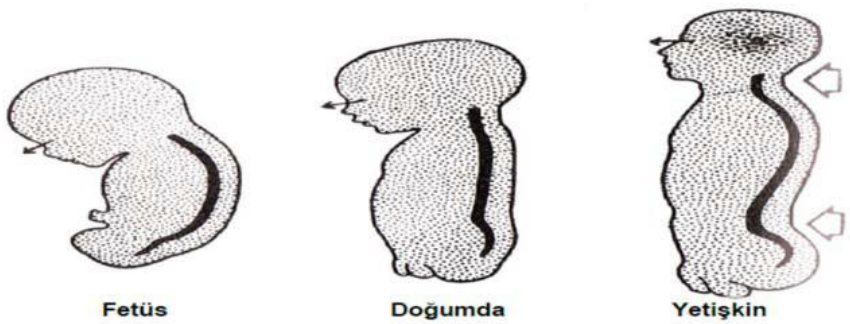
Şekil 2.7: Tipik bir erişkin insan torakal vertebrasının üstten ve yandan görünümü

Vertebra cismi vertebranın en büyük kısmını oluşturur. Superior ve inferior yüzleri düz ve etrafı çıkıntılıdır. Uç plak (end plate) adı verilen bu yüzlerin çıkıntılı kenarlarına intervertebral fibrokartilaj yapışır. Kraniyelden kaudale gidildikçe vertebra cisimlerinin çapları büyür. Servikal vertebraların cisimleri dörtgen şeklindedir. Torakal vertebra cisimleri ise oval şekildedir. Vertebra cisminin anteriorunda besleyici arterlerin girdiği birkaç küçük delik bulunur. Posteriorunda ise vertebral venlerin cisimden ayrıldığı daha büyük birkaç düzensiz delik yer alır (4, 5). Pedikül, vertebra cisminin posterior ve lateral duvarlarının birleştiği noktadadır. Cismin superior yarısından çıkarak posteriora yönelen bir çift kısa, güçlü çıkıntıdır. Pediküllerin superior ve inferiorundaki konkavitelere vertebral çentikler denir ve iki vertebral çentiğin meydana getirdiği yapıya intervertebral foramen adı verilir (4, 5). Pediküllerden çıkarak posteriora ve mediale yönelip orta hatta

birleşen bir çift yassı oluşuma lamina denir. Superior kısımlarının posterioruna ve inferiorun anterioruna ligamentum flavum tutunur. Spinöz çıkıntılar, laminaların birleşimi ile ortaya çıkar ve posteriora doğru uzanan kas ve ligamentlerin tutunduğu kompleksi oluşturur.

Faset eklem çıkıntıları, pediküllerle laminaların birleşim yerinde bulunan ve bir çift superiorda, bir çift de inferiorda olmak üzere her vertebrada toplam 4 adet bulunan, eklem yüzleri hyalin kıkırdakla kaplı çıkıntılardır. Transvers çıkıntılar, pediküllerle laminaların bileşkesinde sağa ve sola doğru yönelen, superior ve inferior faset eklem çıkıntıları arasında bulunan, kasların ve ligamentlerin tutunduğu yapılardır. Vertebra cisimleri, etrafı ince bir kortikal kemik dokusu ile çevrili kansellöz kemikten oluşur. Anterior ve posterior yüzlerinde damarların girip çıktığı birkaç küçük foramen bulunur. Vertebra cisminin içinde kansellöz kemik dokusu, ince lameller halinde superior ve inferior uç plaklara dik şekilde sıralanır. Böylece vertebra cismi aksiyal yüklenmeye karşı en yüksek direnci gösterebilir.

Vertebral arkus ve çıkıntıların kortikal kemik yoğunluğu daha fazladır (4, 7, 8). Vertebral kolonun, sagittal planda dört adet fizyolojik eğriliği mevcuttur. Doğumda vertebral kolon düz bir sütun halindedir. Bebek başını tutmaya başlayınca servikal lordoz gelişir. Oturmaya ve ayağa kalkmaya başlayınca lomber lordoz gelişir. Torakal ve sakral kifoz embriyonik dönemde gelişir ve bundan dolayı primer eğrilikler olarak isimlendirilir. Başlangıçta çocuklarda bu eğrilik dereceleri erişkinlerden azdır. Kas gücü gelişip denge sağlanınca normal açı değerlerine ulaşır (9, 10). Bir yetişkinde fizyolojik eğrilik değerleri; servikal bölgede 30° 50° lordoz, torakal bölgede 20°-50° kifoz, lomber bölgede 40°-80°lordoz ve sakral bölgede 40° 60° kifoz şeklindedir (9, 10) (Şekil 2.8).

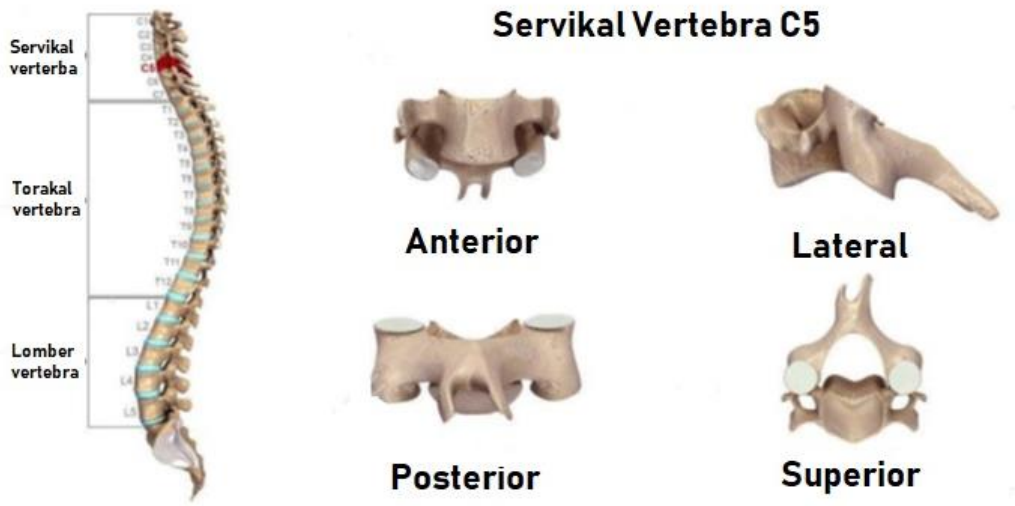


Şekil 2.8: Fizyolojik eğriliklerin gelişimi; fetüste, doğum esnasında ve yetişkinde vertebral kolonun eğrilikleri görülmektedir (10).

2.2.1. Servikal Omurga

Servikal omurga, baş ile toraks arasında bulunur. Fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon hareketlerine izin veren, 7 adet vertebradan oluşan, esnek bir kolondur. Servikal bölgede 1. ve 2. vertebralar diğer vertebralardan morfolojik olarak farklıdırlar. Servikal 7. boyun omuru servikal ve torakal bölge arasında geçiş vertebrası olması nedeniyle morfolojik olarak farklıdır.

Servikal vertebralar diğer bölgelerdeki vertebralara kıyasla daha az ağırlık taşıdıkları için korpusları daha küçüktür. Servikal 1. vertebra; atlas adını alır ve korpusu ve spinöz çıkıntısı bulunmaz. Atlas, kranialde oksipital kondillerle atlantooksipital eklemi, kaudalde ise 2. servikal vertebra olan ve aksis adını alan vertebra kemiği ile atlantoaksiyel eklemi oluşturur. Başın rotasyon hareketi büyük oranda atlantoaksiyel eklem üzerinden gerçekleşir. Üçüncü servikal vertebra ve kaudalinde yer alan diğer servikal vertebralara subaksiyel vertebralar denir. Morfolojik olarak benzerlik gösterirler. Servikal 7. vertebranın diğer subaksiyel vertebralardan farkı ise, en uzun spinöz çıkıntıya sahip olmasıdır (4, 5) (Şekil 2.9).

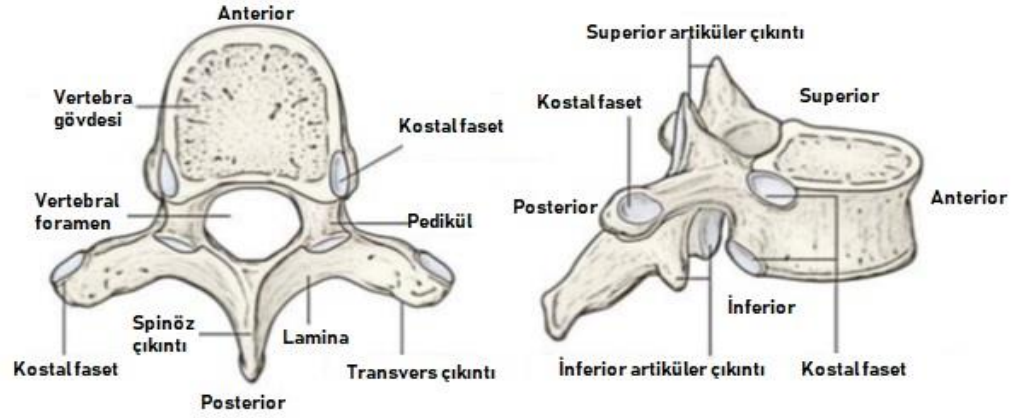


Şekil 2.9: Servikal 5. vertebranın görünümü

2.2.2. Torakal Omurga

Torakal omurga, servikal ve lomber vertebralar arasında bulunur. Sternum ve kostalarla birlikte göğüs kafesini oluşturan 12 adet vertebradan oluşmuştur. Torakal bölgedeki

vertebraların korpusları daha çok üçgene yakın şekillidir. Kraniyelden kaudale doğru giderek kalınlıkları artar. İlk dört torakal vertebra anatomik olarak daha çok servikal vertebralara benzerken, son dört torakal vertebra ise daha çok lomber bölgedeki vertebralarla benzerlik gösterirler (4, 5) (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Tipik bir torakal vertebranın yandan ve üstten görünümü.

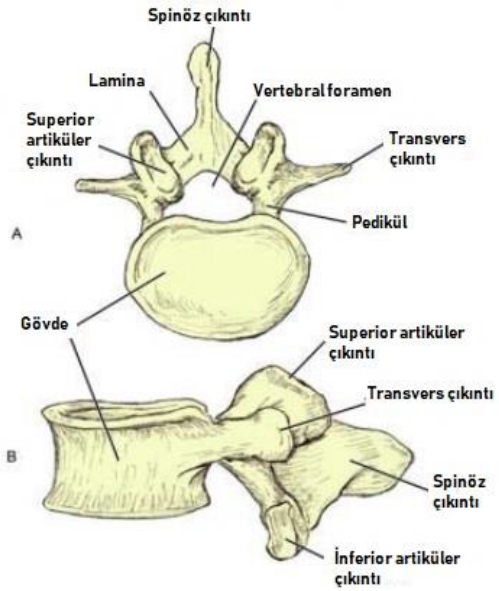
Torakal vertebraların korpuslarının yan kısımlarında kostaların baş kısımları ile eklemleşirler. Transvers çıkıntıların üzerinde kostal tübeküllerle eklemleşen eklem yüzleri yer almaktadır. Yalnız son iki torakal vertebrada bu eklem yüzleri yer almaz (7). Torakal bölgede laminalar birbiri üzerine yerleşmişlerdir. Pediküller servikal bölgedekilere kıyasla korpusun daha dorsalinden çıktığından, spinal damar ve sinirlerin geçtiği intervertebral foramenler daha geniştir. Torakal bölgede vertebral foramenler küçük ve yuvarlak özelliktedir. Bu sebepten dolayı spinal kanal diğer segmentlere kıyasla daha dardır.

Vertebral foramenlerin oluşturduğu spinal kanal, torakal 4-6. Vertebralar seviyesinde en geniş kanal açıklığına sahiptir (4, 7). Torakal bölgede spinal kanalın genişliği koronal planda ortalama 17,2 mm, sagittal planda ise ortalama 16,8 mm'dir. Omurilik çapı, torakal bölgede koronal planda ortalama 8mm iken, sagittal planda ortalama 6,5 mm'dir. Ancak omuriliğin en geniş olduğu yer olan, torakal onuncu ve lomber birinci vertebraların arasında kalan bölgede omurilik çapı frontal planda ortalama 9,6 mm ve sagittal planda ortalama 8 mm'dir (4, 7).

2.2.3. Lomber Omurga

Lomber omurga, torakal omurga ile sakrum arasında yerleşmiştir. Beş hareketli vertebradan meydana gelir. Gövde ağırlığının büyük kısmını taşıyan lomber vertebralar iri, güçlü ve oval şekilli yapıya sahiptirler. Lomber vertebraların sagittal plandaki anterior yükseklikleri posterior yüksekliklerinden fazladır. Sagittal çapları ise koronal çaplarından daha azdır. Lomber vertebraların posterior elemanları kalın ve künt yapıdadır. Kalın ve geniş pediküller korpusların dorsolateralinden çıkarak posteriora uzanırlar. Lomber vertebraların laminaları kalındır, üçgen şekilli spinal kanalın arka ve yan duvarlarını yaparlar. İntervertebral forameni oluşturan çentiklerin kaudalde yer alanı, kranialdekine kıyasla derindir. Transvers çıkıntıları düz ve incedir. Spinöz çıkıntıları kısa, yassı ve dörtgen olup direk posteriora uzanırlar (4, 6).

Lomber vertebraların faset eklem çıkıntıları diğer seviyelerdeki vertebralara göre farklılıklar gösterirler. Vertebranın superiorunda yer alan faset eklem çıkıntıları, normal olarak laminalarla pediküllerin birleşme yerinden çıkar. Ancak eklem yüzleri konkavdır ve dorsomedial yerleşim gösterir. Sağ ve sol olmak üzere her iki eklem yüzü daima birbirine bakar. Vertebranın inferiorundaki faset eklem çıkıntıları, her iki laminanın uzantısı olup, eklem yüzleri anteriora ve laterale bakar. Bir alt seviyedeki vertebranın superior eklem yüzü ile iç içe girerek eklem oluşturmaktadır (4, 7) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: L4 seviyesinde üstten ve yandan görünümü.

Sakrum

Sakrum, beş adet gelişmemiş vertebranın birleşerek oluşturduğu, anteriora doğru konkav, tabanı kranialde yer alan üçgen şekilli bir kemiktir. Sakrumun üst duvarı, 5. lomber vertebra ile eklem yaparken, alt ucu koksiks ile eklemleşir. Sakrum, sağ ve sol olmak üzere her iki tarafta iliak kemiklerle birleşerek sakroiliak eklemleri oluşturur. Her iki sakroiliak eklem sayesinde sakrum, kemik pelvisin posterior duvarını oluşturur. Üst üste kaynaşmış olan sakral vertebraların vertebral foramenleri sakral kanalı meydana getirir. Sakrumun ön ve arka yüzlerinde bulunan 4 adet sakral foramenden 4 çift sakral sinirin dorsal ve ventral kökleri çıkar (4, 7).

Koksiks

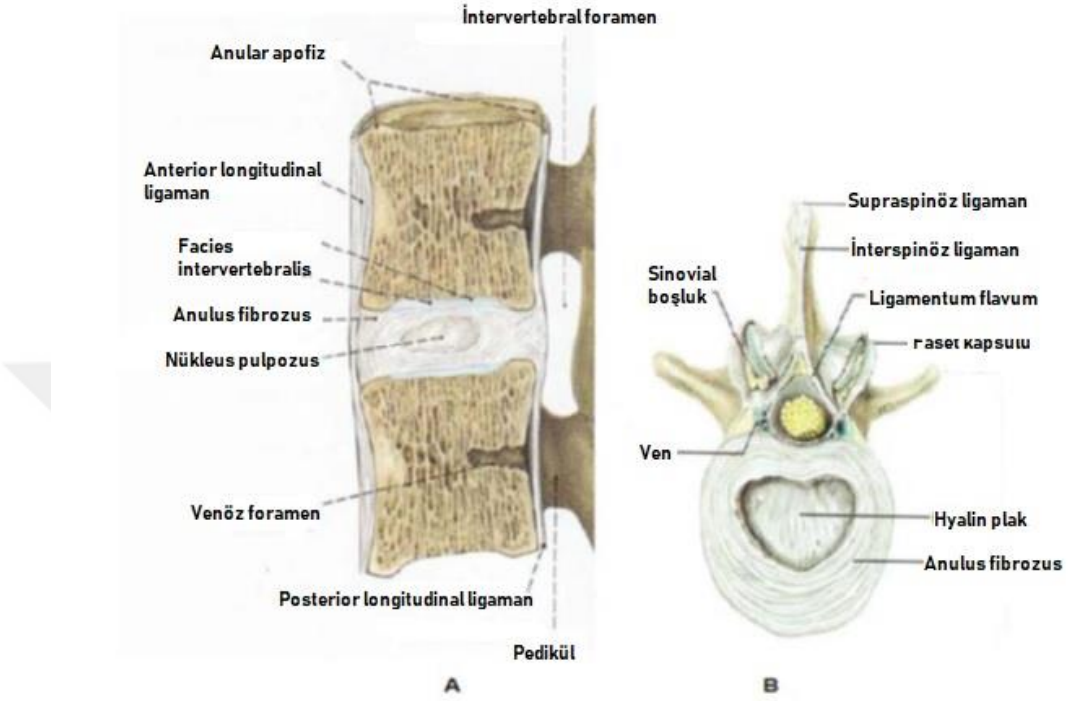
Omurganın en kaudalinde bulunan 4 veya 5 vertebranın birbiri ile kaynaşması ile oluşan koksiks, tabanı ile sakrumun alt ucu ile eklemleşen üçgen şeklinde bir kemiktir. Koksiks omurganın son segmentini oluşturup, hareketsizdir (4).

2.2.4. İntervertebral Disk

Omurga boyunca 2. servikal vertebradan başlayarak, 1. sakral vertebraya dek devam eden, her iki komşu vertebra çiftinin korpusları arasında yer alan, amfiartrodial tipte eklemleşmeyi sağlayan, fibrokartilajinöz yapıdaki oluşumlara intervertebral diskler adı verilir. Yirmiyedi İntervertebral disk vertebraların arasında hareketliliği sağlarlar ve omurgaya etki eden güçlerin dengeli iletilmesine yardımcı olurlar. Otuzüç Omurgada toplam yirmiüç adet disk bulunmaktadır. Disklerin büyüklük ve şekilleri vertebra cismi ile uyum içerisindedir. Disklerin kalınlıkları 5 ile 12 mm arasında değişiklik gösterir. Bununla birlikte sakrum ve koksiksi hariç tutarsak omurga uzunluğunun dörtte birini oluşturur (7).

Disklerin merkez kısımları yumuşak, jelatinöz bir maddeden meydana gelir. Notokord artıklarından meydana gelen bu kısımlara nükleus pulposus denir. Nükleus pulposusun etrafı, kollajen lifler ve kıkırdak hücrelerinden oluşan fibrokartilajinöz dokudan yapılmış bir halkayla çevrelenmiştir. Buna annulus fibrosus denir. Disklerin alt ve üst yüzlerinde

fibrokartilajinöz doku değişerek, vertebra korpuslarının üst ve alt yüzeylerini örten hyalin kıkırdak tabakasını oluşturur (7, 9) (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 A: Lomber bölgede diskus intervertebralis ve komşu vertebra korpusları ile ilişkisi, median kesit **B:** Diskus intervertebralis seviyesinde transvers kesit

2.2.5. Omurganın Eklemleri ve Bağları

İlk iki servikal vertebra dışındaki diğer hareketli vertebralar, korpuslar arasındaki kartilojenöz ve artiküler çıkıntılar arasındaki sinoviyal eklemler aracılığı ile eklemleşir.

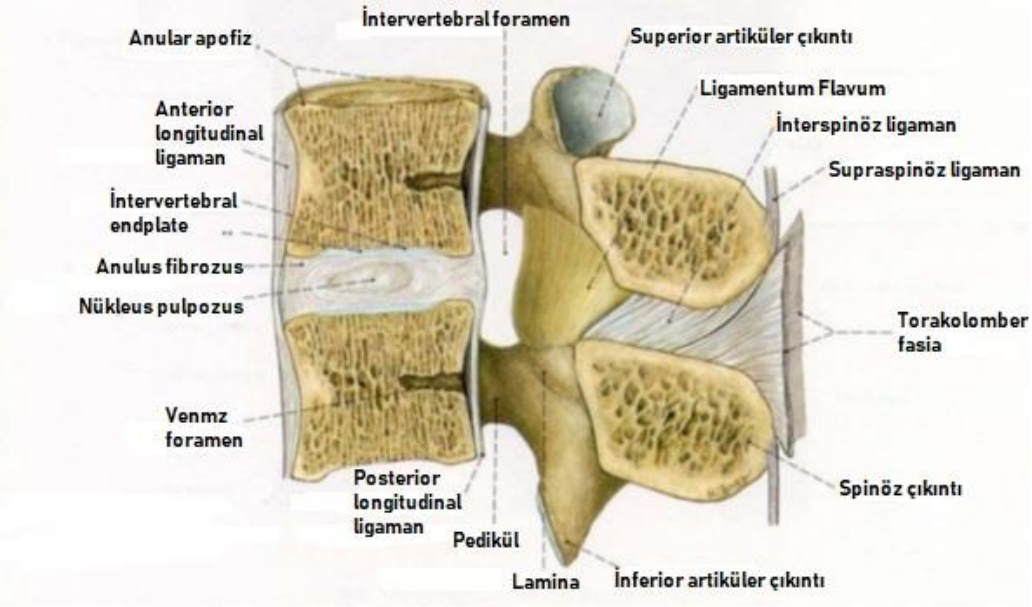
A-Korpuslar arasındaki eklem ve bağlar:

Komşu iki vertebranın korpuslarının üst ve alt eklem yüzeyleri, ince bir hyalin kıkırdak tabakası ile kaplıdır. Bu hyalin kıkırdak tabakaları arasında intervertebral disk yer alır. Diskte bulunan kollajen fibrilleri her iki vertebranın korpusuna sıkıca yapışmıştır. Bu iki korpus arasındaki eklemi oluşturur. Anterior ve posterior longitudinal ligamentler, omurganın ön ve arka yüzünde, kranial bölgeden sakruma kadar kesintisiz bir şekilde uzanırlar. Anterior longitudinal ligament daha geniştir. Diskler ile korpusların ön ve yan

kısımlarına sıkıca yapışır. Posterior longitudinal ligament daha dar ve zayıftır. Disklerin arka kenarlarına tutunmaktadır (11, 12).

B-Arkuslar arasındaki eklem ve bağlar:

İki vertebra arkusu arasındaki eklemler, bitişik vertebraların üst ve alt artiküler çıkıntıları arasındaki sinoviyal eklemlerden meydana gelmektedir. Eklem yüzleri hyalin kıkırdak ile kaplıdır ve bir kapsüler ligaman ile çevrelenir. Vertebra arkusları arasında bağlantıyı sağlayan yapılardan supraspinal ligament spinöz çıkıntıların uçlarına yapışır. İnterspinal ligament komşu spinöz çıkıntıları birbirlerine bağlar. Ligamentum flavum birbirlerine komşu laminalar arasında yerleşmiştir (11, 12) (Şekil 2.13).

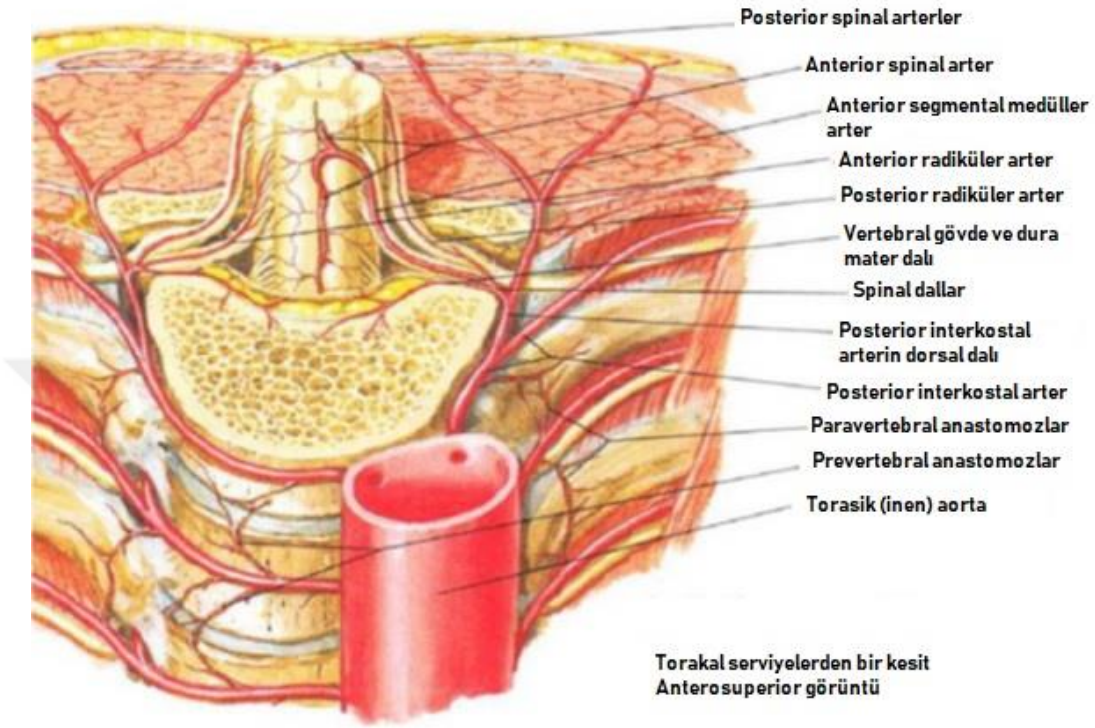


Şekil 2.13: Lomber bölgeden median kesit, posterior ligamentler görülmektedir.

2.2.6. Omurganın Kanlanması

1- Arteryel kanlanma: Vaskülarizasyon, segmenter arterler veya ilgili vertebraya gelen bölgesel arterler aracılığı ile sağlanır. Anterior santral ve postlaminar arterler intervertebral foramenden girerek nöral, epidural ve menenjial dokuları besler. Posterior

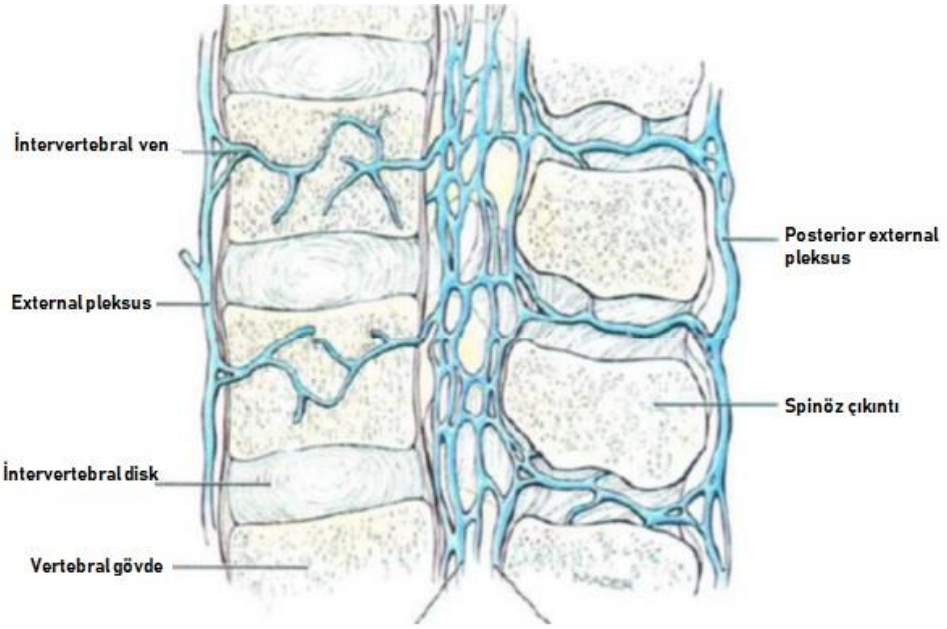
santral ve prelaminar arterler ise internal arterlerden oluşur ve omurga orta kısmını, özellikle iki taraflı olarak arkusları ve korpusları besler (11, 12) (Şekil 2.14).



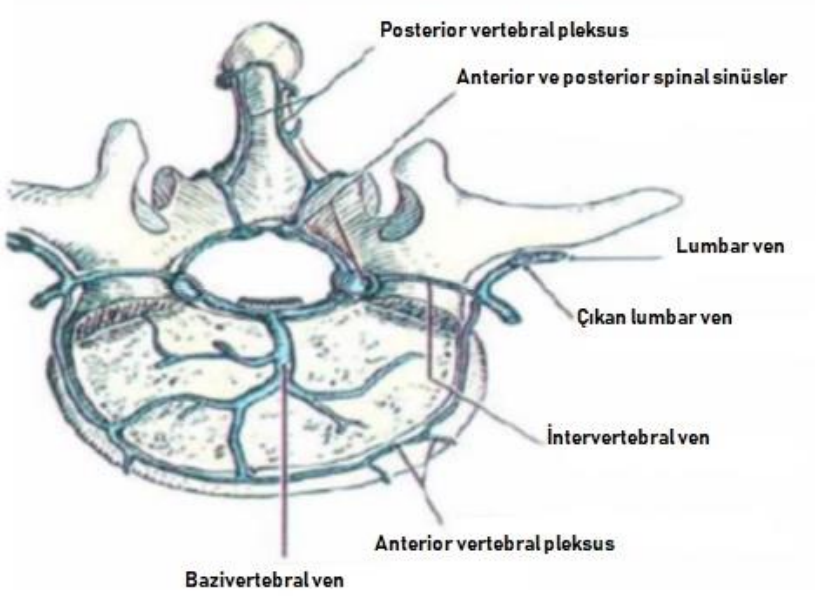
Şekil 2.14: Omurganın arteriyel dolaşımı

2- Venöz kanlanma: İnternal ve eksternal venöz pleksus venöz dolaşımı sağlar. Eksternal venöz pleksus küçük ön ve arka eksternal venlerden meydana gelir. Bunlardan öndeki ven, korpusların ön ve yan kısımları ile segmenter arter arka dalının kanlandırdığı bölgelerin venöz dönüşünü sağlar. Arkadaki eksternal venlere geldiğimizde intervertebral delikten çıkarak azigos venine döküldüğü gözlenir. İnternal venöz pleksus korpus arka yüzü boyunca uzanır. Disk üzerinde anostomoz yaparak segmenter bir zincir oluşmasını sağlar (11, 12).

Normal intervertebral diskin yapısında kan damarları, sinir uçları ve lenfatik damarlar yer almaz. İntervertebral disk, kıkırdak uç plakları ve disk çevresindeki dokulardan diffüzyon ile beslenir. Vaskülarizasyon olmaması nedeni ile oksijen yoğunluğu düşüktür ve hücreler genellikle anaerobik metabolizma gösterirler (13) (Şekil 2.15, 2.16).



Şekil 2.15: Omurganın venöz dolaşımı, sagittal kesit

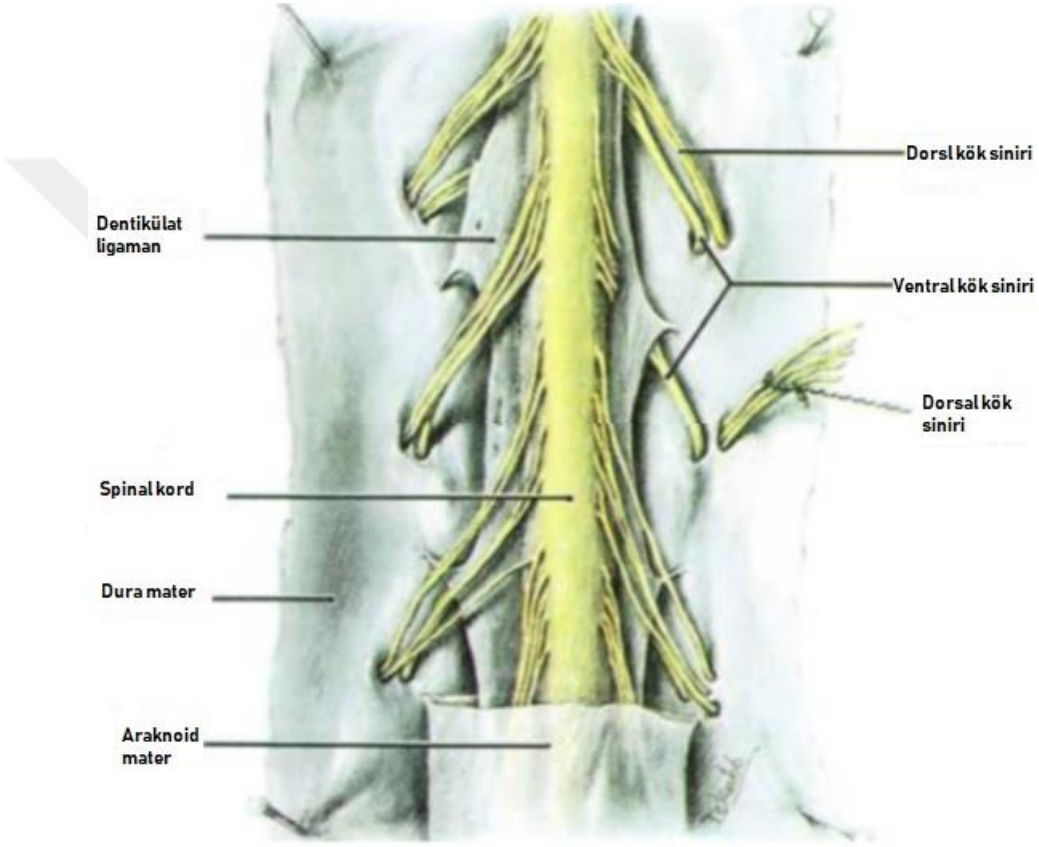


Şekil 2.16: Omurganın venöz dolaşımı, transvers kesit

Spinal Kanal

Spinal kanal içerisinde medulla spinalis, nöral kökler ve cauda equina yer alır. Dural kılıf, her bir spinal siniri ve bununla beraber intervertebral foramenide çevreleyen bir kılıftır. İçinde serebrospinal sıvı bulunur (9, 10). Medulla spinalis silindirik, beyazımtırak ve önden arkaya hafifçe basık elips şekilli bir kolondur. Kranioservikal birleşim yerinden

başlayarak L1-L2'ye kadar uzanır. Sonlanma konik bir uç şeklindedir ve Conus Medullaris olarak adlandırılır. Conus medullarisden sonra medulla spinalis filum terminale adını alır. Filum terminale ince ve ipliksi yapıdadır, kaudalde dura materin uzantısı ile birleşip ikinci koksigeal vertebraya yapışarak sonlanır. Medulla spinalisten çıkan ön ve arka kökler foramina intervertebralis hizasında birleşerek spinal sinirleri meydana getirir. Ön kök motor sinirlerinden oluşurken, arka kök duyu sinirlerinden meydana gelir (9, 10) (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Medulla spinalis'in posterior görünümü. (Dural kılıf açılmış)

2.2.7. Vertebral kolon kasları

Vertebral kolon kasları fonksiyonlarına göre 5 gruba ayrılmaktadır (7, 9, 10) (Şekil 2.18, 2.19):

1. Fleksör grup:

- M. Rectus abdominis
- M. Obliquus eksternus ve internus abdominis
- M. Psoas

- M. Sternocleidomastoideus
- M. Longus colli
- Mm. Scaleni

2. Ekstansör grup:

- M. Latissimus dorsi
- M. Sacrospinalis
- M. Spinaes
- Mm. İnterspinales
- M. Levator scapula
- M. Splenius

3. Lateral fleksör grup:

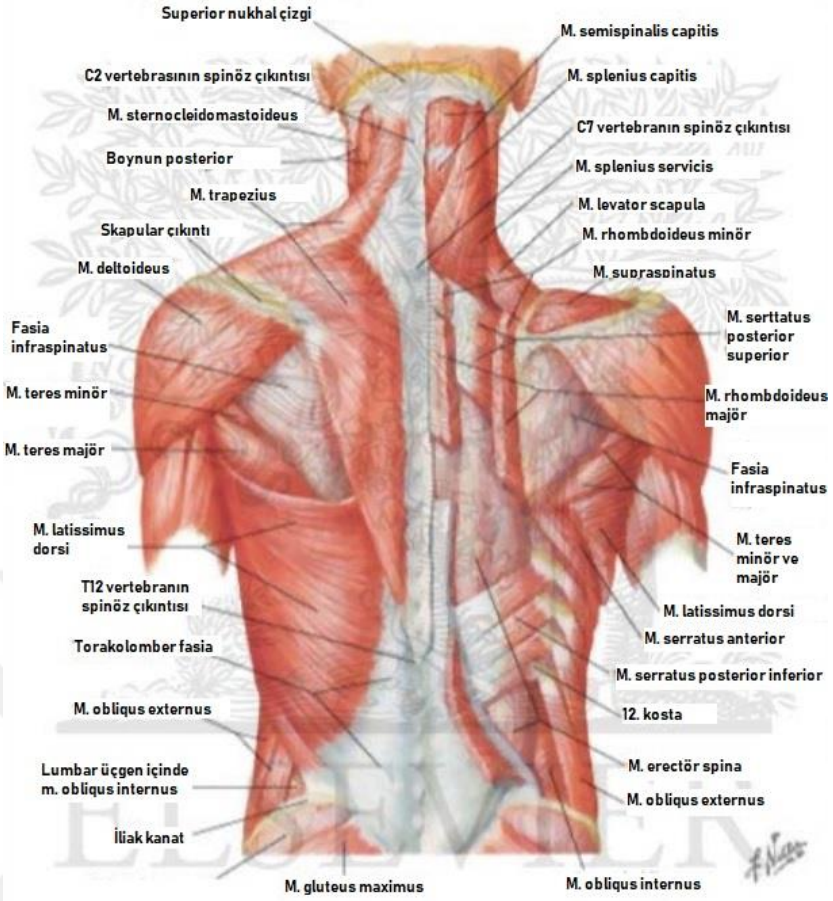
- M. Sacrospinalis
- M. Quadratus lumborum
- Mm. Transverso-costales
- M. Levator scapula
- Mm. Scalenii
- Mm. Semispinalis

4. İpsilateral rotatuar grup:

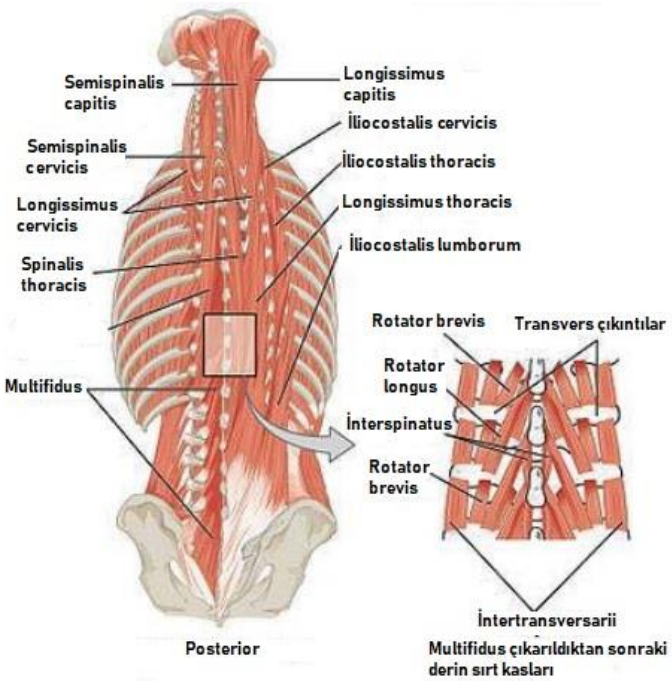
- M. Latissimus dorsi
- M. Splenius
- M. Longus coli
- M. Obliquus abdominus internus

5. Kontralateral rotator grup:

- Mm. Transversospinalis
- Mm. Multifîdus
- M. Longus colli
- M. Obliquus eksternus abdominis



Şekil 2.18: Yüzeyel sırt kasları

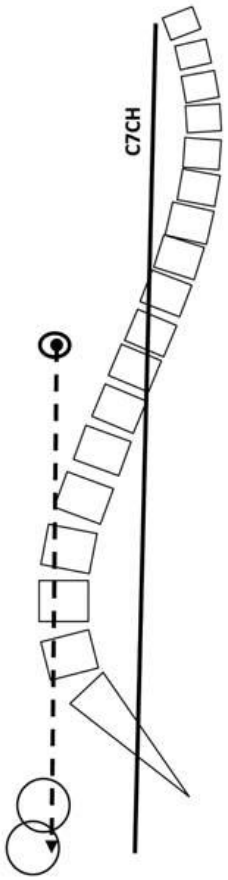


Şekil 2.19: Derin sırt kasları

2.3. Omurga Biyomekaniği Ve Sagittal Denge

Dengenin en önemli sağlayıcılarından birisi şüphesiz omurgadır. Ama global sagittal dengeyi irdelemek için tek başına omurgayı ele almak yetersizdir. Dubousset, pelvisin vertebral kolon ile olan fonksiyonel bütünlüğünü vurgulamak için pelvisi 'pelvik vertebra' olarak anar (76). Gerçekten de global sagittal denge kavramı tüm omurgayı ilgilendirdiği kadar pelvis ve alt ekstremiteleri de ilgilendirir.

Sağlıklı insan vücudunda global ağırlık merkezi zeminin görüntülendiği ve ayakta çekilen tüm vücut grafilerinde tahminen çizilebilir. Ağırlık merkezi vektörü zemine dik olmalıdır. Vektör frontal planda sakrumun ortasından lateral planda ise kalça merkezinin hafif posteriorundan geçer (77, 78).



Şekil 2.20: Ağırlık merkezinin vektörü femur başı ortasının hafif posteriorundan geçer. C7 çekül hattı (C7CH) her zaman bu vektörün posteriorunda kalmalıdır.

C7 çekül hattı ise her zaman ağırlık merkezi vektörünün arkasında kalmalıdır. Sağlıklı bireylerde yerçekimi vektörü iki ayağın yere temas ettiği bazal destek bileşkesinden geçer (Şekil 2.20). Ağırlık merkezinin iz düşümü bazal destekten geçmez ise dik durmak için kompanzasyon mekanizmaları devreye girer. C7 çekül hattı normalde S1' in posterior sınırından geçer (79), daha posteriorda ise bu daha kolay kompanse edilir zira bu hat yerçekimi izdüşümünün yine de arkasında kalır. Yaşla beraber pelvik parametrelerde bir değişiklik gözlense de yerçekimi vektörü ve bazal destek ilişkisi değişmeden kalır (80). Sagittal balansın değerlendirilmesine yerçekimi vektörü doğrudan pek kullanılmaz. Ancak pelvik ve spinal parametrelerin ölçümlerinde kullanılan tüm vertikal hatlar görece olarak bu vektörün yansımasıdır.

2.3.1. Sagittal Denge Kompanzasyon Mekanizmaları

İnsanın iki ayak üzerinde yürümesi bu konudaki kavramların hesaplamasını tamamen ona özel yapar. Lordotik lomber eğriliği olan tek canlı insandır ve lomber lordoz (LL) sagittal denge ile ilgili değerlendirmelerde değişkenliği nedeniyle en çok irdelenen parametrelerden birisidir (81, 82). Sağlıklı bireylerdeki LL ile ilgili son zamanlarda birçok çalışma yapılmıştır ve literatüre yeni kavramlar eklenmiştir. Total lomber lordozun 2/3'ü alt lomber seviyelerde (L4-S1) oluşmaktadır (82, 83). Bireysel olarak da lordozun başladığı proksimal omurga seviyesi ve eğriliğin apeksi değişiklik gösterebilir. Bunun sonucunda toplumdaki sağlıklı bireylerde kısa ya da uzun lordotik eğrilikler normal sınırlar içinde kabul edilir.

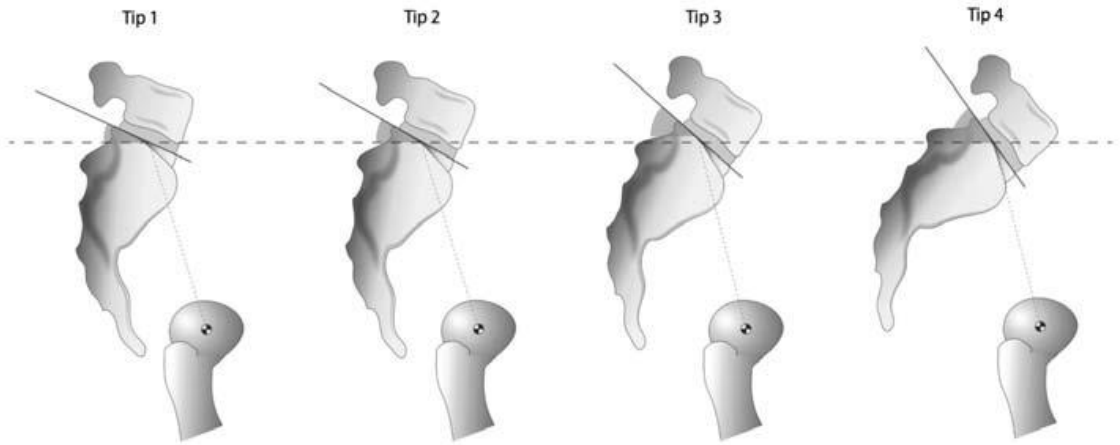
Sakral slopun (SS) lomber lordozun oluşmasındaki en önemli parametre olduğunu vurgulanmaktadır. Lomber lordozun bireysel farklılıklarını tanımlamak için, SS kullanılarak bir sınıflama yapılmıştır (84). Bu sınıflamaya göre;

Tip-1 Lomber Lordoz: SS <35° kısa ve düşük dereceli lordoz vardır. Kifotik açılanma erken başlar uzun bir torakolomber kifoz oluşur. Alt ark neredeyse yoktur. Lordozun apeksi oldukça distale kaymıştır. Lordozun neredeyse tamamını üst ark oluşturur (Şekil 2.21).

Tip-2 Lomber Lordoz: SS <35° uzun ve düşük dereceli lordoz vardır (Şekil 2.21). Genel olarak torakal kifoz da düşük derecelidir ve omurga düz bir hatta benzer.

Tip-3 Lomber Lordoz: 35° <SS <45° Her iki ark arasında uyum vardır, lordozun uzanımı ve derecesi popülasyon ortalamasına yakındır.

Tip-4 Lomber Lordoz: SS >45° açısı yüksek lordoz. Alt arkın açısı ve uzunluğu artmıştır. Genellikle daha fazla sayıda omurga lordoza eşlik eder. Sıklıkla artmış bir torakal kifoz ile dengelenir (Şekil 2.21).

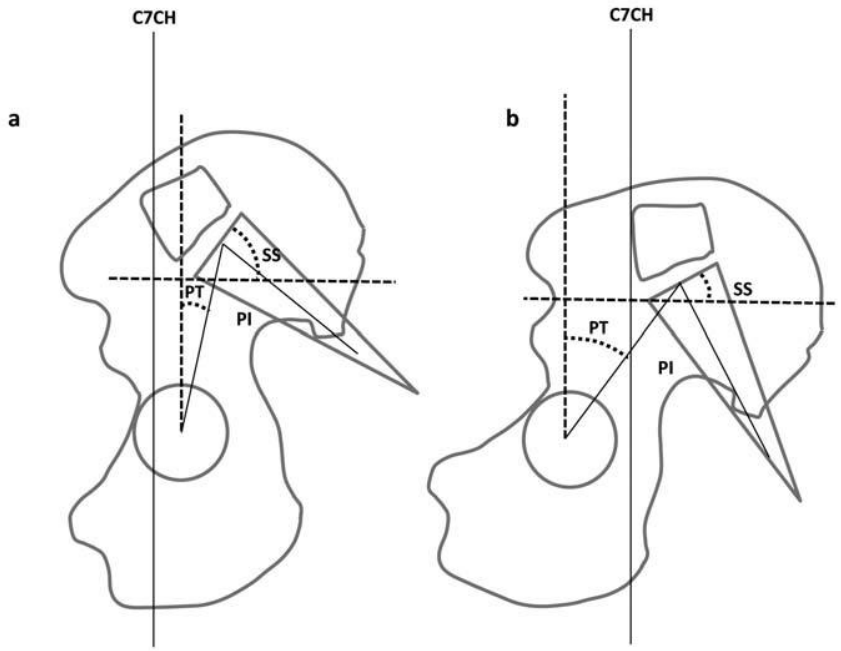


Şekil 2.21: Roussouly'ye göre lomber lordoz sınıflaması

Şüphesiz, lomber lordozdaki bu bireysel farklılıklar oluşabilecek dejeneratif bozukluklara ilgili biyomekanik avantajlar veya dezavantajlar yaratmaktadır. Kompanzasyon mekanizmalarında iki temel değişken pelvik tilt ve sakral sloptur. İlk defa Duval-Beaupere ve arkadaşları tarafından tanımlanan pelvik oran (incidence) (PI) kavramı iki değişken olan PT ve SS'un toplamına eşittir (85). PI kişiye özgüdür ve sakropelvik düzeneği bozacak bir kırık olmadığı sürece ömür boyu değişmez (86). Bu bağlamda sagittal dengenin idamesi PT ve SS'un arasındaki değişimleri kullanarak oluşur ama ikisinin toplamı değişmeyecektir. Tip1 ve Tip2 lomber lordozda da PI'sı düşüktür ve bu tarz bireylerde kompanzasyon kapasitesi limitlidir. PI'sı daha yüksek olan Tip3 ve Tip 4 lomber lordozlarda kalça üzerinde pelvik rotasyon kapasitesi daha fazla olduğu için kompanzasyonun erken dönemlerde sağlanması daha kolaydır (82).

Sagittal denge bozulduğunda, C7 çekül hattının yerçekimi vektörünün geçtiği farz edilen noktaya (kalça merkezinin hafif posterioru) yaklaştığı ya da önüne geçtiği durumlarda

pelvis kalça üzerinde retroversiyona gelerek mekanik avantajını korumaya çalışır. Bu retroversiyon esnasında SS azalacak PT artacaktır (87) (Şekil 2.22).



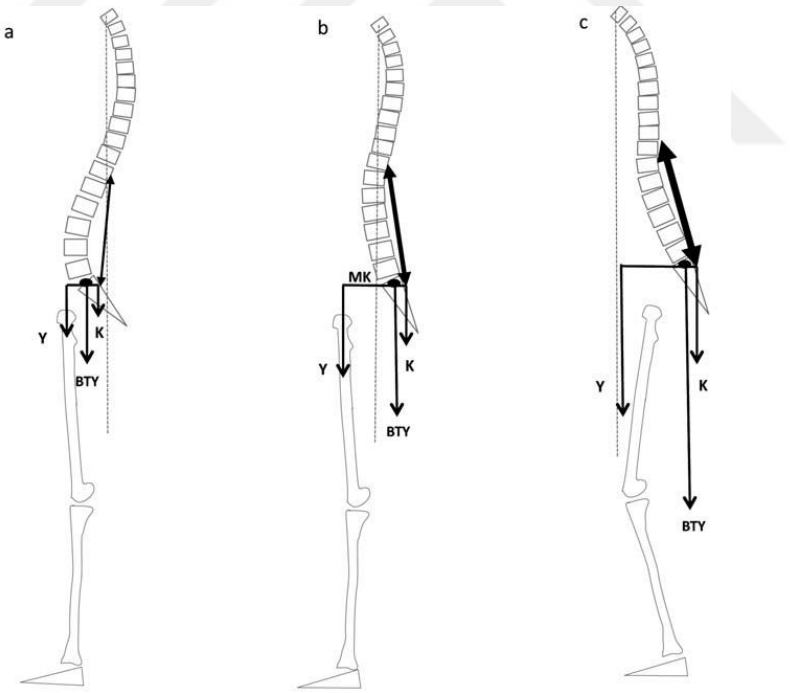
Şekil 2.22: Pelvik insidansı yüksek bir örnekte pelvis retroversiyonu ile sagittal denge kompanzasyonu. **a)** Bozulmuş sagittal denge, C7CH kalça anteriorunda, **b)** Kalça üzerinden yapılan pelvik retroversiyonla C7CH'nın posteriora alındığını görüyoruz. Retroversiyon esnasında SS'un azaldığına, PT'in arttığına ama PI'ın değişmediğine dikkat ediniz. (C7CH: C7 çekül hattı, PT: Pelvik tilt, SS: Sakral slop, PI: Pelvik insidans).

Bu reaksiyon kalça merkezini vertebral kolon altında öne alarak C7 çekül hattını yerçekimi vektörünün arkasında tutmayı amaçlar. Bu reaksiyon teorik olarak SS'u sıfıra yaklaştırıncaya kadar devam eder. Sakral slop sıfırdan az olamaz ve bu nedenle ileri derecede bozulmuş sagittal dengenin kompanzasyonunda diz fleksiyonu devreye girer (83, 88). Ankilozan spondilit gibi haslıklarda sık gördüğümüz bu adaptasyonla, kalça önünde olan ağırlık merkezinin vektörü arkaya doğru alınmaya çalışır.

2.3.2. Biyomekanik Açıdan Kompanzasyon

Kompanzasyon mekanizmaları masum değildirler zira fazla enerji gerektirirler ve bu enerjinin yarattığı toplam yük özellikle lumbosakral bileşkeye biner. Roussouly ve ark. insan omurgasını maruz kaldığı yükleri anlatmak için vinç modelini kullanmıştır (88). Vinç mekaniğinde dengeyi korumak için yerle temas eden "bazal temas noktasının"

ağırlığının oldukça fazla olması gerekir. İnsan omurgasında bazal temas noktasını lumbosakral eklem olarak kabul edersek bu noktaya etkiyen iki temel gücün yerçekimi ve paraspinal kasların kasılması olduğunu varsayarız. Şekil 2.23'te gösterilen ilk modelde omurga ve pelvis dengededir (Şekil 2.23a). Parametreler normaldir ve mümkün olan en az enerjiyle denge idame ettirilir. Pelvik retroversiyon ile yerçekiminin vektörü anteriora doğru yer değiştirir (83). Bu değişim yerçekimi vektörünün moment kolunu uzatır ve uzayan moment koluyla bazal temas noktasına etkiyen "bazal temas yükü" artar. Bunu dengelemek için paraspinal kasların kontraksiyonu artacaktır. Bu iki artışa bağlı olarak "toplam bazal temas yükü" lumbosakral bileşkeye aşırı yük binmesine neden olur (88). Bu denge mekanizması, yükü artan lumbosakral bölgedeki şikayetlerin oluşmasına neden olur ve dejeneratif süreci hızlandırır (89). Daha da bozulan dengenin idamesinde devreye giren diz fleksiyonu yukarıda anlatılan düzenekteki yüklerin daha da artmasına neden olur (Şekil 2.23). Sonuç olarak denge daha fazla enerji sarfiyatıyla daha konforsuz bir halde sağlanmaya başlar.



Şekil 2.23: Omurganın denge biyomekaniği. Sakral plato üzerindeki siyah nokta omurganın bazal temas noktası olarak kabul edilir. Bu noktaya etkiyen iki temel güç vardır, yerçekimi gücü (Y) ve paraspinal kas kontraksiyonu (K). Bu ikisinin bileşkesi toplam bazal temas yükünü (BTY) oluşturur. **a)** Sağlıklı omurgada denge en ekonomik enerji sarfiyatıyla karşılanır. **b)** Pelvik retroversiyonda yerçekimin moment kolu uzar (MK) ve dengeleyici paraspinal kas kontraksiyonu artar. **c)** Diz fleksiyonunun devreye girmesi MY ve K'yı daha fazla arttırır. Bozulmuş sagittal denge göstergesidir.

Sonuç olarak insan lokomotor sisteminde sagittal denge ile ilgili parametreler değişkendir ve bireylere özgüdür. Esnek omurgadaki yerel kifoz açılanmaları (vertebra kırığı vb. sebeplerle) lomber bölgenin ve hatta deformite üstü torakal bölgenin ekstansiyon kapasitesiyle pelvik düzenekler çalışmadan vertebral kolonun kendi içinde dengelenebilir. Ancak esnek olmayan dejeneratif omurgalarda PI ve bunun iki komponenti olan SS ile PT potansiyel kompanzasyonun en önemli belirteçleridir. Özellikle SS'a göre pelvis üzerindeki rotasyon organize edilir ve sakral slopu düşük olan bireylerde bu daha zor gerçekleşir. Bu nedenle Tip 3 ve Tip 4 lomber lordozlu hastalar daha yüksek SS değerleri nedeniyle daha avantajlıdırlar. Sakral slop teorik olarak 0°'ye kadar inebilir ancak bazen kalça ekstansiyonu bu retroversiyonu daha önce limitlendirebilir. Bu durumda denge daha da bozulursa diz fleksiyonu ağırlık merkezini arkaya almak için devreye girer ki bu biyomekanik açıdan en avantajsız durumdur.

Omurga, insan yaşamı sürecinde kompresyon, makaslama, gerilme, eğilme ve torsiyon tarzında birçok farklı yönde kuvvete direnç gösterir. İntervertebral disk, omurga çevresindeki ligamentler ve kaslar bu kuvvetlere karşı koyarak stabil yapının devamlılığını sağlarlar. Omurga kolonunun en ufak fonksiyonel birimi, iki vertebra ve aralarında bulunan yumuşak dokulardan oluşan hareketli segmentidir. İki vertebra, intervertebral disk ve anterior ligamentler segmentin anterior kısmını oluştururlar. İntervertebral eklemler, transvers ve spinöz çıkıntılar ve posterior ligamentler, segmentin posterior kısmını oluştururlar (14). Omurganın fleksiyon, ekstansiyon ve laterallere eğilme olmak üzere toplam dört tip hareketi vardır. Omurganın fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sagittal düzlemde meydana gelir. Fleksiyonun 50-60 derecesi lomber omurga bölgesinden kaynaklanır. Pelvisin öne eğilmesi daha ileri fleksiyon hareketlerinin yapılmasına olanak sağlar. Sadece lomber bölgede 60 derece fleksiyon, 35 derece ekstansiyon yapılabilir. Torakolomber bölge bütün olarak değerlendirildiğinde ise 105 derece fleksiyon, 60 derece ekstansiyon hareketine müsaade eder. Fleksiyon ve ekstansiyon hareket genişliği, üst torasik hareket segmentinden lomber seviyeye inildikçe artar. Üst torasik segmentlerde 4 derece, orta torasik segmentlerde 6 derece ve alt torasik segmentlerde ise 12 dereceye kadar hareket kabiliyeti bulunur. Lumbosakral seviyede 20 dereceye kadar ulaşır (14). Eğilme hareketini torasik ve lomber vertebralar üstlenir. Kraniumdan sakruma kadar, omurga kolonunun total olarak sağa sola eğilme hareketi 75-85 derecedir. Bunun 25-40 derecesi servikal vertebralardan ileri gelirken, 20 derecesi

torakal, 20 derecesi ise lomber vertebralar tarafından karşılanır. Gövdenin rotasyon hareketi torakal ve lumbosakral seviyelerde yapılır. Rotasyon hareketi lumbosakral seviye dışında lomber vertebralarda daha azdır. Torakal vertebralarda faset eklemler yatay yerleşimli olduğu için rotasyonel hareketlere daha fazla izin vermektedir. Lomber vertebralardaki faset eklemler ise dikey yerleşimli olduğundan rotasyonel hareketlere dirençlidirler. Bundan dolayı bu düzeyde rotasyonel hareketler açıklığı daha dardır. Lumbosakral eklem, oblik yerleşimli olması ve rotasyona izin vermesinden ötürü diğer lomber intervertebral eklemlerden fonksiyonel olarak farklıdır. Servikal omurganın aksiyal rotasyonu 45 derece, torakal omurganın 35 derece, lomber omurganın ise 5 derecedir (14).

Faset eklemler harekete kılavuzluk ederler. Bunun yanında, yük kaldırma fonksiyonları da vardır. Omurga hiperekstansiyonda iken fasetlere binen yük maksimumdadır. Faset eklemleri, ekstansiyonun primer sağlayıcı yapı olmamalarından ötürü yük aktarımı amaçlı alternatif bir yol kurmakla görevlidirler. Bu yol, aksiyal yüklenme ile oluşan kuvveti, omurgayı destekleyecek şekilde, anulus fibrozus ve anterior longitudinal ligament üzerinden transferi sağlar. Faset eklemlerin aşırı yüklenmesi omurga fleksiyonunda da görülür ve rotasyon sırasında bu yük iki katına kadar çıkar (14).

Arkuslar ve intervertebral faset eklemler makaslama kuvvetlerine karşı koymada önemli görev alırlar. Bu özellik spondilolistezis ve spondilolizis gibi dejenere arkuslu ve defektif eklem özelliği gösteren hastalar üzerinden ispatlanmıştır. Bu tür omurgalarda, vertebra cisimlerinin öne kayma riski artış göstermiştir (14).

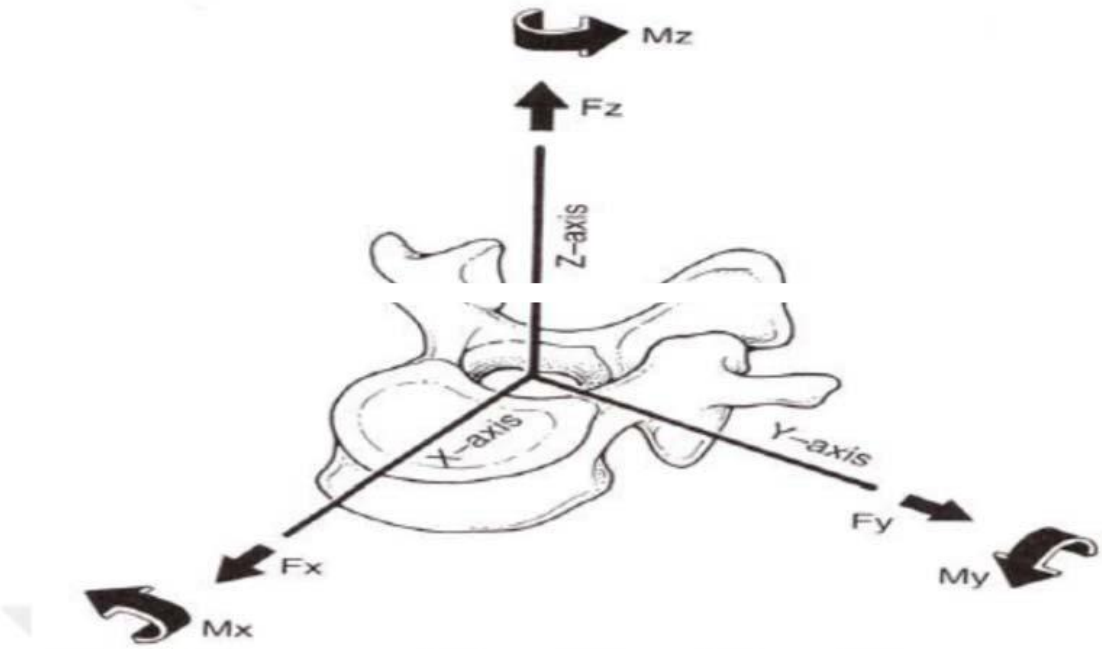
Transvers ve spinöz çıkıntılar, omurganın ekstrensek stabilitesini sağlayan ve hareket aktivitesini başlatan spinal kaslar için yapışma bölgeleridirler. Omurganın çevresindeki ligamantöz yapılar ise intrensek stabiliteye katkıda bulunurlar. Ligamentum flavum hariç tüm omurga ligamentleri, yüksek kollajen miktarına sahiptirler. Bu da omurga hareketleri sürecinde ekstansibiliteyi sınırlar. İki vertebra arkını longitudinal olarak birleştiren ligamentum flavum yüksek miktarda elastin içeriğine sahiptir. Ligamentum flavumun elastikiyeti, omurganın ekstansiyonu süresince büzüşmesine, fleksiyon süresince de uzamasına izin verir. Omurga nötral pozisyonda iken bile, ligamentum flavum içindeki elastik yapıdan dolayı sabit bir tonusu korur (14). Omurga hareketlerinin şekli ve yönü, çeşitli ligamentlerdeki gerginlik miktarlarında farklılıklara neden olur. Fleksiyon

boyunca en yüksek gerginlik interspinöz ligamentlerdedir. Kapsüler ligamentte ve ligamentum flavum daha az gerilir. Ekstansiyonda gerilime en fazla direnç gösteren yapı anterior longitudinal ligamenttir. Lateral fleksiyon boyunca karşı taraf interspinal ligament yüksek gerilmeye karşı direnç gösterir. Rotasyon sırasında oluşan gerilime en çok karşı koyan yapı, faset eklemlerde bulunan kapsüler ligamentlerdir (14). Yüklenmeyi taşıyan ve dağıtan, hareketleri sınırlayan yapı intervertebral disklerdir. İntervertebral diskler omurgada hareketli segmentin anteriorunda bulunurlar. Omurga üzerine gelen yükleri iki vertebra korpusu arasında dağıtarak aşırı yüklenmeyi önlerler, böylece şok absorbe edici etki gösterirler (133).

İntervertebral disk anizotropik bir yapıya sahiptir. İntervertebral disk her yönde gelen kuvvetlere aynı derecede direnç göstermez. Omurganın fleksiyon, ekstansiyon ve lateral eğilme hareketleri; omurganın gerilme ve sıkışma streslerini oluşturur. Torsiyon makaslama stresinin en güçlü bileşenidir.

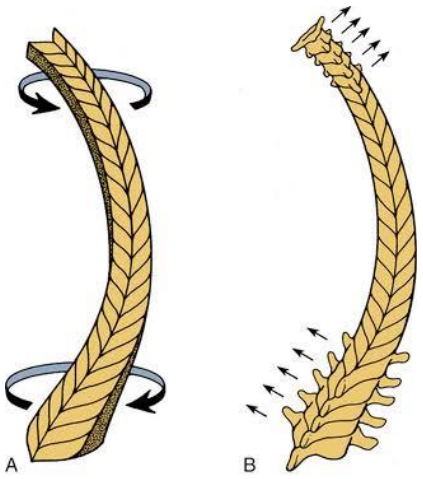
İntervertebral diske en çok yük bindiren eğilme ve torsiyon yükleridir (133). Sagittal ve frontal düzlemde oluşan 6-8 derecelik eğilmeler disk yetmezliğine neden olmaz. Ancak posterior elemanlar çıkarıldığında 15 derece sagittal ve frontal plandaki eğilmeler disk yetmezliği ile sonuçlanır (133). İntervertebral disk zamana bağımlı mekanik yanıt verebilen bir yapıdadır. Sabit ve değişken yükler altında zamana bağımlı olarak şekil değiştirebilir. Şekil değiştirme sabit tutulduğunda ise diskteki zorlanma zamanla azalır. Viskoelastisite, hücreler arası matriksin sıvı alışverişi ve matriksi oluşturan makromoleküllerin varlığından köken alır (133).

Her bir vertebranın hareketini incelediğimizde, bu hareketleri tanımlayabilmek amacı ile kartezyen koordinat sistemi kullanılır. Bu sistemde X, Y ve Z olmak üzere üç eksen tanımlıdır. Bu eksenlerin her birinin çevresinde ikişer rotasyon ve kayma hareketleri yapılabilir. Sonuç olarak rotasyonun anlık ekseni çevresinde 12 potansiyel hareket meydana gelebilir. Rotasyonun anlık ekseni, her hareket segmentinin bağlı olduğu koordinat sisteminin merkezidir. Vertebra cismi bu eksen etrafında hareket eder (15, 16, 17) (Şekil 2.24).

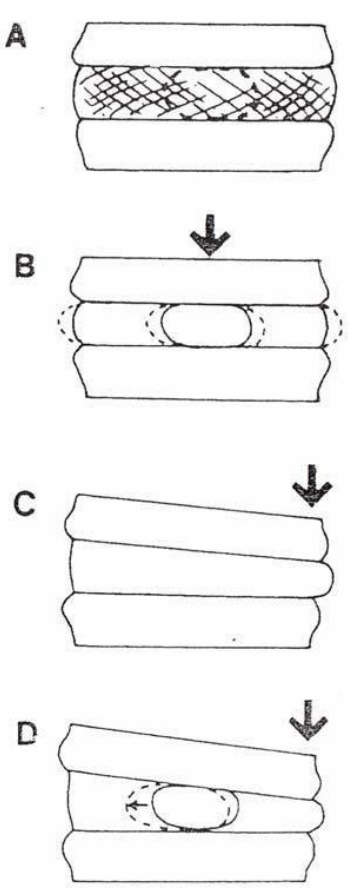


Şekil 2.24: Kartezyen koordinat sistemi üzerinde rotasyonun anlık ekseni ve hareketleri

Torakal vertebralarda faset eklemler yatay yerleşimlidir. Bundan dolayı rotasyonel harekete daha fazla izin verir. Lomber vertebralarda ise faset eklemler dikey yerleşimli oldukları için rotasyonel hareketlere direnç gösterirler. Yürüyüş esnasında üst 7 torakal segment omuzla birlikte dönerek hareket ederken, T7'nin altındaki segmentler pelvis ile birlikte karşı yöne doğru dönmektedir. Buna "coupling fenomeni" denilir (15, 16) (Şekil 2.25, 2.26).



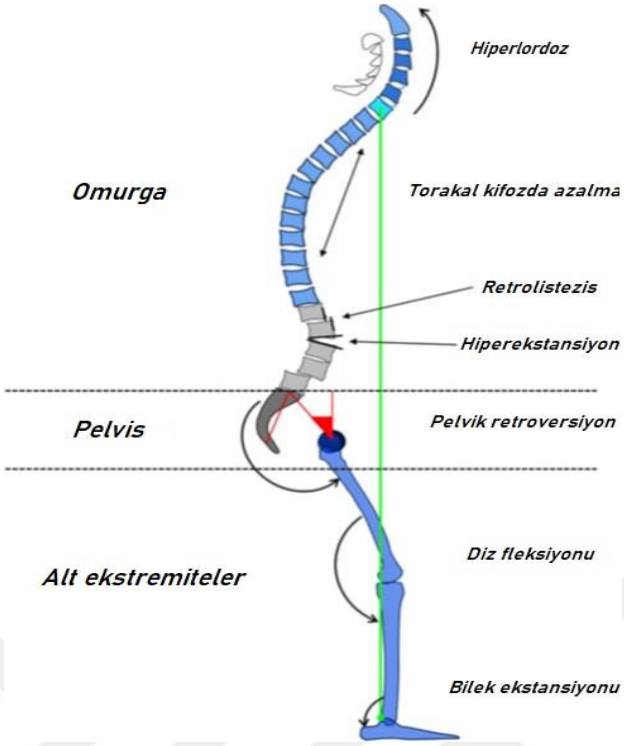
Şekil 2.25: "Coupling fenomeni"



Şekil 2.26: Nucleus pulposus ve annulus fibrozus'un basınç etkisi ile hareketleri

2.3.3 Yaşlanan Omurga

Yaşlanma ile omurga öne doğru eğildiğinde kompanzasyon ile pelvis geriye doğru döner ve spinosakral açı azalırken, sakral eğim açısı (SS) da azalır ancak pelvik tilt artar. Pelvik parametrelerin normal sınırlar içinde kalmasına çalışılır. Diz eklemleri fleksiyona gelerek, kompanzasyonu sağlamaya ve omurgayı dik tutmaya çalışır. Ancak lomber bölgede gelişen dejenerasyona bağlı oluşan düz belle birlikte torakal bölge öne doğru eğilmeye başlar dolayısı ile C7 öne doğru kayar ve kompanzasyon mekanizmaları da yetersiz kaldığında plump hattı, gravite hattının önüne geçerek sagittal imbalans oluşmasına neden olur. Hasta desteksiz ayağa kalkar ve desteksiz yürür ancak baş ve gövde öne doğru eğiktir (90) (Şekil 2.27).



Şekil 2.27: Yaşlanan omurgada pelvis ve alt extremitelerde gelişen kompansatuar mekanizmalar

Gelb ve arkadaşları sagittal balans ölçümlerini 100 adet orta ve yaşlı hasta gurubunda ölçümlemişlerdir (92). Bu yapılan çalışmada SVA'ın yaşla birlikte öne doğru ilerleme eğiliminde olduğu saptanmıştır. Fakat asemptomatik hastalarda yaşla birlikte öne doğru artan SVA her hastada semptom oluşturmamaktadır. Bu asemptomatik hasta gurubunda torasik vertebra veya torakolomber bileşkede, kifoz açıları ile yaş arasında herhangi bir korelasyon saptanmamıştır. Tüm lomber lordoz kaybı, özellikle de orta lomber omurgada lordoz kaybı, yaş ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır. İlginç bir şekilde, öne doğru artan sagittal dengenin en önemli belirteçlerinden olan L5-S1 segmentindeki lordoz kaybı, bu çalışmada yaş ile korelasyon göstermemektedir. Bunun açıklaması, bu hasta çalışma grubunda, hasta yaşlarının 40'ın üzerinde olması nedeniyle, dejenerasyonun bu yaşa kadar önceden oluşmuş olabileceği, yani yaş ile birlikte daha da artan lomber değişikliklerin bu seviyenin üstündeki lomber seviyelerde oluşmaya başladığı düşünülebilir. Lomber lordoz daha detaylı olarak incelendiğinde, üst lomber lordoz (ÜLL) açısı (L1 üst vertebrası ile L4 üst vertebrası arasında oluşan açı) ve alt lomber lordoz (ALL) açısı (L4 üst vertebrası ile S1 vertebra arasında oluşan açı) ölçümlerinin yaşlı ve genç hasta gruplarında farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır (93).

ÜLL'un lomber lordoza oranı genç hasta grubunda yaşlı gruba oranla daha fazla olduğu saptanmıştır. Yani lomber vertebra bütün olarak yaş ile değişim göstermese de lomber lordoz açısını sağlayan segmentler ayrı olarak incelendiğinde yaşın etkileri ortaya çıkmaktadır. Aynı grup ayakta duruştan yatış pozisyonuna geçildiğinde her iki grupta lomber lordozun azaldığı fakat bu değişimin genç hasta grubunda istatistiksel olarak anlamlı olduğunu saptamışlardır. Yani sagittal spinal hareket yaşlanmayla birlikte azalmaktadır (93). Oturma sırasında lordotik açı değişimleri incelendiğinde üst lomber vertebra segmentlerinin genç hasta grubunda yaşlı hastalara oranla daha elastik olduğu gözlemlenmiştir. Yani yaşlı hastalarda oturma sırasında lomber profilde esas kompanzasyon yapan mekanizma, alt lomber vertebra segmentleri ile sağlanmaktadır (93). Sonuç olarak yaşlı hastalarda lomber lordozdaki asıl değişikliklerin alt segmentlerde oluştuğu unutulmamalıdır.

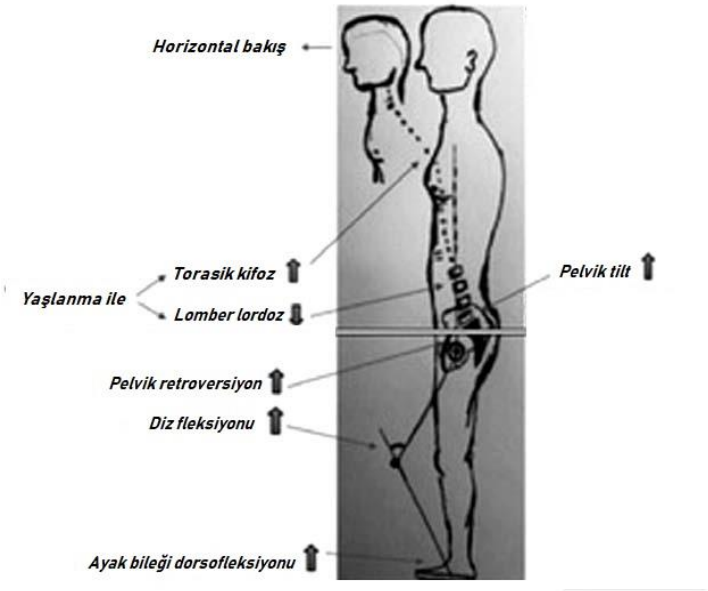
Sagittal balans bozukluğu sadece yaşlanmaya bağlı doğal bir süreç olmayıp anormal bir durum olduğu unutulmamalıdır. Özellikle distal lomber vertebranın yukarıda tartışılan mekanizmalarla açıklanabilecek dejeneratif disk hastalığı sonucu oluşacak sagittal balans bozukluğu, yaşlı hastalarda görülebilmektedir. Ayrıca yaşlı hasta grubunda yaşlanmaya bağlı oluşabilecek lomber lordoz kayıpları da cerrahi planlamada dikkate alınmalıdır.

Sagittal profili bozulmuş bireyler başını gövdesinin üzerinde dengede tutabilmek ve karşıya bakabilmek için servikal lordozu ve pelvik retroversiyonu arttırarak dizleri fleksiyona, kalçayı ekstansiyona getirerek veya ayak bileğinin dorsifleksiyonunu artırarak çeşitli kompanzasyon mekanizmaları geliştirmektedir. Bu mekanizmaların yetersiz kaldığı durumlarda hastalarda yürüme bozuklukları gelişmekte ve cerrahi ihtiyacı doğmaktadır. Hastaların sağlıklı bir şekilde tedavi edilmesi için spinopelvik parametrelerin iyi bilinmesi ve tedavinin bu parametrelere göre yönlendirilmesi gerekmektedir.

Yaşlanan omurga vertebral gövde (kırık veya spondilolizis) ve diskte (dejeneratif disk hastalığı diskte kollapsa neden olup fleksiyona götürmektedir) şekil kaybına eğilimlidir. Sonuç olarak ağırlık merkezinde öne doğru kaymayla birlikte lomber lordoz kaybı veya torasik veya torakolomber bölgede kifoz görülmektedir. Bu durumda kompanzasyon mekanizmaları ağırlık merkezini pelvisin ve ayakların üstünde merkezlemeye çalışmaktadır. Bu mekanizmalar; ağırlık merkezini geriye alabilmek, pelvisi ayak üstünde

merkezlemek için torasik kifoz azalmasıyla sonuçlanan aktif torasik omurga ekstansiyonudur.

İntakt lomber seviyede aktif ekstansiyon omurgayı posteriora yönlendirebilir, dizilimi düzeltebilir. Bu mekanizma zamanla kompanzasyon seviyesinde faset eklem dejenerasyonu, retrolistezis veya anterolistezis ile birlikte dejenerasyona neden olmaktadır. Kalça ekstansiyonu ile birlikte pelvik retroversiyon (pelvisin kalça eklemi etrafında sakrum vertikalizasyonu ile birlikte posterior rotasyonu) ağırlık merkezinin arkaya alınmasını sağlamaktadır; pelvik retroversiyon ve torasik ekstansiyon sıklıkla ilk kompenzatuvar mekanizmalardır. Diz fleksiyonu ekstrapelvik retroversiyona ek olarak ağırlık merkezini ayaklara göre posteriora yer değiştirmesine neden olmaktadır. Bu mekanizma pelvik retroversiyon maksimum olduğunda (kalça ekstansiyonu sınırlamaktadır) ve omurganın ağırlık merkezini hala dengede tutamadığı durumda görülmektedir. Bu genellikle son kompenzatuvar mekanizmadır. Kompenzatuvar mekanizmalar ayakta durmayı sağlamak için kas kontraksiyonunda artışa ihtiyaç duyan enerji tüketen süreçlerdir. Ayakta durmak için harcanan bu efor, bel ağrısı ve otonomik yürüme kısıtlanması gibi semptomlara neden olmaktadır. Son olarak bazı vakalarda kompenzatuvar mekanizmalara rağmen ağırlık merkezinin anteriora yer değiştirmesi ile birlikte omurganın dizilimi bozulmaktadır (94) (Şekil 2.28).

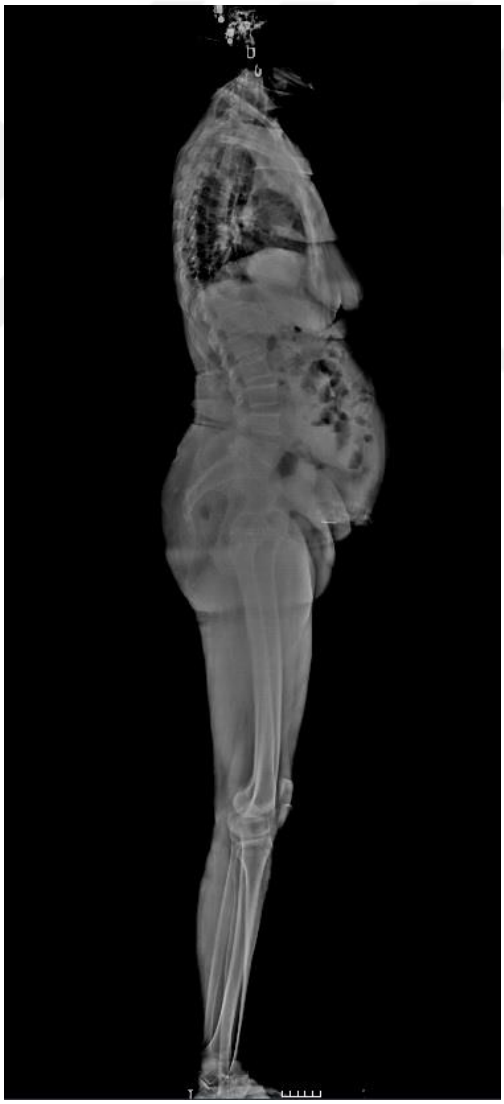


Şekil 2.28: Yaşla birlikte omurgada olan değişiklikler ve kompanzasyon mekanizmaları

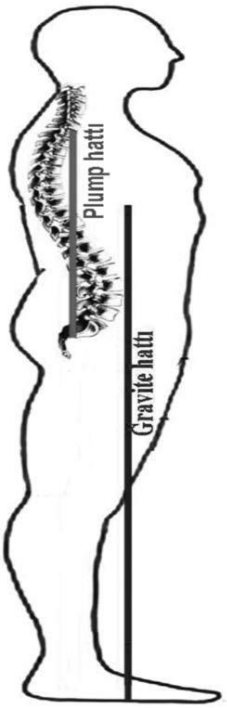
2.3.4. Omurga Duruşunu Etkileyen Sakrum ve Pelvis Parametreleri

Omurgadaki sagittal denge ile ilişkili anlatılan parametreler; C7 şakül çizgisi, gravite çizgisi, torakal kifoz açısı, lomber lordoz açısı, pelvik insidans, sakral slope, pelvik tilt ve diz fleksiyon açısıdır. Bu parametreleri doğru değerlendirmek için düzgün bir teknikle ve uygun pozisyonda yan grafi çekmemiz ve ölçüm metotlarını uygun bir şekilde kullanmamız gereklidir (Şekil 2.29).

Plumb hattı: Sagittal planda dengede olan bir omurgada C7'nin önünden teğet gecen vertikal hat sakral platonun arkasından geçer. Normalde yerçekimi hattı plumb hattının daima önünde kalır (Şekil 2.30).



Şekil 2.29: Tüm vücut lateral grafi. C1 ve topuk görünecek şekilde çekilerek tek grafide tüm vücut sagittal balans dizilimi görülmektedir.

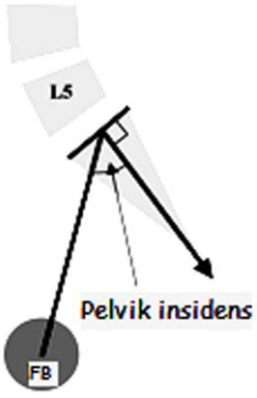


Şekil 2.30: Ağırlık çizgisi

Torakal Kifoz: T5'in üst end plate ile T12'nin alt end plate arasından Cobb metodu kullanılarak ölçüm yapılarak hesaplanır. Normali 20-40 derece arasındadır (Şekil 2.35).

Lomber Lordoz: L1 omurunun üst end plate ile L5 omurunun alt end plate arasında Cobb metodu kullanılarak ölçülür. Normali 35-55 derece arasındadır (Şekil 2.36).

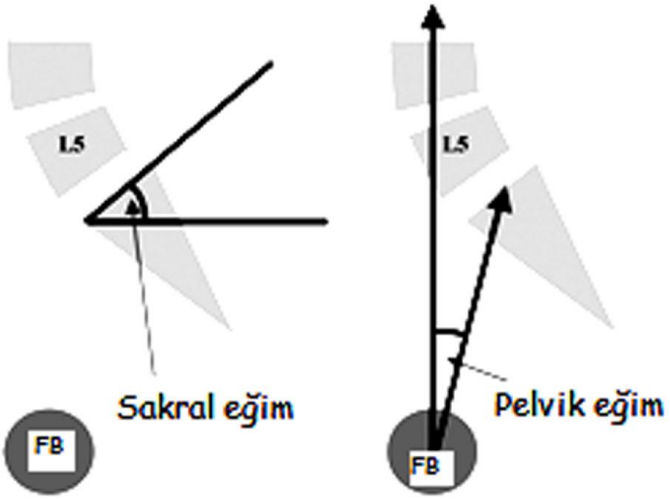
Pelvik İnsidans (PI): S1'in üst sınırına çizilen dik bir çizgi ile S1'in üst sınırının orta noktasını kalça aksı (her iki femur başı merkezleri arasındaki çizgi) ile birleştiren çizgi arasındaki açıdır (Şekil 2.31, 2.33).



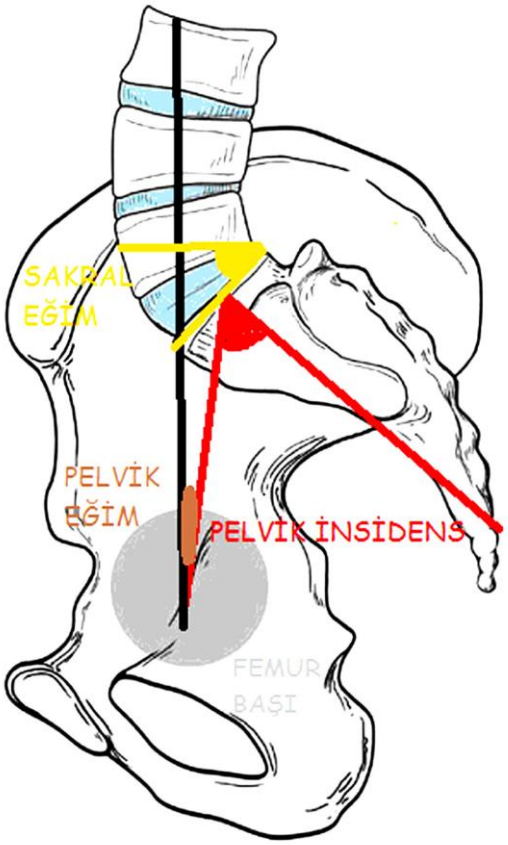
Şekil 2.31: Pelvik insidans açısı

Sakral Slop (SS): S1'in üst sınırı ile horizontal çizgi arasındaki açıdır (Şekil 2.33).

Pelvik Tilt (PT): Vertikal çizgi ile S1'in üst sınırının orta noktası ile kalça aksını birleştiren çizgi arasındaki açıdır (60) (Şekil 2.33).

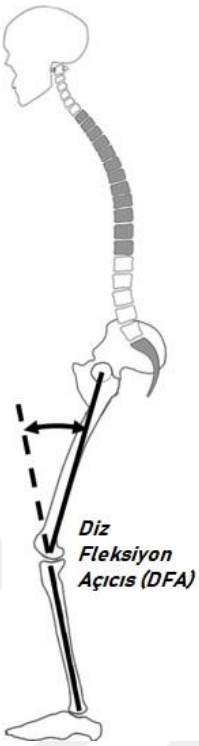


Şekil 2.32: Sakral eğim ve pelvik eğim açıları, FB: Femur başı.

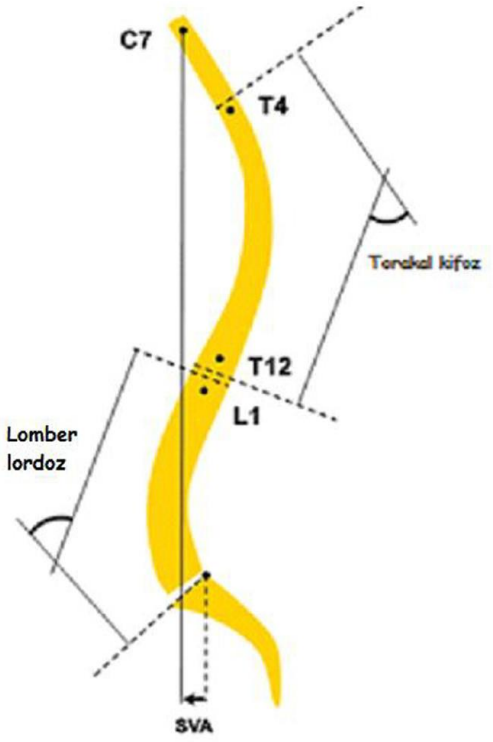


Şekil 2.33: Pelvik insidans = Sakral eğim + Pelvik eğim.

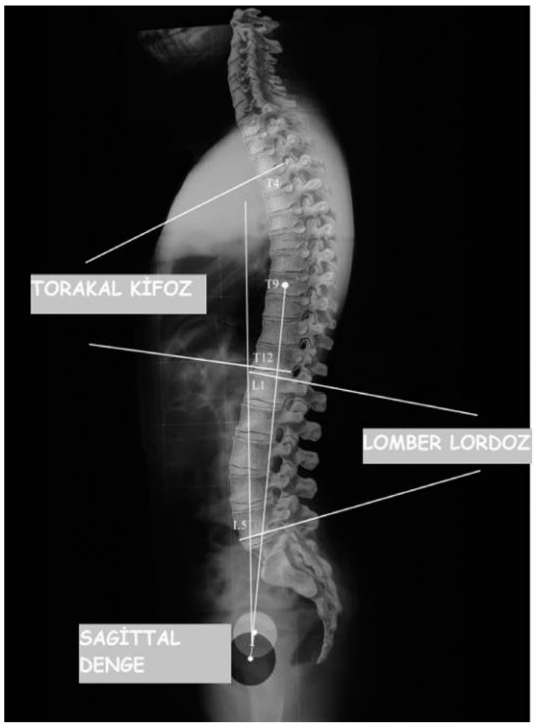
Diz Fleksiyon açısı (DFA): Femur ve Tibia düzlemlerinin oluşturduğu açıdır (Şekil 2.34).



Şekil 2. 34: Diz fleksiyon açısı (DFA)



Şekil 2. 35: Torakal kifoz ve lomber lordoz açıları, sagittal vertikal aks (SVA).



Şekil 2.36: Torakal kifoz, lomber lordozun uyum içinde olduğu sagittal denge hali.

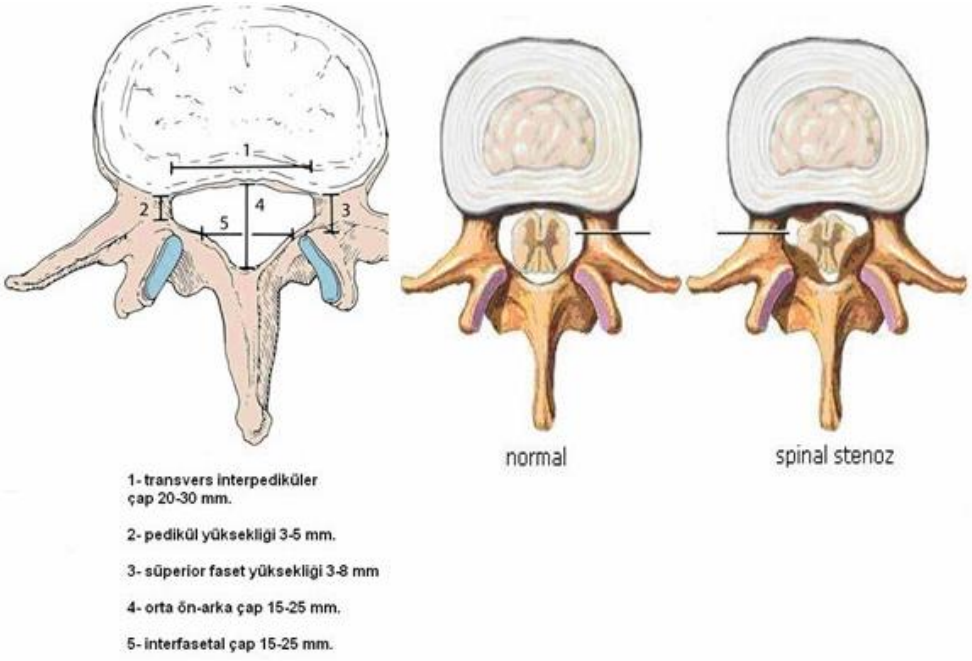
Tablo 1: Yetişkin popülasyonda pelvik parametrelerin normal değerleri (91)

Yaş grubu (Yıl)	Pelvik ins. (°)	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

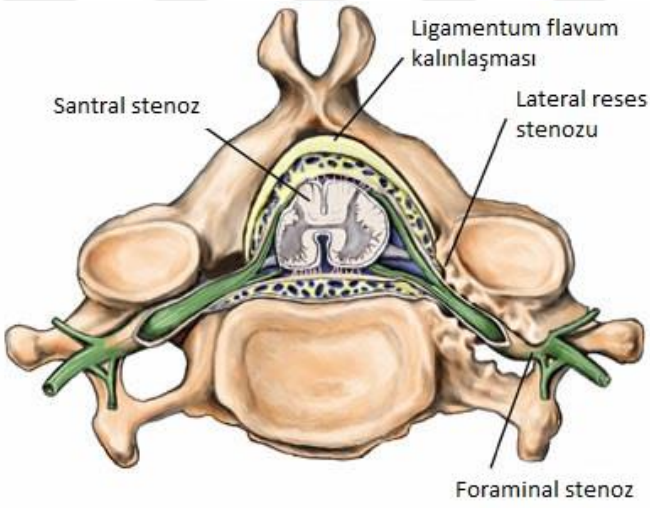
2.4. Lomber Dar Kanal

2.4.1. Tanım

Lomber spinal stenoz (LSS), spinal kanalın lateral reses veya nöral foramenlerin yumuşak doku ve/veya kemiksel değişiklikleri nedeni ile daralmasıdır (61). Çoğunlukla yaşla birlikte omurgadaki dejeneratif değişikliklere bağlı gelişir. Stenoz, intervertebral birleşim yerlerinde disk dejenerasyonu, faset artropatisi, ligamentum flavum hipertrofisi, spondilozis ve bazen de spondilolistezisin kompleks süreci sonucunda gelişir. Lomber spinal stenoz sıklığı yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte gittikçe artış göstermektedir. Genel popülasyonda %1,7 ile %8 arasında rapor edilmiştir (62). Lomber spinal stenoz sınıflaması sebebe ve stenozun lokalizasyonuna göre yapılabilir. En geçerli etiyolojik sınıflandırma Arnoldi ve ark. Tarafından yapılmıştır (63). LSS anatomik olarak radyolojik ölçümlerin temelinde santral, lateral veya kombine tip diye ayrılır (62, 63). Dar vertebral kanalda, dura ve kauda ekuinanın kompresyona uğramasına kanal stenozu denir. Bu durum sıklıkla santral stenoz olarak isimlendirilir. Lateral stenoz ise sinir kök ganglionu veya spinal sinirin izlediği yolda çeşitli nedenlerle bası altında kalarak sıkışmasıdır (18) (Şekil 2.37, 2.38)).



Şekil 2.37: Normal kanal ve dar kanal



Şekil 2.38: Santral stenoz, Lateral reses stenozu ve Foraminal stenoz

2.4.2. Lomber Spinal Stenoz Sınıflaması

A. Doğumsal-Gelişimsel

1. İdiopatik
2. Akondroplazik
3. Hipofosfatemik vitamin D dirençli raşitizm (spondiloepifizyal displazi)
4. Morquio sendromu

5. Spinal disrafizm

B. Kazanılmış (Edinsel)

1. Dejeneratif
   a. Spondiloz
   b. Spondilolistezis
   c. Skolyoz
   d. Posterior longitudinal ligaman kalsifikasyonu
   e. Ligamentum flavum kalsifikasyonu
   f. İntraspinal sinovyal kistler
2. Ameliyat sonrası
   a. Laminektomi
   b. Füzyon
   c. Fibrozis
3. Travmatik
   a. Laminektomi
   b. Kifoz/ Skolyoz
   c. Patlama (burst) kırığı
4. Metabolik/Endokrin
   a. Epidural lipomatozis (Cushing hastalığı)
   b. Osteoporoz
   c. Akromegali
   d. Psödogut (kalsiyum pirofosfat dihidrat depolanması)
   e. Renal osteodistrofi
   f. Hipoparatiroidizm
5. İskelet sistemi hastalıklarına bağlı
   a. Paget hastalığı
   b. Ankilozan spondilit
   c. Romatoid artrit
   d. Diffüz idiopatik iskelet hiperostozisi (DISH)

2.4.3. Patofizyoloji

Konjenital lomber spinal stenoz ilk olarak radiküler sendromla ilişkili ve distrofik anomalili doğan çocuklarda Dr. Sarpyener tarafından tanımlanmıştır (62). Lomber vertebranın embriyogenezisi gestasyonun yedinci haftasından sonra başlar. İki çift kondrofikasyon merkezinden vertebral cisim ve nöral ark oluşur. Vertebral cisim ve pediküllerin büyüme merkezlerinin ossifikasyonu ve füzyonu doğumdan birkaç yıl sonra tamamlanır. Eğer bir ya da daha fazla lomber vertebranın çift dorsolateral ossifikasyon merkezinde gelişim normalden erken olursa lomber spinal kanal stenotik olabilir. Konjenital stenoz en sık akondroplazik cücelik ya da spondiloepifizial displazi gibi diffüz iskelet displazilerine bağlı olur. Bu konjenital veya gelişimsel stenoz, küçük nöral kanalın orantısız şekillenmesi sonucunda lamina ve pedikülün yetersiz büyümesine bağlı gelişir (62).

Vertebral nöral kanalın erişkin seviyeye ulaşması yaklaşık 4 yaşında olur. Prematürite ve düşük doğum ağırlığı gibi antenatal risk faktörleri, lomber spinal kanalın büyümesini geciktirir. Gelişimsel stenozda cerrahi tedavi gereksinimi bayanlarda üç kat daha fazladır. Her ne kadar birçok vakada ailesel stenozun cücelikle ilişkisi olmadığı rapor edilse de genetik faktörleri içerebildiği ileri sürülmektedir. Konjenital spinal stenozda bulunan semptom ve bulgular spinal stenozun genelde verdiği semptom ve bulgularla benzerlik gösterir (62). Bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonansdan önceki dönemlerde konjenital lomber spinal stenoz göreceli olarak düşük oranda rapor edilmiş olmakla birlikte günümüzde birçok tanı metotlarının mevcut olması sıklığını arttırmıştır (62).

Edinsel stenozda etken, yaşlanmayla beraber gelişen disk dejenerasyonuna diğer patolojilerin eklenmesidir. 1984'te Kirkaldy-Willis yaptıkları otopsi çalışmalarında her bir seviyede bir disk, alt ve üst vertebra cisimler ile faset eklemlerden oluşan üç eklem kompleksini tanımlamışlardır. Buna fonksiyonel spinal ünite adını vermişlerdir. Kompleksin komponentleri arasında öyle bir ilişki vardır ki, herhangi birindeki bir değişiklik zamanla diğer ikisini de etkileyecektir. Eğer bu değişiklikler ciddi olursa kanalı daraltacak ve spinal stenozun klinik semptomları ortaya çıkacaktır (64).

Spondiloza bağlı dejeneratif spinal stenoz en yaygın olarak L4 ve L5 seviyelerinde görülmektedir (62). Tekrarlayan sinovyal reaksiyonlar ve çevresel yırtıklar kartilaj

harabiyetine ve osteofit oluşumuna, disk yüksekliğinde azalma subluksasyon ve disk rezorbsiyonuna neden olur. Disk yüksekliğindeki bu azalma superior fasetlerin rostral olarak yer değiştirmesi ile nöral foramenin daralmasına, diskin çökmesi de interlaminar alanın azalmasına, bunun sonucu olarak spinal stenoza neden olur (65, 66). İlerleyen sinovit eklem kapsülünü inceltir ve faset eklemini gevşetir. Bu gevşemede spinal instabiliteye yol açtığı için intervertebral disk dejenerasyonunu hızlandırır. Böylece osteofit gelişimine neden olur. Süperior artiküler faset üzerindeki osteofitler lateral resesi daraltır. İnferior artiküler faset üzerindeki osteofitler ise santral kanalı daraltır (Şekil 2.39).

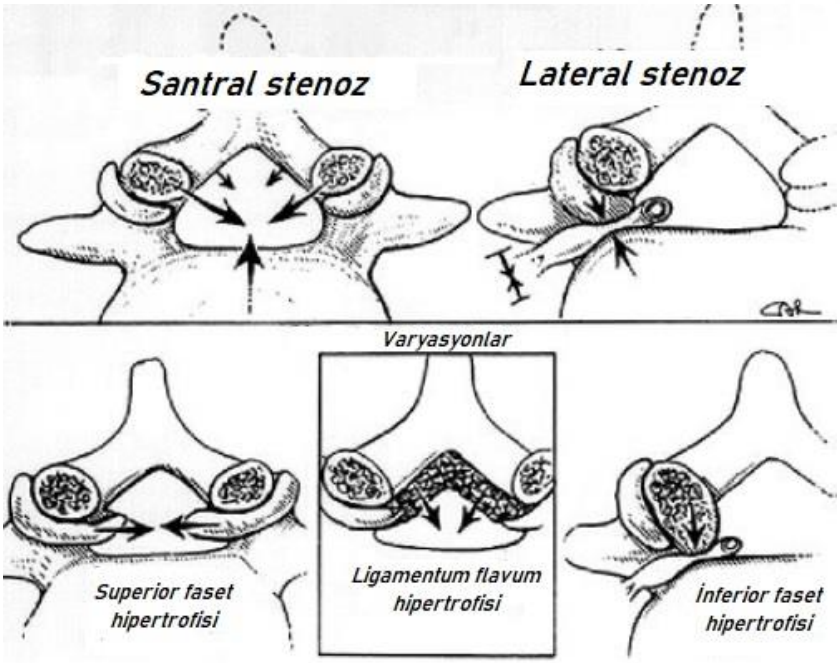
Dejenerasyon genellikle intervertebral diskte başlar. Annulus fibrozus ve nükleus pulpozus tek başlarına dejenere olabildikleri gibi çoğu zaman dejenerasyon her ikisinde birlikte görülür. Bu değişikliklerin bir sonucu olarak disk aralığı daralır ve diskte santral kanala doğru kabarıklık oluşur. Bu kabarıklıkla birlikte ligamentum flavumun da hipertrofisi spinal kanalın daralmasına neden olabilir (65, 66, 67). Disk yüksekliğinin azalması vertebral cisimleri destekleyen ligamanların gevşemesine yol açarak instabiliteyi arttırır ve sonuçta eklemlerin daha fazla dejenerasyonuna ve kapsülün yırtılmasına yol açar. Böylece faset ekleminin instabilitesi ve diskin dejenerasyonu ilerleyerek spinal stenoz ve instabiliteyi arttırır.

Dejeneratif spinal stenozda çok sıklıkla L4-L5 mesafesi etkilenmektedir. Azalan sıklıkta ise L3-4, L2-3, L5-S1 gelir (67). L5-S1 seviyesinde nadiren stenoz olması bu seviyede spinal kanalın daha geniş, dural kesenin daha dar ve posterior yağ yastığının minimal olmasına bağlıdır (62). Lateral reses ve nöral foramenle ilişkili stenoz en sık L4-5 mesafesinde görülmektedir (68). Lomber stenozlu hastalarda kanalın AP ölçümü 12 mm'den az, lateral reses ve foramen ölçümü ise 4 mm'den azdır. Transvers interpediküler uzunluk 25 mm'den azdır (Tablo 2). Her ne kadar çoğu semptomatik hastalarda kanal ölçümü 4 ila 10 mm arasındaysa da bu ölçümler klinik olarak tanımlanan stenozlarda net değildir. Anteriordaki disk protrüzyonu da nöral kökler için gerekli boşluğu daha fazla azaltmaktadır (67).

Tablo 2: Normal ve stenotik lomber spinal kanal boyutları (67)

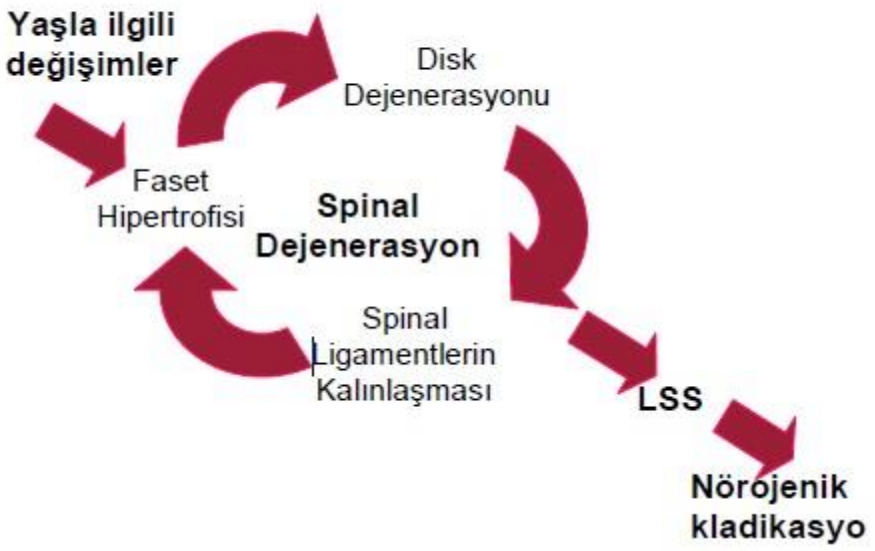
Boyut	Nöral Kanal (mm)	Lateral Reses (mm)
Normal anteroposterior	15-25	3-5
Dar Kanalda antreroposterior	5-10	1-2

Santral kanal stenozunun diğer bir majör sebebi ise ligamentum flavum hipertrofisi ve kıvrılmasıdır (68). Ligamentum flavumun, lamina ve fasete yapıştığı bölgede hipertrofik olmaya yatkındır. Bu bölgede elastik fibrillerin dejenerasyonu ve tip II kolajen proliferasyonu görülür. Lateral reses, sinir kökünün nöral foramenin hemen proksimalinde yerleştiği pedikül boyunca olan oluktur. Önde vertebral cisim, lateralde pedikül ve arkada inferior vertebral cismin süperior artiküler faseti ile sınırlıdır. Bu superior artiküler fasetin hipertrofisi sinir köküne kompresyon yapar. L4-5 en sık tutulan fasettir (67, 68). Nöral kanal ve lateral reses stenozunun ana komponenti, interlaminar boşlukta hipertrofik ligamentum flavum seviyesinin bulunmasıdır (Şekil 2.39).



Şekil 2.39: Anatomik yerleşimine göre dar kanal

Lateral resesin daralması, sinir kökünü saran emniyet yastığının tedrici bozulması ile birliktedir. Yağ ve venlerden oluşan emniyet yastığı ekstansiyonda kompresyona karşı koruyucudur. Daralan reses yağını kaybeder ve kalan venler kompresyona dayanıklı değildir. Böylece çıplak hale gelen kök, disk ve üst artiküler çıkıntı arasında oluşan fonksiyonel kompresyon tehlikesine maruz kalır. Ayrıca disk yüksekliğinin azalması üst artiküler çıkıntıyı üstteki vertebra cisminin iç kenarına karşı karşıya getirir. Böylece bu iki yapı arasında kemiksel kıskaç mekanizması ihtimali artar (68). Kauda ekuina ve sinir kökleri enerji gereksinimlerini BOS'tan difüzyon yoluyla ve sinir köklerinin çevresinde olan arterial dolaşımdan alırlar. Bu anatomik özellikler LSS'de dışarıdan basıyla oluşan iskemi için yatkınlık oluşturur. Bası sonucunda BOS akım dinamiği ve arteriyel beslenme bozulacağından, stenoz olgularında sinir köklerinde iskemik sürece neden olur. Ayrıca lomber stenoz olgularında radikülopatinin patofizyolojisinde, mekanik basıya bağlı venöz dönüşün engellenmesi ile oluşan konjesyon da bir diğer faktör olarak bildirilmektedir (66) (Şekil 2.40).

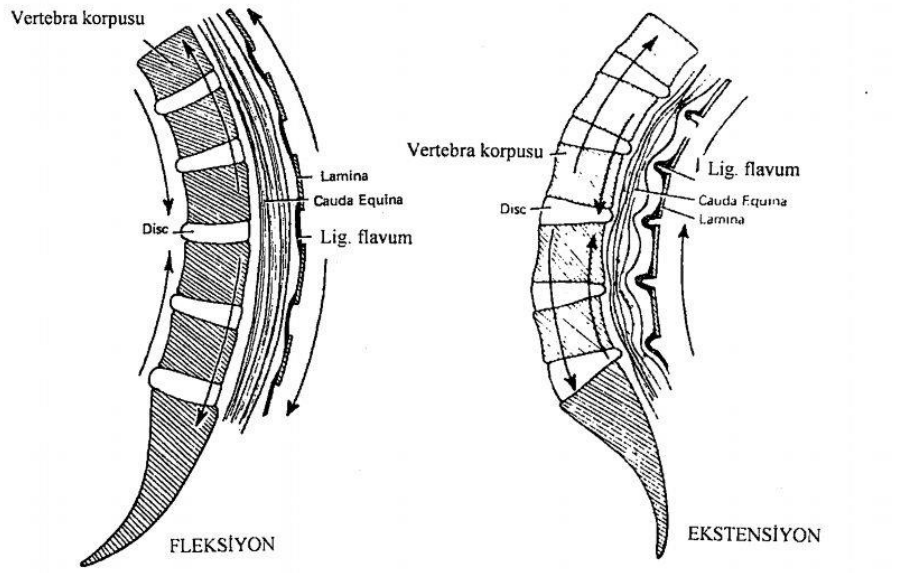


Şekil 2.40: Nörojenik kladikasyonun oluşumu

2.4.4. Klinik

Lomber spinal stenozlu (LSS) hastalarda, nöral kanal ve foramen daralmasıyla, içindeki lumbosakral sinir köklerinin tuzaklanmasına bağlı bel ve bacaklarda gelişen ağrı, parestezi, uyuşma ve kuvvetsizlik yakınmaları görülür (62, 65, 67). LSS semptomları

tipik olarak sinsi başlar ve yavaş yavaş gelişir. Semptomlar yaklaşık %95 bel ağrısı, %71 bacak ağrısı ve %33 olarak da güçsüzlüğü içerir (62). Vakaların %94'ünde ve %69'u bilateral olmak üzere alt ekstremitelerde nörojenik kladikasyon görülmektedir. Hastalar parestezi ve uyuşukluğun devamlı yürüme ile ilişkili olduğunu ve yokuş aşağı yürümenin yokuş yukarı yürümekten daha zor olduğunu ifade ederler (62, 69). Bunun nedeni olarak da yokuş yukarı yürürken öne doğru eğilerek, yokuş aşağı inerken ise vücut postürünün ekstansiyonda kalması ile ifade edilir. LSS'de karakteristik olan spinal kladikasyon ya da radikülopati postürle artabilir. Bel ve bacak ağrısında genellikle ayakta durmakla ve hiperekstansiyon pozisyonuyla artış görülür. Yürümekle ağrı artar. Fleksiyonda veya oturur pozisyonda dinlenmekle azalır (Şekil 2.41). Semptomlar ve nörolojik bulgular hastalar arasında değişiklik gösterebilir. Patella ve aşil tendon refleksleri istirahat sonrası normoaktif iken hareket sonrası alınamayabilir. Santral stenozlu hastalarda ağrı bilateral olabilir. Buna rağmen mutlaka simetrik olması gerekli değildir. Bu vakalarda lateral reseste sinir kök tuzaklanması, unilateral monoradikülopati semptomlarına benzeyebilir. Stenoz komponentinin gelişiminin şiddetiyle yaş ilişkisi terstir. Bu nedenle cücelik vakalarında ya da şiddetli primer stenozlu vakalarda akut başlangıçlı siyatalji, bazen paralitik lumbosakral radikülopati ile ilişkili olarak 20-30 yaşlarında görülebilir. Akut parapleji yumuşak disk protrüzyonunun subaraknoid boşluğu daraltmasına bağlı olabilir. Çok sıklıkla altıncı, yedinci ya da sekizinci dekatlarda ayakta durma ve yürüme mesafesinde progresif azalma görülür. Bacak ağrısı veya parestezi, hafif motor ya da refleks defisitle ilişkili olabildiği gibi ilişkisiz de olabilir. Ağrı tipik olarak lomber disk herniasyonu ağrısından daha hafif tariflenmektedir. Genellikle kalça ve arka uyluk bölgesinden başlayıp ön uyluk ve arka baldır-ayak bölgelerine yayılır (62). Künt bir ağrı olarak tarif edilse de şiddetli keskin ağrı atakları da gelişir. Stenozda kalçanın ön bölümü, kalça ekleminin medial bölümüne ya da popliteal bölgeye yayılırken ayak bileği altına yayılmaması söz konusudur. Nörojenik kladikasyo, yürümekle başlayan ya da kötüleşen, progresif olan radiküler ağrı, oluşabilir. Bu semptomların karakteristiği oturma ile hafiflemesidir.



Şekil 2.41: Fleksiyon ve ekstansiyonda spinal kanal hacmi. Fleksiyonda spinal kanal hacmi artarken sinir köklerinin kitlesi azalır, ekstansiyonda spinal kanal hacmi azalırken sinir köklerinin kitlesi artar.

Tablo 3: Vasküler ve nörojenik kladikasyon karşılaştırması (67)

VASKÜLER KLADİKASYON	**NÖROJENİK KLADİKASYON**
Ağrı çoğu kez bilateral	Bilateral bazen unilateral
Ağrı genelde bacaklarda	Ağrı bel, kalça çevresi ve bacaklarda
Kladikasyon mesafesi sabit	Kladikasyon mesafesi değişken
Ağrı her pozisyonda aynı	Ağrı spinal fleksiyonda azalır, ekstansiyonda artrar
Ağrı her türlü fiziksel aktivitede artar	Ağrı ekstansiyonda yapılan hareketlerle artar
Ağrı istirahatle dakikalar içerisinde geçer	Daha uzun süreli istirahatle geriler
Ağrı yokuş çıkarken artar	Ağrı yokuş çıkarken azalır
Ağrı kramp tarzında	Ağrı dizestezi ile birlikte yanıcı tarzda
Bel ağrısı ve omurga hareketlerinde kısıtlanma seyrek	Bel ağrısı ve omurga hareketlerinde kısıtlanma sık
Nabazanlarda azalma/kaybolma	Normal nabazanlar
Cilt, kıl, tırnak değişiklikleri	Normal cilt bulguları
Normal X-Ray, CT, MRI bulguları	Diagnostik bulgular

Parestezi, uyuşma ve ileri bazı vakalarda güçsüzlüğü içerir. Uyuşma, yorgunluk veya güçsüzlük, düşük ayak ya da diz bükülmesi ağrı görülmeden önce sızı, parestezi, hissizlik veya güçsüzlükle birlikte olabilir. Nörojenik kladikasyonun genellikle vasküler nedene bağlı olduğu düşünülmektedir. Epidural basıncın azaldığını gösteren ölçümler ve LSS'li hastalarda öne eğilerek yürüme ile yürüme toleransının düzelmesi mekanik kompresyon teorisini destekler (62). Nörojenik kladikasyonu vasküler kladikasyondan ayırmak gereklidir (Tablo 3). İliofemoral arter stenozuna bağlı kladikasyonu olan vakalarda şikâyetlerin azalması için sadece oturmak yeterli değildir. Nörojenik kladikasyonu vaskülerden ayırmak için "bisiklet testi" kullanılır. Bu testte hastaya bisiklet üzerinde çalışma yaptırılır. Vasküler kladikasyonda kasların iskemisine bağlı olarak ağrı artar. Nörojenikte ise hastalar bisiklet üzerinde öne eğilir pozisyonda durduğu için şikâyetleri daha geç başlar (67).

Omurga fleksiyondan ekstansiyona hareket ederken spinal kanal daralır, bu nöral doku ve ligamentum flavumun genişlemesi, diskin arkaya doğru taşması ve kauda ekuina ile sinir köklerinin mikrosirkülasyonunun etkilenmesinden dolayı oluşur. Tersine fleksiyona getirildiğinde ise kanal genişler (67). Komplike olmayan LSS'li hastalarda düz bacak kaldırma gibi sinir germe testleri tipik değildir. Bu bulgu disk herniasyonuna bağlı olandan, spondilotik radikülopatinin ayrılmasına yardım eder. Bununla birlikte L5 sinir kökü kompresyonuna bağlı düz bacak kaldırma testi pozitifliği görülebilir. Duyu bulguları dermatom dağılımı bulgularını izleyebilir ve çoğunlukla %91 L5, %63 S1 ve %28 L1-4 dağılımda görülür (62). Lomber stenozda, akut disk ekstrüzyonu veya kronik tümör progresyonuna karşın sakral parestezi, inkontinans ve paraparezi ortaya çıkması, ayakta durma ve yürümekle ilişkili olabilir. Kauda ekuina sendromu lomber spinal stenozda nadir olarak ortaya çıkar. Kauda ekuina sendromu, üriner veya fekal inkontinans, impotans ve duyu kaybı gibi aralıklı ya da ilerleyici semptomları içerir. Bu sendromun önemli özellikleri mevcuttur. Bilinen disk herniasyonu olan hastalarda nörolojik bulgular ve semptomlar hızlı ilerleme gösterir. Bilateral bacak ağrısı ve nörolojik semptomlar sıklıkla eşlik eder. Hastalarda kaudal anestezi mevcuttur. Genitoüriner disfonksiyonlar (inkontinans, retansiyon) bulunabilir. Rektal sfinkter tonusunun azalmasıyla bazen fekal inkontinans görülür. Semptomlar hasta tarafından tanımlanamayabilir. Rektal muayene yapmak nörolojik muayenenin önemli bir bölümü

olarak değerlidir. Kauda ekuina semptomları olan hastalarda cerrahi müdahalenin gecikmesi, nörolojik disfonksiyonların devamlı olmasına neden olabilir (62).

2.4.5 Tanı

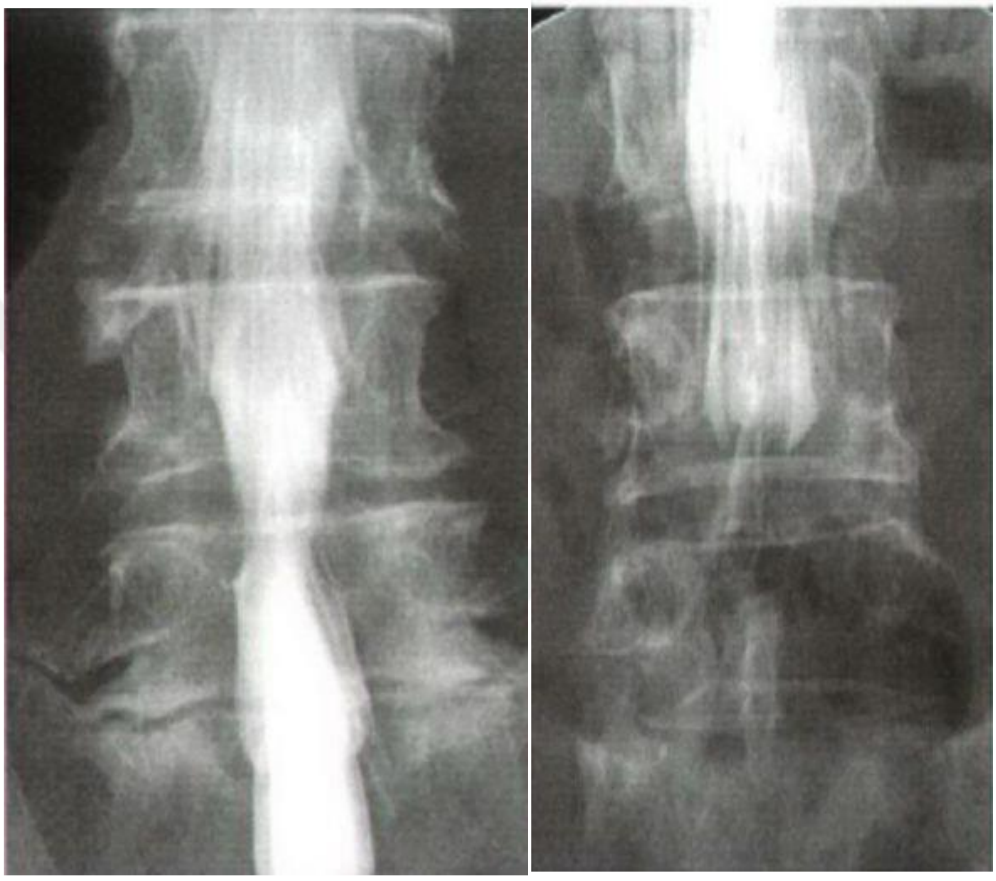
LSS'nın klinik teşhisinin teyidi en iyi radyolojik olarak yapılır. Mevcut görüntüleme teknikleri düz grafi, myelografi, BT ve MR'yi kapsar. Her birinin avantaj ve dezavantajları vardır. İlk tanı yöntemleriyle BT ve MR'de gösterilebilen aksiyal görüntüler elde edilemediğinden, LSS vakalarının sıklığının özellikle BT ve MR'den sonra hızlı arttığı bildirilmektedir (62).

Direkt Grafiler

Direkt lumbosakral grafiler spinal kanal darlığını göstermemesine rağmen, genellikle bu grafilerde anormalliklere rastlanır. Direkt grafi, ucuz, uygulaması ve ulaşılması kolay olmaları nedeniyle sıklıkla ilk başvurulan yöntemdir. Anteroposterior, lateral ve oblig grafilerle, vertebra sayısı, konjenital vertebra anomalileri, vertebra korpus yükseklikleri, intervertebral disk yükseklikleri, kabaca korpusun mineral içeriği, osteofit formasyonları, faset eklem artiküler yüzleri, eklem aralıkları, faset açıları, nöral foraminaların genişliği, postüral anomaliler ve diğer dizilim kusurları hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. LSS'yi radikülopatiye sebep olan diğer durumlardan ayırt etmek gerekir. Spinal grafiler, instabilite, travma deformiteleri, spondilolistezis ya da skolyoz bulgularını göstermede en iyi yöntemdir. Osteoporoz, Paget hastalığı ve cücelik gibi iskelet hastalıklarını gösterebilir. Fleksiyon ekstansiyon grafileri, deformitelerin düzeltilebilirliği veya rijitliği konusunda bilgi verir ve subluksasyonların ölçülmesine izin verir. Direkt grafilerin dezavantajı; nöral yapıların, disk materyalinin, ligamentum flavumun, lateral reseslerin gösterilmesinde yetersiz ve aldatıcı olmasıdır. Genellikle direkt AP grafide lomber vertebralarda interpediküler mesafenin (İPD) 25 mm'nin altında olması stenozu düşündürür. Normal direkt lateral grafide omur cismi arka noktası ile spinal çıkıntı arasındaki mesafenin, omur cisminin uzunluğuna oranı 1/2,5'tur. Bu oranın 1/ 4 olması spinal stenozu gösterir (62).

Myelografi

Lomber myelografi tekniği, subaraknoid boşluk içine suda çözünen radyoopak bir madde enjeksiyonundan ibarettir. Radyoopak madde BOS'a karışır, dural kese içindeki nöral yapıların ve sinir kökü kılıflarının taslağını gösterir (62) (Şekil 2.42).



Şekil 2.42: Lomber spinal stenoz. İlk şekilde myelografide dolum defekti, ikinci şekilde blok olarak görülüyor.

Lomber bölgede dar yerler kum saati görünümü verebileceği gibi kontrast MRG öncesi dönemde, kemik, spinal kanal ve intradural anatomi ve patolojinin değerlendirilmesinde başvurulan bir yöntemdir. Myelografi lomber vertebra kolon boyunca tek veya çok düzeyli ekstradural defektleri gösterir. Bu defektler yan grafide daha iyi görünür ve dural kesenin görünümü tespih dizisini andırır. İnvaziv bir tetkik olması nedeniyle enfeksiyon, kanama, BOS fistülü, nöral doku hasarı ve spinal baş ağrısı yanında kontrast maddeye bağlı alerjik komplikasyonlara da rastlanabilmektedir (62).

Bilgisayarlı Tomografi

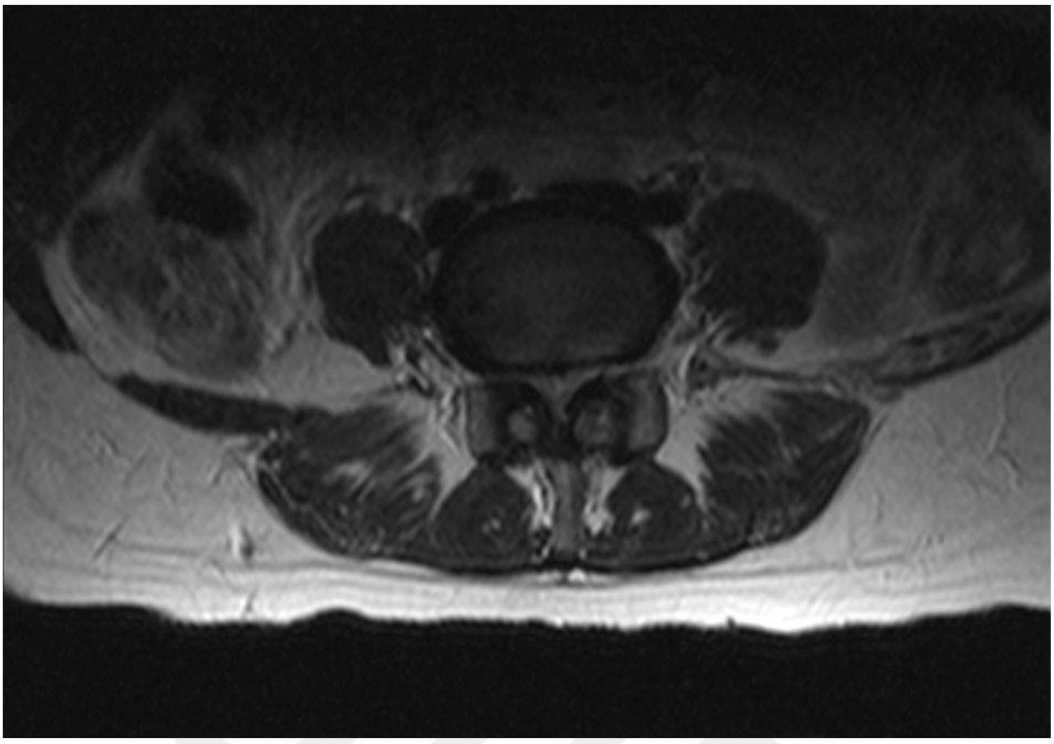
BT, lomber stenozun tanısında değerli, kemik yapıyı en iyi gösteren, noninvaziv tanı koydurucu bir yöntemdir. LSS'de patolojik sürecin geliştiği en önemli üç bölgenin direkt görüntülenmesini sağlar; santral kanal, lateral reses ve nöral foramen. Ayrıca hem kemik hem de yumuşak doku penceresi kullanılarak disk hernisi, osteofitler, genişlemiş fasetler, ligamentum flavum ve intraspinal sinovyal kistler gibi etkenlerin direkt görüntülenmesini de mümkün kılar. Ayrıca bilgisayarlı tomografi yöntemi ile üç boyutlu rekonstrüksiyon yapılarak kanalın yapısı çok ayrıntılı incelenebilir (62). Myelografi ile kombine BT kullanılması özellikle spinal kanal çaplarını ölçmede, lateral reseste sinir kökü sıkışmasının ayrımı ve lateral reses çapını ölçmede, postoperatif olgularda epidural skar ve kök basısının incelenmesinde tanı değeri yüksek bir yöntemdir (62). BT'de spinal kanalın çapı ve alanı ölçülebilir Kesitler kesinlikle intervertebral diske paralel alınmalıdır. AP çap 12-15 mm arasında ise rölatif stenozdan bahsedilir. AP çap 10 mm ve altında ise kesin stenoz denir (62). LSS tanısı koymak için dural kese alanının ölçümünün daha güvenilir yöntem olduğu bildirilmiştir. En dar bölgede alan 100 mm² den daha fazla ise normal, 76-100 mm² ise orta derecede daralmış ve 76 mm² den daha az ise ciddi şekilde daralmış olarak kabul edilir. Lateral reses derinliğinin 3 mm'den az olması ve spinal kanal hacminin 1,45 cm³'den az olması da lomber bölgede stenoz olarak değerlendirilir (62, 70).

Tablo 4: BT de lomber kanal, sinir kökü kanalı, intervertebral foramen ölçümleri

	Normal (mm)	Daralmış (mm)	Şiddetli daralmış (mm)
Nöral kanal (A-P)	15 – 25	10 – 15	5 – 10
Nöral kanal (transvers)	20 – 30	15 – 20	5 – 10
Sinir kökü kanalı (A-P)	3 – 5	2 – 3	1 – 2
İntervertebral foramen (AP)	8 – 12	3 – 5	2 – 3

Manyetik Rezonans Görüntüleme

Spinal patolojiler için tanı değeri en yüksek olan tetkik yöntemidir. Faset eklemlerinde gelişen dejeneratif değişiklikler, faset hipertrofisi, osteofit gelişimi, kıkırdağın daralması, eklem effüzyonu ve kapsüler hipertrofi şeklinde olabilir ve tüm bu değişiklikler MR ile ayrıntılı bir biçimde değerlendirilebilir. Aksiyel MR görüntüleri daralmış kanalı tipik olarak gösterir (Şekil 2.43). LSS'de T1 ağırlıklı görüntü foramen ve konus medullarisin genişlik ve konturlarını değerlendirmek için kullanışlıdır. T2 ağırlıklı görüntü ise santral kanal çaplarının doğru ve kesin değerlendirilmesini sağlar. Hipertrofik kemik T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde hipointens, hipertrofik ligamentum flavum T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde izointens ve uzamış kompresyona bağlı epidural yağ dokusundaki azalma T1'de hiperintens yağ sinyalinin incelmesi ya da kaybolması şeklinde görülür. MR'nin BT'ye göre bazı avantajları vardır. Hasta iyonize radyasyon almaz ve işlem noninvazivdir. Myelografide olduğu gibi tüm lomber omurganın görüntülenmesi sağlanır. Konus, kauda ekuina ve sinir kökleri gibi yumuşak dokuların değerlendirilmesi BT'den daha iyidir. Aksiyal ve koronal görüntüler elde edilebilir. Ligamentum flavum, disk herniasyonu ve kanal içi sinovyal kist gibi patolojilerin görüntülenmesinde diğer yöntemlere üstündür. Özellikle epidural yağ dokusu kaybını göstermede BT ve myelografiye üstündür (62). MR tetkikinin bazı dezavantajları da mevcuttur. LSS tanısında önemli olabilen kortikal kemik (osteofit) zayıf olarak gösterilir. Lomber omurgasında titanyum olmayan metal taşıyanlar, gözlerde, beyinde, omurilikte metal cihazı olanlar, kalp pili olanlar ve ciddi klostrofobililer MR uygulamasına alınamazlar. Ayrıca BT'ye göre de daha pahalı bir tetkiktir. Ama günümüzde oldukça yaygın olması ve tanısal gücü nedeni ile LSS tanısında standart olan bir incelemedir.



Şekil 2.43: Spinal stenoz olgusuna ait MR görüntüsü.

Elektrofizyolojik testler

Elektromyografi (EMG)

Nörolojik defisiti olan hastalarda defisitin yaygınlığının saptanması açısından yararlıdır. EMG' nin rolü özellikle lateral reses stenozunda önemlidir. Çünkü rutin ve kötü kaliteli spinal radyografik incelemelerde lateral reses stenozu gözden kaçabilir. Bunun yanında normal nörolojik bulgular stenoz tanısını dışlamaz. LSS son derece farklı EMG bulgularına neden olabilir. Bu bulgular normalden, bilateral ve şiddetli değişikliklere kadar olabilir. EMG'nin bazı dezavantajları da mevcuttur. Semptomların başlamasından sonra anormalliğin tespiti için 10 günden 6 haftaya kadar zaman gerekmektedir. Bunun yanında lomber ve sakral pleksus örtüşmesine bağlı yanlış negatif sonuçlar ortaya çıkabilir. Tutulmuş alt ekstremite kas grupları çoklu innervasyona sahip olabilir. Ayrıca EMG motor sinir potansiyellerini ölçer bu yüzden duyu bozuklukları değerlendirilemez (62). EMG klinik ve radyolojinin tam uyum göstermediği hastalarda olası bir nöropatiyi tanımada öneme sahiptir.

2.4.6. Ayırıcı Tanı

Yürümeyle artan ve oturmakla rahatlayan bacak ağrısı yakınmaları sıklıkla yaşlılarda diğer durumlarda da ortaya çıktığından, LSS'nin ayırıcı tanısını yapmak zor olabilir. Ayırıcı tanıda göz önünde bulundurulması gereken hastalıklar aşağıda belirtilmiştir (71).

- Spinal stenoz bulunmayan lomber spondilozis
- Lomber disk herniasyonu
- Aterosklerotik tıkayıcı periferik damar hastalığı
- Spinal tümörler
- Huzursuz bacak sendromu
- Servikal ve torasik spinal stenoz
- Periferik nöropati
- Anterior tibial kompartman sendromu
- Kalça ve diz osteoartriti
- Tanımlanamayan nörolojik hastalık

2.4.7. Tedavi

2.4.7.1. Tıbbi Tedavi

Spinal stenozun tedavisinde kullanılan birçok farklı teknik mevcuttur. Konservatif tedavide fizik tedavi, egzersizler, analjezikler, antispazmotikler ve nonsteroid antienflamatuar ilaçlar kullanılabilir. Bazı hastalar kısa süreli (3 ile 5 gün) sistemik kortikosteroid kullanılmasından veya stenotik alanın üstüne bir-üç kez aralıklı epidural steroid enjeksiyonundan yarar görebilirler (72). Amaç enflamasyonu azaltarak sinir köklerinin kompresyonunun ödem etkisiyle daha da artmasını önlemektir. Fizyoterapi abdominal ve paravertebral adaleleri güçlendirir, hareket ve postürü düzeltir, ağrının azalmasına yardım edebilir. Buna rağmen tüm bu cerrahi olmayan tedaviler geçici bir iyileşme sağlar. Herno'nun yayınladığı geniş cerrahi serilerde 438 hastanın 406'sında cerrahi öncesi konservatif tedavi fayda sağlamamıştır. Bu 438 hastadan 222 hastaya fizyoterapi, 112 hastaya antiinflamatuar veya analjezik, 64 hastaya da multidisipliner rehabilitasyon programı uygulanmıştır (62). Bir diğer alternatif tıbbi tedavi yöntemi de kalsitonin kullanılmasıdır. Kalsitonin için ileri sürülen etki mekanizması, hipotalamusta santral analjezik etki, spinal ve/veya kauda ekuinadaki kan akımının düzeltilmesi ya da

muhtemelen prostoglandin inhibisyonuyla anti-inflamatuar etki ile ilgilidir (73). Fakat kalsitonin, spinal stenozun konservatif tedavisinde standart olmamıştır. Yakınmaları az, bulguları belirgin olmayan spinal stenozlu hastalarda konservatif tedavi uygulanmalıdır. Bununla birlikte yavaş gelişen fokal kayıpları olduğu zaman cerrahi tedavi tercih edilmelidir. LSS'li hastalarda uygulanacak tedavinin tıbbi mi, cerrahi mi olacağını belirlemede kesin sınırlar olmamasına karşın buna karar vermede zorluk yoktur. Tedavi yöntemini belirleyen daha çok hastaların yakınmalarının düzeyi ve iş ya da sosyal yaşamlarını ne kadar etkilediğidir. Radyolojik bulgular her zaman hastanın yakınmaları ile uyumlu olmayabilir. Bu yüzden tedavi seçimi hastanın yakınmalarının şiddetine ve nörolojik bulgu ya da kaybının olup olmamasına bağlıdır.

2.4.7.2. Cerrahi Tedavi

Lomber stenozlu vakalarda ilerleyici nörolojik defisit ve/veya ciddi nörojenik kladikasyo cerrahi tedavi endikasyonudur. Nörolojik defisiti olmayan hastalarda çok sıklıkla cerrahi endikasyon ise günlük yaşam aktivitelerini kısıtlayan ya da engelleyen, tekrarlayıcı ve tolere edilemeyen ağrılardır (62, 71). Cerrahi uygulama öncesi, klinik ve radyolojik verilerin detaylı analizi gereklidir. Nöral dokunun kanal ve foramen içinde hareket edeceği yeterli bir boşluğun bulunmaması nedeniyle, operasyonun temel amacı dekompresyondur. Birçok farklı dekompresyon teknikleri tanımlanmıştır. Stenozun farklı biçimleri, klinik ve radyolojik incelemelerle değerlendirilmeli, buna uygun dekompresyon tekniği kullanılmalıdır.

Santral stenoz olgularında tüm kanal çapı daralmaktadır. Santral stenozda inferior artiküler faset kolu, lamina ve ligamentum flavum hipertrofisi mevcuttur. Spinal füzyon spinal stenoz cerrahisinde sıklıkla gerekmez. Ancak total fasetektomi gereken durumlarda spinal füzyon ve/veya internal tespit eklenebilir (62, 71). Cerrahi girişimin amacı nöral elemanları dekomprese etmek ve spinal stabiliteyi korumaktır.

Dekompresyon için kemik ve yumuşak dokuların alınmasında postoperatif instabiliteye neden olmamak için minimal invaziv cerrahi yöntemler önem kazanmaktadır (74, 75). Lomber spinal stenoz için dekompresyon sonuçları, primer tanıya ve hastalığın genişliğine bağlıdır. Santral stenozu, dejeneratif eklem hastalığı ve çoklu seviye tutulumu olan hastalarda sonuçlar, lokalize, segmental, santral ve lateral reses stenozlu hastalar

kadar iyi değildir. Lateral reses stenozu olgularında bası genellikle süperior artiküler fasetin hipertrofisine bağlıdır.

2.4.7.2.1. Cerrahi Tedavinin Komplikasyonları

İnstabilite

Dekompresyondan sonra sık değildir. Geniş dekompresyonlar, özellikle çoklu seviye uygulanmışsa daha fazla listezise neden olur. Osteoporoz ve önceden küçük kompresyon kırıkların varlığında dekompresyona füzyonun eklenmesi gerekebilir. Postoperatif spondilolistezis ve subtotal veya total fasetektomi ile çok seviye dekompresyon yapılanlarda tercihen transpediküler tespit kullanılarak füzyon yapılmalıdır (71).

Dura yırtıkları

Ameliyat edilen hastaların %5'inde meydana gelir. Dural yırtıklar primer olarak tamir edildiğinde sonuçları iyidir.

Araknoiditis

Tedavinin sonuçlarını kötü etkileyen intratekal fibrozistir. Ameliyatta dokuların korunması ile önlenebilir. Epidural kanama araknoiditis riskini arttırır.

İnfeksiyon

Sık değildir. %1-2 arasındadır. Tüm spinal enfeksiyonlar gibi tedavi edilir. Erken cerrahi drenaj, debritman, yıkama ve uygun antibiyotikler sıklıkla gereklidir. Ancak uygun antibiyotik kullanımı hiçbir zaman uygun cerrahi drenajın yerini tutmaz.

Sinir yaralanması

Hastaların korktuğu kadar sık değildir. Sinir kökü yaralanması füzyon sırasında internal tespit kullanıldığında daha sıktır.

Psödoartroz

Uygun stabilizasyon yapıldığında gelişmez.

Laminektomi bölgesinde yeni kemik oluşumu

Özellikle cerrahi öncesi ve sonrası gelişen instabilite bunun en büyük nedenidir. Sonuçları kötü yönde etkiler. Yapılan bir çalışmada 8,8 yıllık takip sonucunda vakaların %88'inde değişik derecelerde yeni kemik oluşumu saptanmıştır (62, 71).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniğinde Mart 2020 – Mart 2022 yılları arasında Unilateral yaklaşımla bilateral lomber dekompresyon uygulanan 41 hasta opere olduğu tarihten itibaren 1 yıllık süreçte prospektif olarak takip edilmiş ve bu hastalara preop Lomber MR çekilerek dar kanal değerlendirilmiş, dinamik grafiler çekilerek listezis ayırıcı tanısı yapılmış, tüm vücut AP ve Lateral grafiler çekilerek sagittal ve koronal balans değerlendirilmesi yapılarak bulguları incelenmiştir. Opere olduğu tarihten 1 yıl sonra tekrar kontrole çağırılmış klinik muayene edilerek tekrar tüm vücut grafileri çekilerek sagittal balans parametreleri ölçülerek değerlendirme yapılmıştır.

Kliniğimizde opere edilen lomber dar kanal hastalarından çalışma kriterlerini karşılamayan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır. Hastaların tamamına Zurich kladikasyon testi (ZCQ) ve vizüel analog sorgulaması-bel (VAS Bel, /10) ve vizüel analog sorgulaması-bacak (VAS Bacak, /10) testleri yapıldı. Hastaların hepsi ameliyattan 1 veya 2 gün sonra lumbosakral korseyle veya korsesiz olarak taburcu edilmiştir.

Hastalar ameliyattan 6 saat sonra mobilize edilmiştir. Hastaların sırtı destekli bir şekilde oturmalarına ve yürümelerine izin verilmiştir. Günlük iş yapmalarına ve hafif yük kaldırmalarına müsaade edilmiştir ancak ağır iş yapmalarına ameliyattan 3 ay sonrasına kadar müsaade edilmemiştir.

Dahil edilen tüm hastalardan yazılı bilgilendirmiş onam alınmıştır. Tüm ameliyatları bu alanda tecrübeli Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi beyin cerrahi öğretim üyeleri tarafından aynı teknikle (unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon) yapılmıştır. Bu çalışma Mart 2020 tarihinde Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi etik kurulu tarafından onaylanarak yapılmaya başlanmıştır (Karar No: 2020/183).

Dahil Etme Kriterleri:

- 3 haftadan daha uzun süredir Lomber dejeneratif hastalık nedeniyle semptomatik olup konservatif tedaviye yanıt vermeyen hastalar
- Lomber spinal stenoz
- Radyoloji ile uyumlu klinik ve aktif şikâyet varlığı
- Grade 1'i aşmayan spondilolistezis

Hariç Tutma Kriterleri:

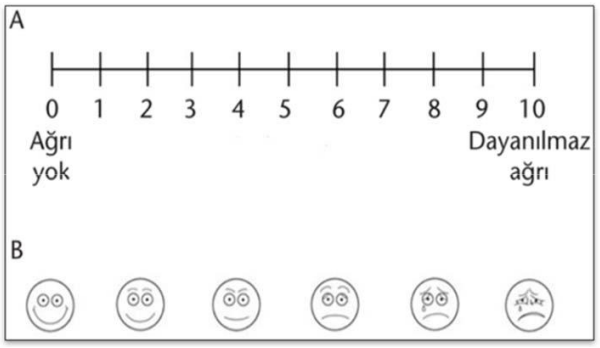
- Meyerding sınıflamasına göre ileri spondilolistezis (Grade>1)
- Enstrumante edilen hastalar
- Skolyozu olan olgular (Cobb açısı >20˚)
- Geçirilmiş herhangi bir lomber cerrahi
- Dejeneratif olmayan durumlar (travma, ileri osteoporoz, enfeksiyon, tümör, konjenital, vs.)

3.1. Klinik değerlendirmeler

Bütün hastaları için yaş, cinsiyet, ameliyat olduğu dar spinal kanalın olduğu seviye veya seviyeler, intraop yaklaşık kan kaybı bilgileri alınarak kaydedildi. Bel ve bacaktaki ağrının şiddetini değerlendirme amacıyla visual analog scale (VAS) kullanıldı (Tablo 5).

Ayrıca tüm hastalara fiziksel fonksiyon, semptomların şiddeti ve hasta memnuniyeti kombinasyonunun ölçülmesini sağlayan Zurich Cladutication Questionnaire (ZCQ) anketi doldurulduu (59). ZCQ Semptom Sıklığı (ZCQ-SS) ve ZCQ Fiziksel Fonksiyon (ZCQ-FF) olarak iki kısımdan oluşmaktadır. ZCQ lomber dar kanalda semptom şiddetinin ölçülmesinde kullanılan bir sorgulama anketidir. Bu sorgulamada yüksek puan semptomların çokluğunu göstermektedir.

Tablo 5: Vizüel Analog Skalası (VAS)



Zurich Claudication Questionnaire (ZCQ)

Son 1 ayınızı nasıl tanımlarsınız?

A. Sempton Sıklık Ölçeği (Sempton severity scale)

I. Bacaklarınızdaki, kalçanızdaki ve belinizdeki ağrıları düşünürseniz son 1 aydaki ağrınızın ortalama şiddeti nedir?

1. Hiç
2. Hafif
3. Orta
4. Şiddetli
5. Çok şiddetli

II. Belinizde, kalçanızda ve bacağınızda ne sıklıkta ağrı hissettiniz ?

1. Haftada birden daha az
2. En az haftada bir
3. Hergün günün az bir zamanında
4. Hergün günün çoğu zamanında
5. Hergün her dakika

III. Belinizdeki ve kalçanızdaki ağrı?

1. Hiç
2. Hafif
3. Orta
4. Şiddetli
5. Çok şiddetli

IV. Bacağınızdaki ve ayağınızcaki ağrı?

1. Hiç
2. Hafif
3. Orta
4. Şiddetli
5. Çok şiddetli

V. Bacaklarınızda veya ayaklarınızda uyuşma veya karıncalanma?

1. Hiç
2. Hafif
3. Orta
4. Şiddetli
5. Çok şiddetli

VI. Bacağınızdaki veya ayağınızdaki kuvvetsizlik?

1. Hiç
2. Hafif
3. Orta
4. Şiddetli
5. Çok şiddetli

VII. **Dengenizdeki Problem?**

1.Hayır, dengesizlik gibi bir problemim yok
3. Evet, bazen dengesizlik olduğunu hissediyorum
5. Evet, genellikle dengesizlik olduğunu hissediyorum

B. Fiziksel Fonksiyon Ölçeği (Physical function scale)

I. Ne kadar uzağa yürüyebiliyorsunuz?

1. 3 kilometreden fazla
2. 100 metreden fazla ama 3 kilometreden az
3. 15 metreden fazla ama 100 metreden az
4. 15 metreden az

II. Dışarıda gezmekten veya alışveriş yaparken gezmek rahat oldu mu?

1. Evet, rahattı
2. Evet ama bazen ağrı oluyordu
3. Evet ama çoğu zaman ağrı oluyordu
4. Hayır

III. Market için veya diğer eşya alışverişleri için dışarı çıktınız mı?

1. Evet rahat bir şekilde
2. Evet ama bazen ağrı oluyordu
3. Evet ama çoğu zaman ağrı oluyordu
4. Hayır çıkmadım

IV. Apartmanınızda veya evinizde farklı oadalara veya komşulara gittiniz mi?

1. Evet rahat bir şekilde
2. Evet ama bazen ağrı oluyordu
3. Evet ama çoğu zaman ağrı oluyordu
4. Hayır gidemedim

V. Yattığınız yerden tuvalete gidebildiniz mi?

1. Evet rahat bir şekilde
2. Evet ama bazen ağrı oluyordu
3. Evet ama çoğu zaman ağrı oluyordu
4. Hayır gidemedim

3.1. Radyolojik Değerlendirmeler

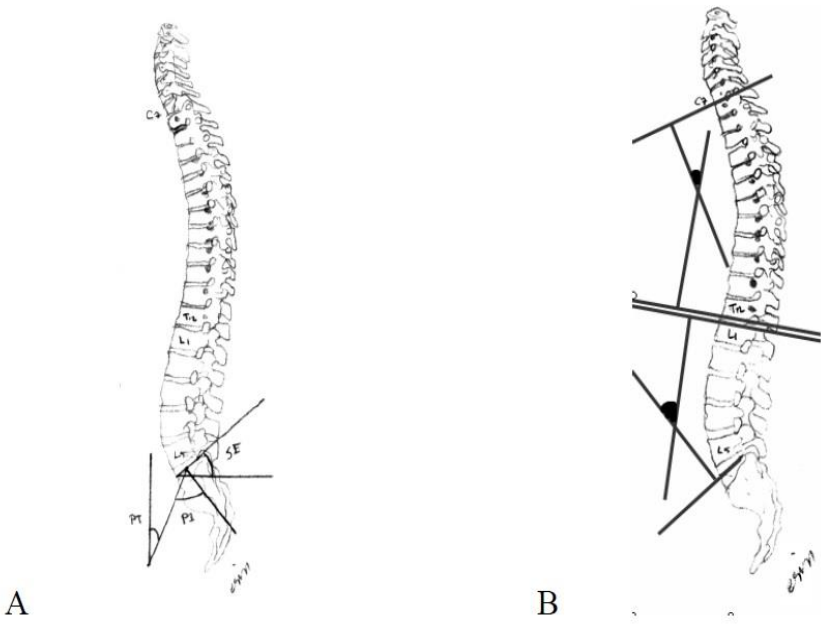
Tüm olguların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası 1. yıllında ön-arka ve yan omurga skolyoz grafilerinde Cobb tekniği kullanılarak sakropelvik ve spinal parametreler olan torakal kifoz açısı (TKA), lomber lordoz açısı (LLA), Sagittal vertikal axis (SVA) ve pelvik denge parametreleri; sakral slop (SS), pelvik tilt (PT), pelvik insidans (Pİ), diz fleksiyon açısı (DFA) ölçüldü (54, 55). Bu ölçümler spinal cerrahlar ve radyoloji uzmanları tarafından değerlendirildi.

Omurganın sağlıklı olarak görüntülenmesini sağlamak için grafiler, hastalar ayakta dik pozisyonda dururken, kollar 45˚ fleksiyonda iken, parmaklar klavikula hizasında iken çekildi. Görüntülemeler sırasında hastalara dik durmaları ve dümdüz karşıya bakması söylendi (53).

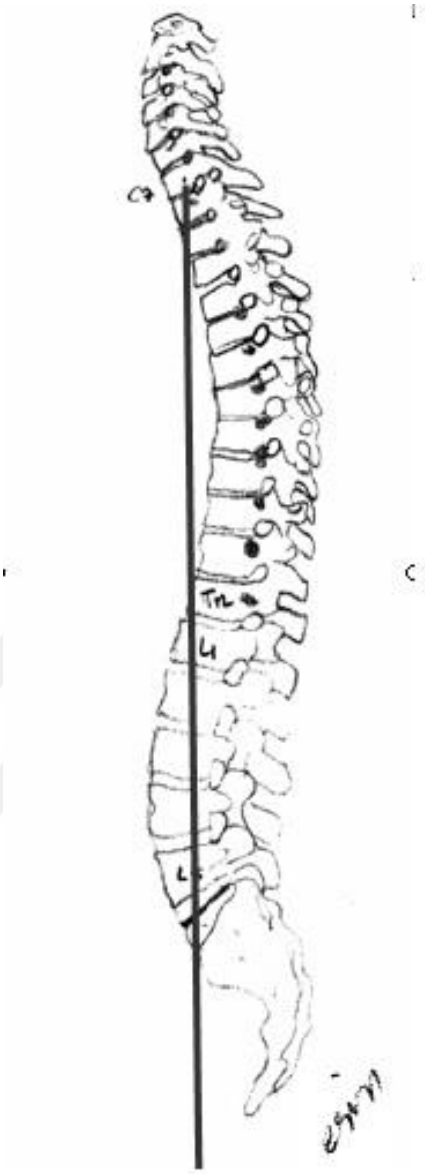
Ölçümler Surgimap 2.3.2.1 (© Nemaris Inc.) sürümü ve Sectra Workstation IDS7 24.1.2. (© Sectra AB Inc.) versiyonu kullanılarak yapıldı.

Çekilen radyogramlarda şu parametreler ölçüldü;

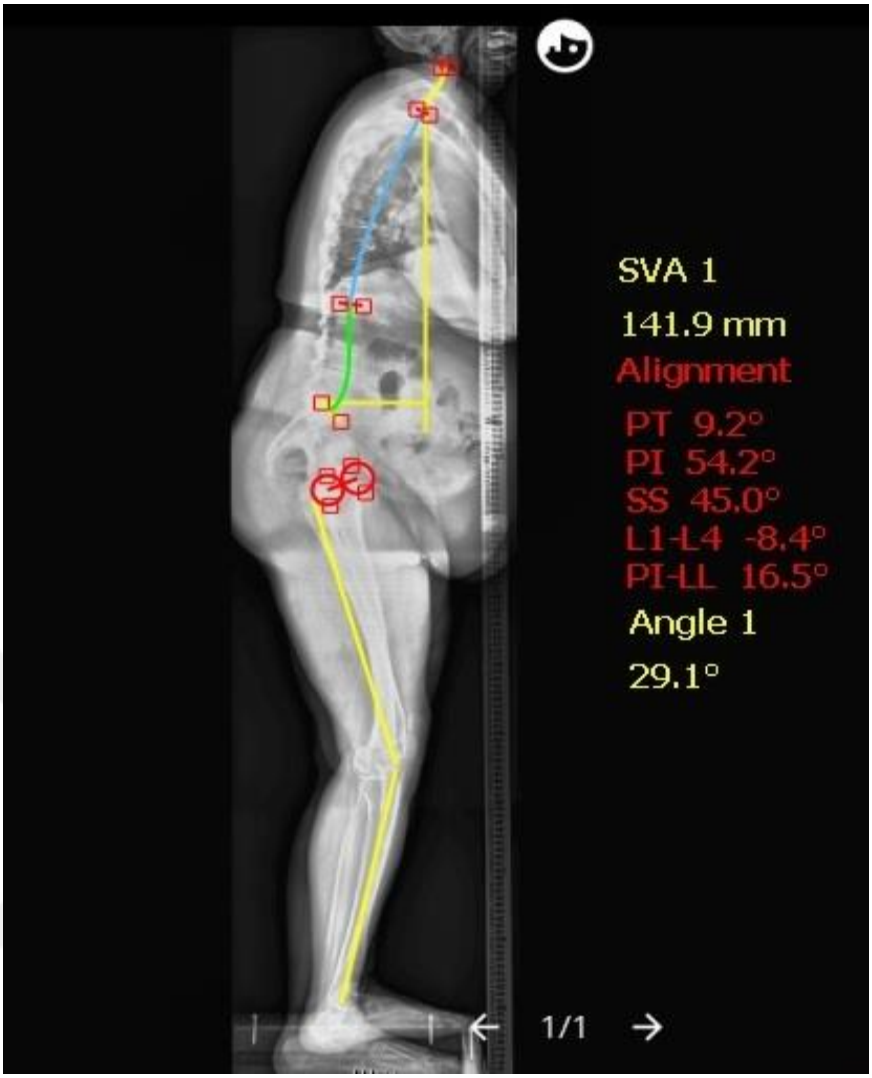
- Sagittal vertikal aks (SVA): C7 nin ortasından dik olarak çizilen çizginin sakrum arka üst endplate ile arasındaki mesafedir (Şekil 3.2). Sakrum üst plağının arka ucu önünde ölçülen mesafe pozitif, arkasında ölçülenlere negatif değer verildi.
- Lomber lordoz açısı (LLA): Sagittal planda L1 üst plağı ile S1 üst plağına çizilen teğet çizgiler arasındaki açıdır.
- Sakral Slop (SS): Sakrum üst plağına teğet çizilen çizgi ile yere paralel çizilen çizgi arasındaki açıdır.
- Pelvik tilt (PT): Sakrum üst plak orta noktasından her iki femur başı merkezlerini birleştiren çizginin orta noktasına çizilen çizgi ile yere dik çizilen çizgi arasındaki açıdır.
- Diz Fleksiyon açısı (DFA): Femur ve Tibia düzlemlerinin oluşturduğu açıdır.
- Pelvik insidans (Pİ): Sakrum üst plak orta noktasından her iki femur başı merkezlerini birleştiren çizginin orta noktasına çizilen çizgi ile sakrum ortasına dik çizilen çizgi arasındaki açıdır (Şekil 3.1A)



Şekil 3.1: A: Pelvik uyum parametreleri (SS: sakral slop, PT: pelvik tilt, Pİ: pelvik insidans), B: Sagittal uyum parametreleri (torakal kifoz ve lomber lordoz açıları).



Şekil 3.2: Sagittal vertikal aks (SVA)



Şekil 3.3: Surgimap kullanılarak yapılan tüm vücut lateral grafi örneği

Tablo 6: Sagittal balans parametrelerinin ortalama değerleri (ve standart sapmaları) (52)

Parametreler	Ortalama (°)	Standart sapma (°)
Pelvik insidans	53.4	11
Sakral Slope	41.7	8.2
Pelvik tilt	12	6.7
Lumbar lordoz	60.9	10.5

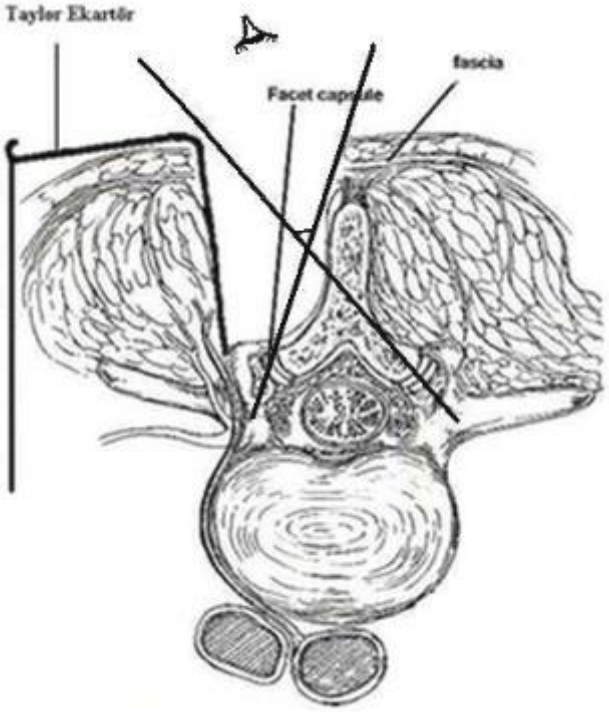
3.2. Hasta grupları

Sagittal imbalans derecesine göre hastalar 3 gruba ayrıldı. Genel olarak dengeyi tanımlamak için preopatif grafilerdeki SVA değerleri kullanıldı (56, 57). SVA ölçümlerindeki eşik değeri olan 50 mm daha önce yapılmış diğer spinal deformitelerle

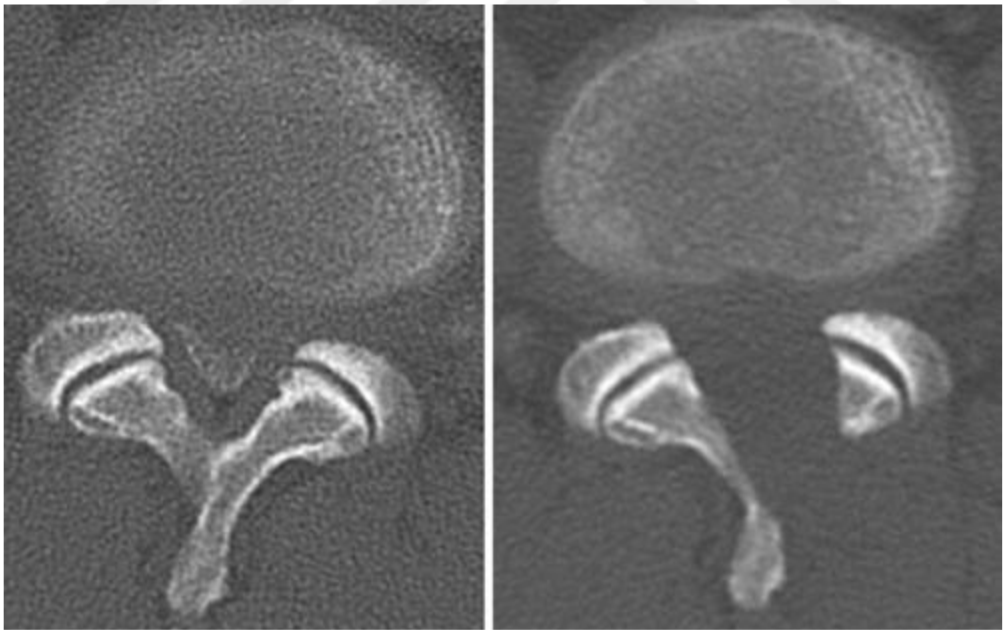
alakalı olan çalışmalara göre baz alındı (58). İlk grup (Grup 1) SVA değeri <50 mm olan normal sagittal balanslı hastalardan, ikinci grup (Grup 2) SVA değeri ≥50 mm ve <100 mm olan minör sagittal imbalansı olan hastalardan, üçüncü grup ise (Grup 3) SVA değeri ≥100 mm olan majör sagittal imbalansı olan hastalardan oluşmaktadır. Radyolojik parametreleri ve klinik sonuçlarını bu gruplara göre karşılaştırdık (97).

3.3. Cerrahi İşlem

Tüm ameliyatlar genel anestezi altında ve prone pozisyonunda uygulandı. Hastanın yakınmalarının baskın olduğu taraftan, taraf bulgusu olmayan hastalarda ise lomber BT veya MR görüntülerinde stenozun fazla olduğu taraftan dekompresyon yapılacak mesafe sayısına göre yaklaşık 2-3 cm lik orta hat cilt insizyonu ile girildi. Cilt altı dekole edilerek bu insizyon ile sadece üzerindeki mesafenin değil bir alt ve bir üst mesafenin de eksprolasyonu sağlandı. Lumbosakral fasya orta hattan açıldı. Paravertebral adaleler subperiostal sıyrıldıktan sonra dekompresyon uygulacak mesafenin faset eklemine Williams veya Taylor ekortör koyularak paravertebral kaslar ekartör altına alınmış oldu. Taylor ekartör kullanılacaksa, ekartöre 500 gr – 1 kg ağırlık asılır (pratik olarak 1000 cc lik sf asılarak sağlanır). Sahaya mikroskop çekilerek ve yüksek devirli tur kullanılarak mesafeye geniş fenestrasyon ve foraminotomi işlemi yapıldı. Hipertrofik ligamentum flavum Kerrison ronjör kullanılarak eksize edildi ve lateral reses, faset eklemi korunacak şekilde kısmi mezial fasetektomi yapılarak alttan Kerrison ve yüksek devirli tur kullanılarak açıldı. Daha sonra ameliyat masası karşı tarafa yatırılıp mikroskobun açısı karşıya bakacak şekilde değiştirildi. Sonuçta bu manevralar ile yaklaşık 60 – 70 derecelik bir açı sağlanmış olur. Böylece karşı taraf için çok iyi bir görüntü elde edilir. Kerrison ronjör ile karşı tarafın tekal sak ve pedikül kenarına kadar ligamentum flavum eksize edildi. Spinör çıkıntının altı yüksek devirli tur ve eğri Kerrison ronjör ile alındı. Böylelikle karşı foramen ve lateral resesler mikroskop altında görülür hale geldi. Aynı şekilde karşı tarafa da fenestrasyon ve foraminotomi yapılarak dekompresyon sağlanmış oldu (Şekil 3.4). Gerekirse aynı işlem bir üst ve bir alt mesafeye de uygulanabilir. Yeterli görülür ise hemiparsiyel laminektomi ile yetinilmeli, sadece gerekli olan olgularda hemilaminektomi uygulandı. Bu şekilde her iki tarafın da dekompresyonu mikroskop altında yapılarak ameliyat sonlandırıldı (Şekil 3.5).



Şekil 3.4: Tek taraftan yaklaşımla bilateral mikrodekompresyon tekniği



Şekil 3.5: Preoperatif (A) ve Postoperatif (B) aksiyal CT görüntülemeleri. Lumbar spinal kanal dekomprese edilen taraf ve karşı taraf olmak üzere belirgin bir şekilde dekomprese edilmiştir.

3.4. İstatistiksel incelemeler

İstatistiksel analizler SPSS (IBM SPSS Statistics 24) adlı paket program kullanılarak yapılmıştır. Bulguların yorumlanmasında frekans tabloları ve tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır.

Normal dağılıma uygun ölçüm değerleri için parametrik yöntemler kullanılmıştır. Parametrik yöntemlere uygun şekilde, iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Paired Sample" test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında "ANOVA" test (F-tablo değeri) yöntemi kullanılmıştır.

Normal dağılıma uygun olmayan ölçüm değerleri için parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Parametrik olmayan yöntemlere uygun şekilde, iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Wilcoxon" test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında "Kruskal-Wallis H" test (χ^2-tablo değeri) yöntemi kullanılmıştır.

İki nitel değişkenin birbiriyle ilişkilerinin incelenmesinde "Pearson-χ^2 çapraz tabloları" kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Hastaların Ölçüm Sonuçları

Hastaların preop ve postop klinik parametreleri (VAS-Bel, VAS-Bacak, ZCQ-SS, ZCQ-FF) ve radyolojik parametreleri (SVA, Pelvik tilt (PT), Pelvik insidans (PI), Sakral slop (SS), Lomber lordoz (LL), PI-LL, Diz fleksiyon açısı (DFA)) karşılaştırılmalı olarak tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 7: SVA <50mm olan hastaların demografik verileri, preop ve postop VAS sonuçları

Hasta Adı	Tanısı	Yaş	Cinsiyet	Preop VAS - Bel	Preop VAS - Bacak	Postop VAS - Bel	Postop VAS - Bacak
A.S.	L4-L5	65	E	10p	9p	1p	1p
M.G.	L3-4, L4-L5	69	E	10p	10p	1p	1p
H.B.	L4-L5	55	K	10p	10p	3p	1p
E.C.	L4-L5	75	K	9p	10p	2p	1p
C.S.	L3-L4, L4-L5, L5-S1	63	K	10p	10p	2p	1p
Y.K.	L3-4, L4-L5	66	K	10p	10p	1p	1p
E.K.	L4-L5	50	K	10p	10p	3p	1p
M.S.	L3-4, L4-L5	55	K	9p	10p	2p	1p
M.Y.	L4-L5	57	E	8p	10p	1p	1p
M.B.	L4-L5	67	E	9p	10p	3p	1p
B.A.T.	L3-4, L4-L5	49	E	8p	8p	2p	1p
P.B.	L3-4, L4-L5	54	E	9p	10p	3p	1p
M.S.	L4-L5	56	E	9p	10p	4p	2p
M.E.	L3-L4	65	K	8p	10p	1p	4p
A.T.	L4-L5	61	K	10p	10p	2p	2p
E.A.	L2-L3, L3-4, L4-L5	63	E	10p	10p	1p	1p
M.Y.	L4-L5	47	E	10p	8p	1p	1p

Tablo 8: SVA <50mm olan hastaların preop ve postop ZCQ sonuçları

Hasta Adı	Preop ZCQ - SS	Preop ZCQ - FF	Preop ZCQ	Postop ZCQ - SS	Postop ZCQ - FF	Postop ZCQ
A.S.	25p	13p	38p	9p	6p	15p
M.G.	30p	15p	45p	7p	5p	12p
H.B.	35p	17p	52p	8p	7p	15p
E.C.	35p	16p	51p	7p	6p	13p
C.S.	35p	19p	54p	8p	7p	15p
Y.K.	25p	12p	37p	7p	5p	12p
E.K.	32p	17p	49p	10p	7p	17p
M.S.	35p	17p	52p	8p	7p	15p
M.Y.	33p	17p	50p	7p	5p	12p
M.B.	30p	14p	44p	8p	7p	15p
B.A.T.	32p	14p	46p	7p	5p	12p
P.B.	27p	15p	42p	10p	7p	17p
M.S.	27p	16p	43p	12p	7p	19p
M.E.	27p	17p	44p	12p	8p	20p
A.T.	33p	15p	48p	11p	7p	18p
E.A.	33p	15p	48p	7p	5p	12p
M.Y.	32p	18p	50p	7p	5p	12p

Tablo 9: SVA <50mm olan hastaların preop sagittal balans parametreler

Hasta Adı	Preop SVA	Preop Pelvik Tilt	Preop Pelvik İnsidans	Preop Sakral Slop	Preop Lomber Lordoz	Preop PI-LL	Preop Diz Fleksiyon Açısı
A.S.	34.7 mm	23.4	81.6	58.2	-22.3	13.1	7.2
M.G.	12.9 mm	29.4	65.2	35.8	-37.3	5.7	20.7
H.B.	43.5 mm	12.9	40	27.1	-1	2.2	16.4
E.C.	13 mm	8.7	56	47.3	-29.4	-18.7	3
C.S.	12.9 mm	26.4	57.8	31.4	-23.3	12.1	21.7
Y.K.	37.8 mm	11.4	44.1	32.7	-25.4	-6.3	6.6
E.K.	-69.8 mm	25.7	58.6	32.9	-26.6	1.9	10.4
M.S.	15.5 mm	37.2	64.1	27	-22.3	31.6	9.2
M.Y.	13.2 mm	17.6	40.4	22.8	-15.7	-6.7	10.2
M.B.	30 mm	21	46.3	25.3	-8.8	11.7	20
B.A.T.	-43.1 mm	9.4	40	30.5	-22.7	-11.4	11.1
P.B.	27.1 mm	17.4	43.6	26.2	-15.1	0.1	19.8
M.S.	46 mm	16.1	37.4	21.3	-3	7.6	10
M.E.	15.9 mm	9	26.5	17.5	11.9	6.5	32.6
A.T.	6.3 mm	9.5	39.1	29.6	-19.7	-12.5	13.3
E.A.	21.1 mm	14.1	36.2	22.1	4.7	16	7.7
M.Y.	39.9 mm	30.1	75.1	45	-20.4	28.5	4.4

Tablo 10: SVA <50mm olan hastaların postop sagittal balans parametreleri

Hasta Adı	Postop SVA	Postop Pelvik Tilt	Postop Pelvik İnsidans	Postop Sakral Slop	Postop Lomber Lordoz	Postop PI-LL	Postop Diz Fleksiyon Açısı
A.S.	8.2 mm	17.6	63.2	45.7	-7.1	10.9	4.9
M.G.	10 mm	13.4	53.2	39.8	-40.4	-10	13.7
H.B.	42 mm	9.9	43.8	33.9	-0.3	2	11.6
E.C.	13.9 mm	12	59.3	47.3	-32	-11.8	6
C.S.	-11.9 mm	20.7	57.1	36.3	-18.2	10.5	8.2
Y.K.	-26.1 mm	15.1	54.4	39.2	-45.2	-21.9	2.7
E.K.	-25.4 mm	20.9	68.5	47.6	-32.9	-4.4	11.7
M.S.	43 mm	13.5	35.3	21.8	-16.5	0.7	12.6
M.Y.	10 mm	15	38	23	-20	-6	8
M.B.	15.6 mm	16.7	38.5	21.8	-22.6	-6.2	10.4
B.A.T.	26.7 mm	4.8	34.8	30	-23.6	-15	2.9
P.B.	54,1 mm	19.2	56.9	37.6	-17.8	3.3	14
M.S.	10 mm	16.8	33.7	16.9	-5.8	2.2	4.7
M.E.	-19.9 mm	15.8	43.8	28	10.1	5.7	13.3
A.T.	3 mm	12.3	37.5	25.2	-26.6	-14.3	8
E.A.	21.7 mm	15.9	38.1	22.1	-0.9	14.1	4.3
M.Y.	3.3 mm	6.1	33.3	27.2	-21.5	-13.8	5.2

Tablo 11: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların demografik verileri, preop ve postop VAS sonuçları

Hasta Adı	Tanısı	Yaş	Cinsiyet	Preop VAS - Bel	Preop VAS - Bacak	Postop VAS - Bel	Postop VAS - Bacak
S.A.	L4-L5	49	K	9p	10p	4p	4p
H.A.	L3-4, L5-S1	61	K	10p	10p	1p	1p
C.S.	L4-L5, L5-S1	53	E	9p	8p	2p	3p
S.K.	L3-4, L4-L5	71	K	10p	10p	3p	2p
F.E.	L2-L3, L3-4, L4-L5	63	E	9p	10p	2p	1p
İ.E.	L4-L5	66	E	9p	10p	1p	1p
M.Ç.	L4-L5	58	K	9p	8p	2p	2p
G.K.	L4-L5	64	K	8p	7p	2p	1p
H.B.	L4-L5, L5-S1	72	E	9p	10p	3p	2p
K.Ş.	L4-L5, L5-S1	62	K	8p	8p	2p	2p
A.A.	L4-L5	71	K	9p	9p	2p	2p
S.H.Ç.	L2-L3, L3-4	71	E	10p	9p	2p	1p
S.Ö.	L4-L5, L5-S1	56	E	10p	9p	2p	1p

Tablo 12: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların preop ve postop ZCQ sonuçları

Hasta Adı	Preop ZCQ - SS	Preop ZCQ - FF	Preop ZCQ	Postop ZCQ - SS	Postop ZCQ - FF	Postop ZCQ
S.A.	27p	15p	42p	14p	10p	24p
H.A.	33p	17p	50p	7p	5p	12p
C.S.	27p	15p	42p	11p	7p	18p
S.K.	33p	17p	50p	12p	8p	20p
F.E.	27p	15p	42p	8p	7p	15p
İ.E.	27p	15p	42p	7p	5p	12p
M.Ç.	35p	17p	52p	8p	5p	13p
G.K.	33p	15p	48p	8p	6p	14p
H.B.	25p	13p	38p	8p	6p	14p
K.Ş.	35p	18p	53p	8p	7p	15p
A.A.	33p	17p	50p	9p	6p	16p
S.H.Ç.	30p	15p	45p	7p	5p	12p
S.Ö.	32p	17p	49p	9p	6p	15p

Tablo 13: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların preop sagittal balans parametreleri

Hasta Adı	Preop SVA	Preop Pelvik Tilt	Preop Pelvik İnsidans	Preop Sakral Slop	Preop Lomber Lordoz	Preop PI-LL	Preop Diz Fleksiyon Açısı
S.A.	71.6 mm	15.3	43.4	28.1	-20.1	9.9	23.1
H.A.	81.2 mm	19.9	68.8	48.9	-30.7	8	30.6
C.S.	70 mm	14.9	16.5	1.6	-4.9	8.6	27.4
S.K.	59.8 mm	23.2	49	25.9	-19.1	15.6	3.9
F.E.	54 mm	3.9	31.4	27.4	-25	-17.7	16.6
İ.E.	54.3 mm	15.2	55.0	39.8	-20.5	3.1	19.08
M.Ç.	60 mm	29.3	76	46.7	-34.3	10.9	9.5
G.K.	92.3 mm	26.5	49.9	23.4	-8.0	26.5	32.4
H.B.	85 mm	19	53.4	34.4	-4.3	14.7	15
K.Ş.	84 mm	18	48	30	-22.3	16.7	17.7
A.A.	78.2 mm	15.9	58.9	43	-18.5	6.9	19.6
S.H.Ç.	78.4 mm	32.4	46.6	14.2	-4.6	30.1	22.1
S.Ö.	57.8 mm	16.8	51.5	34.7	-0.8	13	20.4

Tablo 14: SVA ≥50 mm, <100 mm olan hastaların postop sagittal balans parametreleri

Hasta Adı	Postop SVA	Postop Pelvik Tilt	Postop Pelvik İnsidans	Postop Sakral Slop	Postop Lomber Lordoz	Postop PI-LL	Postop Diz Fleksiyon Açısı
S.A.	50.7 mm	18.9	46.7	27.8	-20.2	11.6	9.4
H.A.	72.5 mm	21.2	56.7	35.4	-24.6	11.2	20.6
C.S.	-25.9 mm	13.3	24.9	11.6	-5.2	-4	10.8
S.K.	29.4 mm	22	45.7	23.7	-20.2	3.6	5.3
F.E.	9.2 mm	4.8	39.4	34.6	-24.5	-16.1	10.6
İ.E.	51.2 mm	9.7	41.4	31.7	-10.2	0.4	11.3
M.Ç.	38.3 mm	26.5	74.7	48.1	-32.6	7	5.3
G.K.	91.9 mm	10.8	34.6	23.8	-1.1	12	5
H.B.	75.4 mm	15	47.6	32.6	-10.4	4.4	10.1
K.Ş.	42 mm	16.8	53.3	36.5	-17.1	8	19.2
A.A.	25.2 mm	21.7	54.9	33.2	-35.9	-2.4	8.3
S.H.Ç.	84.8 mm	28.7	38.3	9.6	-9.8	21.4	4.7
S.Ö.	21.7 mm	14.5	37.9	23.4	-7.1	5.8	7.7

Tablo 15: SVA ≥100 mm olan hastaların demografik verileri, preop ve postop VAS sonuçları

Hasta Adı	Tanısı	Yaş	Cinsiyet	Preop VAS - Bel	Preop VAS - Bacak	Postop VAS - Bel	Postop VAS - Bacak
T.A.A.	L3-4, L4-L5	60	E	8p	10p	7p	6p
Ş.B.	L3-L4	55	E	9p	10p	2p	1p
C.D.	L4-L5	72	K	9p	10p	1p	1p
N.Ö.	L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1	67	K	9p	10p	4p	3p
A.G.	L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1	68	K	9p	10p	3p	1p
Ş.A.	L3-L4, L4-L5, L5-S1	72	K	10p	7p	3p	2p
M.Ö.	L2-L3, L3-4, L4-L5	72	E	8p	7p	2p	1p
D.Ö.	L3-4, L4-L5	73	K	9p	9p	3p	2p
O.N.G.	L3-4, L4-L5	80	E	10p	10p	7p	6p
Ş.Ç.	L2-L3, L3-4, L4-L5	62	E	10p	9p	3p	3p
A.K.	L3-4, L4-L5	63	E	7p	10p	2p	1p

Tablo 16: SVA ≥100 mm olan hastaların preop ve postop ZCQ sonuçları

Hasta Adı	ZCQ Preop - SS	Preop ZCQ - FF	Preop ZCQ	Postop ZCQ - SS	Postop ZCQ - FF	Postop ZCQ
T.A.A.	27p	15p	42p	14p	9p	23p
Ş.B.	29p	15p	44p	7p	5p	12p
C.D.	29p	15p	44p	7p	6p	13p
N.Ö.	35p	19p	54p	12p	8p	20p
A.G.	34p	18p	52p	10p	7p	17p
Ş.A.	35p	17p	52p	11p	7p	18p
M.Ö.	30p	18p	48p	10p	7p	17p
D.Ö.	35p	15p	50p	10p	8p	18p
O.N.G.	35p	20p	55p	15p	10p	25p
Ş.Ç.	35p	19p	54p	12p	8p	20p
A.K.	33p	15p	48p	8p	6p	14p

Tablo 17: SVA ≥100 mm olan hastaların preop sagittal balans parametreleri

Hasta Adı	Preop SVA	Preop Pelvik Tilt	Preop Pelvik İnsidans	Preop Sakral Slop	Preop Lomber Lordoz	Preop PI-LL	Preop Diz Fleksiyon Açısı
T.A.A.	134.2 mm	15.7	35	19.2	-2.9	22.1	9.9
Ş.B.	107.3 mm	20.7	50.8	30.2	-22.1	11	31.6
C.D.	141 mm	9.2	54.2	45	-8.4	16.5	29.1
N.Ö.	140 mm	30	49.2	19.3	-5.9	31.3	34.5
A.G.	118.6 mm	25.4	65.8	40.4	-9.3	25.4	20.1
Ş.A.	119.7 mm	18.5	61.5	42.9	-31.1	6	33.1
M.Ö.	191.5 mm	17.9	51.3	33.5	-4	27.2	17.2
D.Ö.	100.9 mm	19.4	51.7	32.3	19.2	9.9	17.1
O.N.G.	101.0 mm	10.5	51.6	41.1	-27.4	5.8	37.1
Ş.Ç.	234 mm	27.7	52.4	24.7	-3.1	26.6	28.7
A.K.	155.8 mm	4.6	33.2	28.5	2.5	10.4	17.2

Tablo 18: SVA ≥100 mm olan hastaların postop sagittal balans parametreleri

Hasta Adı	Postop SVA	Postop Pelvik Tilt	Postop Pelvik İnsidans	Postop Sakral Slop	Postop Lomber Lordoz	Postop PI-LL	Postop Diz Fleksiyon Açısı
T.A.A.	2.7 mm	7.4	29.2	21.8	-16.2	-8.9	10
Ş.B.	38.3 mm	14.1	52.3	38.2	-23.8	2.2	11.3
C.D.	90.8 mm	4.9	38.3	33.4	-12.3	1.4	11.6
N.Ö.	139.1 mm	18.6	33.8	15.3	5.7	41.6	13.4
A.G.	-11.2 mm	13.3	48.7	35.4	-20	-6	7
Ş.A.	32.2 mm	3.5	45.7	42.3	-38.5	-21.2	10.8
M.Ö.	38.9 mm	24.4	41.5	17	-8.7	6.6	19.9
D.Ö.	109.3 mm	19.8	52	32.2	-9.7	15.6	11.8
O.N.G.	119 mm	14.2	63.7	49.5	-20ç4	6.8	14.6
Ş.Ç.	172.6 mm	31.5	56.9	25.4	-5.5	39	26.5
A.K.	-26.5 mm	12.6	43.2	30.6	-5.4	-4.9	5.3

4.2. İstatistiksel analiz

Tablo 19: Çalışmaya ilişkin genel bulguların dağılımı

Değişken (N=41)	**n**	**%**
Yaş sınıfları [$\bar{X} \pm$ S.S.→62,88±7,96 (yıl)]		
≤54	6	14,6
55-64	17	41,5
≥65	18	43,9
Hasta tanısı*		
L2-L3	7	17,1
L3-L4	22	53,7
L4-L5	37	90,2
L5-S1	9	22,0
Cinsiyet		
Kadın	20	48,8
Erkek	21	51,2
Grup		
SVA <50 mm.	17	41,5
50 mm. ≤ SVA <100 mm.	13	31,7
SVA ≥ 100 mm.	11	26,8

Hastaların yaş ortalamasının 62,88±7,96 (yıl) olduğu tespit edilmiş ve 18'inin (%43,9) ≥65 yaş grubunda olduğu belirlenmiştir. 37 hastada (%90,2) L4-L5 dar kanal olduğu, 21'inin (%51,2) erkek olduğu ve 17'sinin (%41,5) SVA <50 mm. grubunda olduğu belirlenmiştir.

Tablo 20: Preop – Postop ölçüm parametrelerinin karşılaştırılması

Değişken	Preop		Postop		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	
VAS (bel)	9,17±0,80	9,0 [7,0-10,0]	2,39±1,37	2,0 [1,0-7,0]	Z=-5,617 **p=0,001**
VAS (bacak)	9,39±0,97	10,0 [7,0-10,0]	1,76±1,28	1,0 [1,0-6,0]	Z=-5,644 **p=0,001**
ZCQ (ss)	31,22±3,42	32,0 [25,0-35,0]	9,19±2,26	8,0 [7,0-15,0]	Z=-5,584 **p=0,001**
ZCQ (ff)	16,07±1,78	16,0 [12,0-20,0]	6,59±1,34	7,0 [5,0-10,0]	Z=-5,600 **p=0,001**
ZCQ	47,29±4,81	48,0 [37,0-55,0]	15,80±3,51	15,0 [12,0-25,0]	Z=-5,586 **p=0,001**
SVA	66,52±58,81	59,8 [(-69,8)-234,0]	35,34±46,11	26,7 [(-26,5)-172,0]	Z=-3,693 **p=0,001**
Pelvik tilt	18,76±7,88	17,9 [3,9-37,2]	15,46±6,41	15,0 [3,5-31,5]	t=2,776 **p=0,008**
Pelvik insidans	50,17±13,44	50,8 [16,5-81,6]	46,12±11,22	43,8 [24,9-74,7]	t=2,178 **p=0,035**
Sakral slop	31,41±10,79	30,2 [1,6-58,2]	30,64±10,03	31,7 [9,6-49,5]	t=0,633 **p=0,531**
Lomber Lordoz	-14,19±12,88	-17,5 [(-37,3)-19,2]	-16,95±12,58	-18,5 [(-45,2)-10,1]	t=2,095 **p=0,043**
PI LL	10,24±12,80	10,4 [(-18,7)-31,6]	1,98±13,47	2,2 [(-21,9)-41,6]	Z=-3,855 **p=0,001**
Diz fleksiyon açısı	18,47±9,32	17,7 [3,0-37,1]	10,07±5,10	10,1 [2,7-26,5]	Z=-4,989 **p=0,001**

*****Normal dağılıma sahip olan iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Paired Sample" test (t-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Wilcoxon" test (Z-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

Preop – Postop VAS (bel), VAS (bacak), ZCQ (ss), ZCQ (ff), ZCQ, SVA, Pelvik tilt Pelvik insidans, Lomber Lordoz, PI LL ve diz fleksiyon açısı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Postop VAS (bel), VAS (bacak), ZCQ (ss), ZCQ (ff), ZCQ, SVA, Pelvik tilt Pelvik insidans, Lomber Lordoz, PI LL ve diz fleksiyon açısı değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

Preop – Postop Sakral slop değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($p>0,05$).

Tablo 21: Bazı parametrelerin grup içi ve gruplar arası değerlerin karşılaştırılması

Grup	SVA <50 (n=17) (1)		50 ≤ SVA < 100 (2)		SVA ≥ 100 (3)		İstatistiksel
Değişken	$\overline{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\overline{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\overline{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	analiz* Olasılık
VAS (bel)							
Preop	9,35±0,79	10,0 [8,0-10,0]	9,15±0,69	9,0 [8,0-10,0]	8,91±0,94	9,0 [7,0-10,0]	χ^2=1,873 p=0,392
Postop	1,94±0,97	2,0 [1,0-4,0]	2,15±0,80	2,0 [1,0-4,0]	3,36±1,96	3,0 [1,0-7,0]	χ^2=5,737 p=0,057
Analiz	Z=-3,652		Z=-3,207		Z=-2,947		
Olasılık	**p=0,000**		**p=0,001**		**p=0,003**		
VAS (bacak)							
Preop	9,71±0,69	10,0 [8,0-10,0]	9,08±1,04	9,0 [7,0-10,0]	9,27±1,19	10,0 [7,0-10,0]	χ^2=3,961 p=0,138
Postop	1,29±0,77	1,0 [1,0-4,0]	1,77±0,92	2,0 [1,0-4,0]	2,45±1,92	2,0 [1,0-6,0]	χ^2=5,593 p=0,061
Analiz	Z=-3,741		Z=-3,203		Z=-2,953		
Olasılık	**p=0,000**		**p=0,001**		**p=0,003**		
ZCQ (ss)							
Preop	30,94±3,54	32,0 [25,0-35,0]	30,54±3,50	32,0 [25,0-35,0]	32,45±3,08	34,0 [27,0-35,0]	χ^2=2,559 p=0,278
Postop	8,52±1,81	8,0 [7,0-12,0]	8,92±2,14	8,0 [7,0-14,0]	10,55±2,62	10,0 [7,0-15,0]	χ^2=4,542 p=0,103
Analiz	Z=-3,627		Z=-3,182		Z=-2,941		
Olasılık	**p=0,000**		**p=0,001**		**p=0,003**		
ZCQ (ff)							
Preop	15,71±1,83	16,0 [12,0-19,0]	15,84±1,40	15,0 [13,0-18,0]	16,91±1,97	17,0 [15,0-20,0]	χ^2=2,547 p=0,280
Postop	6,24±1,03	7,0 [5,0-8,0]	6,38±1,45	6,0 [5,0-10,0]	7,36±1,43	7,0 [5,0-10,0]	χ^2=4,951 p=0,084
Analiz	Z=-3,644		Z=-3,188		Z=-2,956		
Olasılık	**p=0,000**		**p=0,001**		**p=0,003**		
ZCQ							
Preop	46,64±4,88	48,0 [37,0-54,0]	46,38±4,77	48,0 [38,0-53,0]	49,36±4,52	50,0 [42,0-55,0]	F=1,436 p=0,250
Postop	14,76±2,68	15,0 [12,0-20,0]	15,38±3,50	15,0 [12,0-24,0]	17,91±4,01	18,0 [12,0-25,0]	χ^2=4,794 p=0,091
Analiz	Z=-3,625		Z=-3,187		t=23,521		
Olasılık	**p=0,000**		**p=0,001**		**p=0,000**		

Grup (mm.) Değişken	SVA <50 (n=17) (1)		50 ≤ SVA < 100 (2)		SVA ≥ 100 (3)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	
SVA							
Preop	15,11±29,97	15,9 [(-69,8)-46,0]	71,27±12,97	71,6 [54,0-92,3]	140,36±40,93	134,2 [100,9-234,0]	χ^2=35,125 **p=0,000 [1-2,3][2-3]**
Postop	10,48±23,11	10,0 [(-26,1)-54,1]	43,57±32,98	38,9 [(-25,9)-91,9]	64,05±65,58	42,0 [(-26,5)-172,0]	F=6,016 **p=0,005 [1-3]**
Analiz	Z=-0,970		t=3,618		t=3,740		
Olasılık	p=0,332		**p=0,004**		**p=0,004**		

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Paired-Sample" test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında "ANOVA" test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Wilcoxon" test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında "Kruskal-Wallis H" test (χ^2-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

SVA gruplarına göre preop ve postop VAS (bel) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop VAS (bel) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,652; p=0,000). Postop VAS (bel) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop VAS (bel) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,207; p=0,001). Postop VAS (bel) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop VAS (bel) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-2,947; p=0,003). Postop VAS (bel) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA gruplarına göre preop ve postop VAS (bacak) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop VAS (bacak) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,741; p=0,000). Postop VAS (bacak) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop VAS (bacak) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,203; p=0,001). Postop VAS (bacak) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop VAS (bacak) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-

2,953; p=0,003). Postop VAS (bacak) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA gruplarına göre preop ve postop ZCQ (ss) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop ZCQ (ss) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,627; p=0,000). Postop ZCQ (ss) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop ZCQ (ss) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,182; p=0,001). Postop ZCQ (ss) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop ZCQ (ss) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-2,941; p=0,003). Postop ZCQ (ss) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA gruplarına göre preop ve postop ZCQ (ff) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop ZCQ (ff) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,644; p=0,000). Postop ZCQ (ff) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop ZCQ (ff) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,188; p=0,001). Postop ZCQ (ff) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop ZCQ (ff) değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-2,956; p=0,003). Postop ZCQ (ff) değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA gruplarına göre preop ve postop ZCQ değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop ZCQ değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,625; p=0,000). Postop ZCQ değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop

– postop ZCQ değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-3,187; p=0,001). Postop ZCQ değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop ZCQ değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=23,521; p=0,000). Postop ZCQ değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA gruplarına göre preop SVA değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (χ^2=35,125; p=0,000). Anlamlı farkın hangi gruptan kaynaklandığını tespit etmek için yapılan Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalar sonucunda; SVA <50 mm. olanlar ile 50 mm. ≤ SVA <100 mm. ve SVA ≥100 mm. olanlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. ve SVA ≥100 mm. olanların preop SVA değerleri, SVA <50 mm. olanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir. Aynı şekilde, 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlar ile SVA ≥100 mm. olanlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. SVA ≥100 mm. olanların preop SVA değerleri, 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir.

SVA gruplarına göre postop SVA değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (F=6,015; p=0,005). Anlamlı farkın hangi gruptan kaynaklandığını tespit etmek için varyansların homojen olması dikkate alınarak yapılan Tukey ikili karşılaştırmalar sonucunda; SVA <50 mm. olanlar ile SVA ≥100 mm. olanlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. SVA ≥100 mm. olanların postop SVA değerleri, SVA <50 mm. olanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir.

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop SVA değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop SVA değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=3,618; p=0,004). Postop SVA değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop SVA değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=3,740; p=0,004). Postop SVA değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

Tablo 22: Sagittal balans parametrelerin grup içi ve gruplar arası değerlerinin karşılaştırılması

Grup (mm.) Değişken	SVA <50 (n=17) (1)		50 ≤ SVA < 100 (2)		SVA ≥ 100 (3)		İstatistiksel analiz* Olasılık
	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	$\bar{X} \pm S.S.$	Medyan [Min-Max]	
Pelvik tilt							
Preop	18,78±8,68	17,4 [8,7-37,2]	19,25±7,35	18,0 [3,9-32,4]	18,15±7,88	18,5 [4,6-30,0]	F=0,056 p=0,945
Postop	14,45±4,50	15,1 [4,8-20,9]	17,22±6,83	16,8 [4,8-28,7]	14,94±8,36	14,1 [3,5-31,5]	F=0,728 p=0,489
Analiz Olasılık	t=1,976 p=0,066		t=1,417 p=0,182		t=1,317 p=0,217		
Pelvik insidans							
Preop	50,12±15,06	44,1 [26,5-81,6]	49,88±14,93	49,9 [16,5-76,0]	50,61±9,58	51,6 [33,2-65,8]	F=0,009 p=0,991
Postop	46,44±11,62	43,8 [33,3-68,5]	45,85±12,38	45,7 [24,9-74,7]	45,94±10,17	45,7 [29,2-63,7]	χ^2=0,011 p=0,995
Analiz Olasılık	Z=-0,639 p=0,523		t=1,729 p=0,109		t=1,420 p=0,186		
Sakral slop							
Preop	31,34±10,43	29,6 [17,5-58,2]	30,62±13,12	30,0 [1,6-48,9]	32,46±9,13	32,3 [19,2-45,0]	F=0,083 p=0,920
Postop	31,96±9,79	30,0 [16,9-47,6]	28,62±10,39	31,7 [9,6-48,1]	31,01±10,52	32,2 [15,3-49,5]	F=0,408 p=0,668
Analiz Olasılık	t=-0,309 p=0,761		t=0,988 p=0,343		t=0,638 p=0,538		
Lomber Lordoz							
Preop	-16,25±12,98	-20,4 [(-37,3)-11,9]	-16,39±10,83	-19,1 [(-34,3)-(-0,8)]	-8,41±14,24	-5,9 [(-31,1)-19,2]	F=1,559 p=0,223
Postop	-19,90±14,69	-20,0 [(-45,2)-10,1]	-16,84±10,67	-17,1 [(-35,9)-(-1,1)]	-14,07±11,67	-12,3 [(-38,5)-5,7]	F=0,479 p=0,623
Analiz Olasılık	t=1,429 p=0,172		t=0,223 p=0,828		t=1,775 p=0,106		
PI-LL							
Preop	4,79±13,67	5,7 [(-18,7)-31,6]	11,25±11,53	10,9 [(-17,7)-30,1]	17,47±9,34	16,5 [5,8-31,3]	F=3,808 **p=0,031 [1-3]**

Postop	-3,18±10,43	-4,4 [(-21,9)-14,1]	4,84±9,21	5,8 [(-16,1)-21,4]	6,56±19,25	2,2 [(-21,2)-41,6]	F=2,320 p=0,112
Analiz	t=2,561		t=3,984		t=2,229		
Olasılık	**p=0,021**		**p=0,002**		**p=0,049**		
Diz fleksiyon açısı							
Preop	13,19±7,68	10,4 [3,0-32,6]	19,79±7,89	19,6 [3,9-32,4]	25,05±9,01	28,7 [9,9-37,1]	F=7,387 **p=0,002 [1-3]**
Postop	8,36±3,94	8,0 [2,7-14,0]	9,87±5,04	9,4 [4,7-20,6]	12,92±5,90	11,6 [5,3-26,5]	χ^2=4,876 p=0,087
Analiz	t=3,430		Z=-2,970		t=4,233		
Olasılık	**p=0,003**		**p=0,003**		**p=0,002**		

*Normal dağılıma sahip olan verilerde iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Paired-Sample" test (t-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında "ANOVA" test (F-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde iki bağımlı grubun ölçüm değerleriyle karşılaştırılmasında "Wilcoxon" test (Z-tablo değeri); üç veya daha fazla bağımsız grubun karşılaştırılmasında "Kruskal-Wallis H" test (χ^2-tablo değeri) istatistikleri kullanılmıştır.

SVA gruplarına göre preop ve postop Pelvik tilt değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop Pelvik tilt değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop Pelvik tilt değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop Pelvik tilt değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA gruplarına göre preop ve postop Pelvik insidans değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop Pelvik insidans değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop Pelvik insidans değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop Pelvik insidans değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA gruplarına göre preop ve postop Sakral slop değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop Sakral slop değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop Sakral slop değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop Sakral slop değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA gruplarına göre preop ve postop Lomber Lordoz değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop Lomber Lordoz değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop Lomber Lordoz değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05). SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop Lomber Lordoz değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA gruplarına göre preop PI-LL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (F=3,808; p=0,031). Anlamlı farkın hangi gruptan kaynaklandığını tespit etmek için varyansların homojen olması dikkate alınarak yapılan Tukey ikili karşılaştırmalar sonucunda; SVA <50 mm. olanlar ile SVA ≥100 mm. olanlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. SVA ≥100 mm. olanların preop PI-LL değerleri, SVA <50 mm. olanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir.

SVA gruplarına göre postop PI-LL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop PI-LL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=2,561; p=0,021). Postop PI-LL değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop PI-LL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=3,984; p=0,002). Postop PI-LL değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop PI-LL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=2,229; p=0,049). Postop PI-LL değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür.

SVA gruplarına göre preop diz fleksiyon açısı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (F=7,387; p=0,002). Anlamlı farkın hangi gruptan kaynaklandığını tespit etmek için varyansların homojen olması dikkate alınarak yapılan Tukey ikili karşılaştırmalar sonucunda; SVA <50 mm. olanlar ile SVA ≥100 mm. olanlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. SVA ≥100 mm. olanların preop diz fleksiyon açısı değerleri, SVA <50 mm. olanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir.

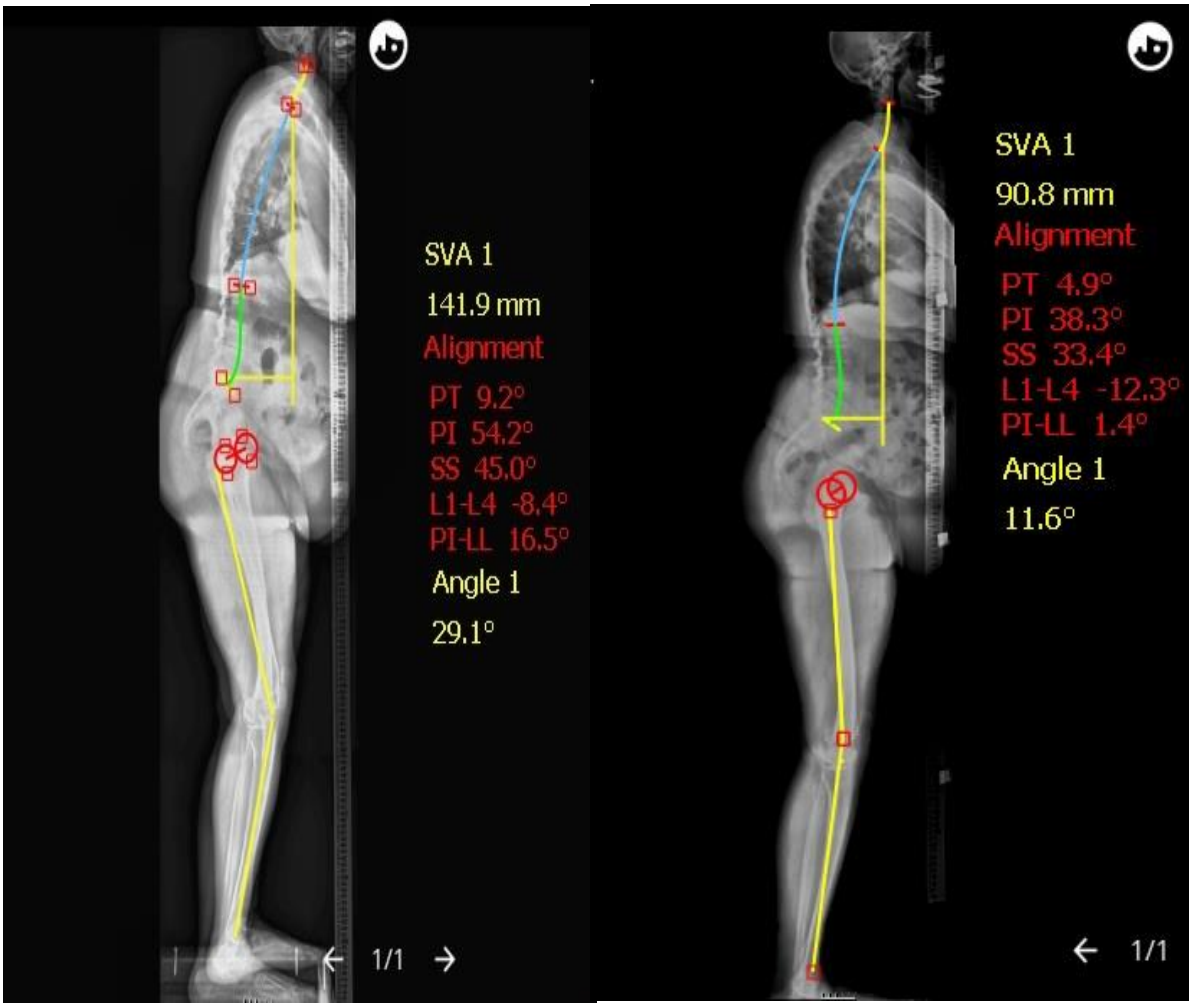
SVA gruplarına göre postop diz fleksiyon açısı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur (p>0,05).

SVA <50 mm. olanlarda preop – postop diz fleksiyon açısı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=3,430; p=0,003). Postop diz fleksiyon açısı değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. 50 mm. ≤ SVA <100 mm. olanlarda preop – postop diz fleksiyon açısı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Z=-2,970; p=0,003). Postop diz fleksiyon açısı değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür. SVA ≥100 mm. olanlarda preop – postop diz fleksiyon açısı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (t=4,233; p=0,002). Postop diz fleksiyon açısı değerleri, preop değerlere göre anlamlı düzeyde daha düşüktür

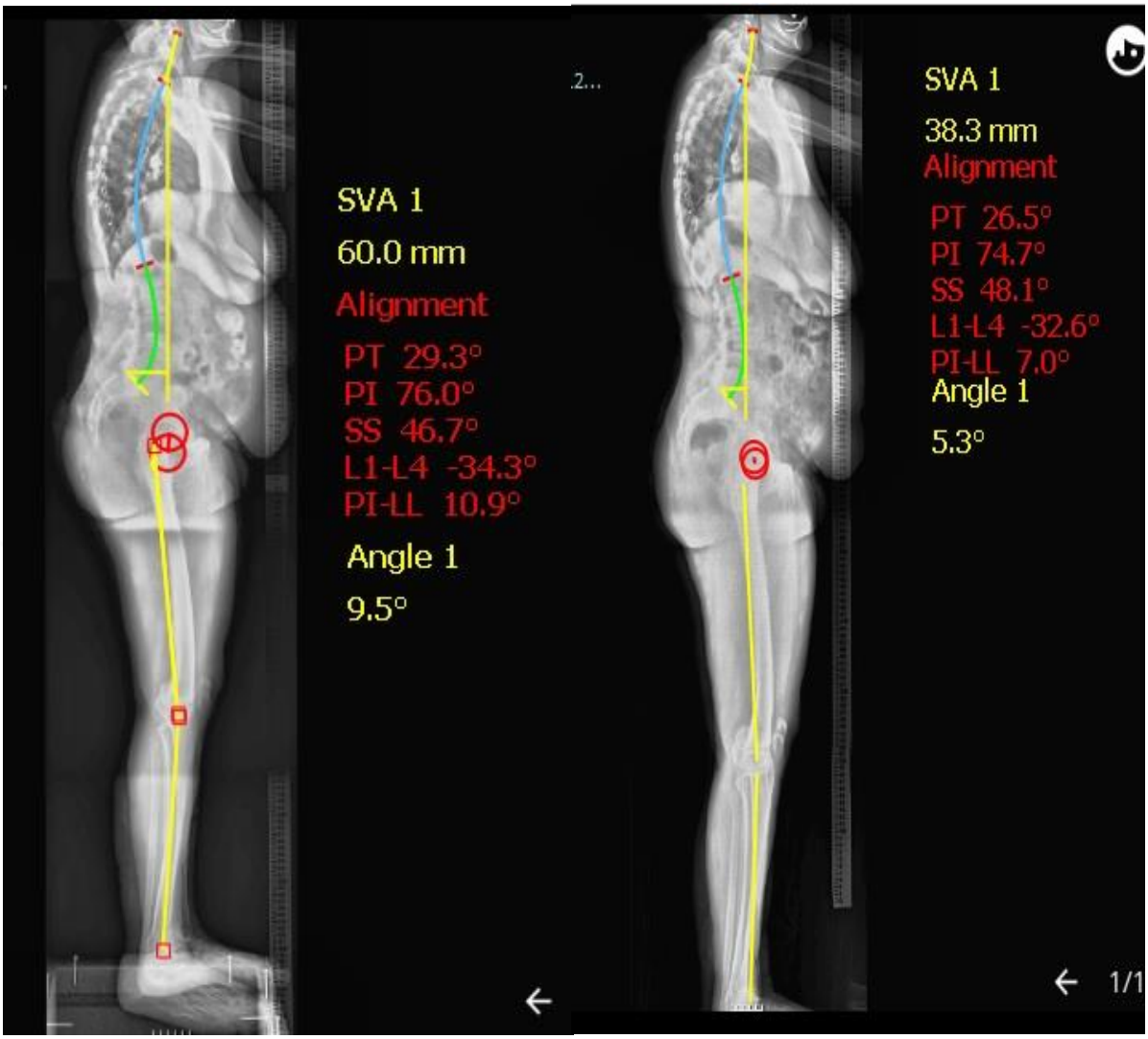
Komplikasyonlar

4 hastamız yara yeri akıntısı nedeniyle takip edilmiş, bu hastalardan biri antibiyotik tedavisi ile birlikte yara yeri yıkaması cerrahisi yapılarak tedavi edilmiş geri kalan 3 hasta antibiyotik ile tedavi edilmiştir. İntraop dura hasarı görülmemiştir. Diğer hastalarımızda komplikasyon gözlenmedi.

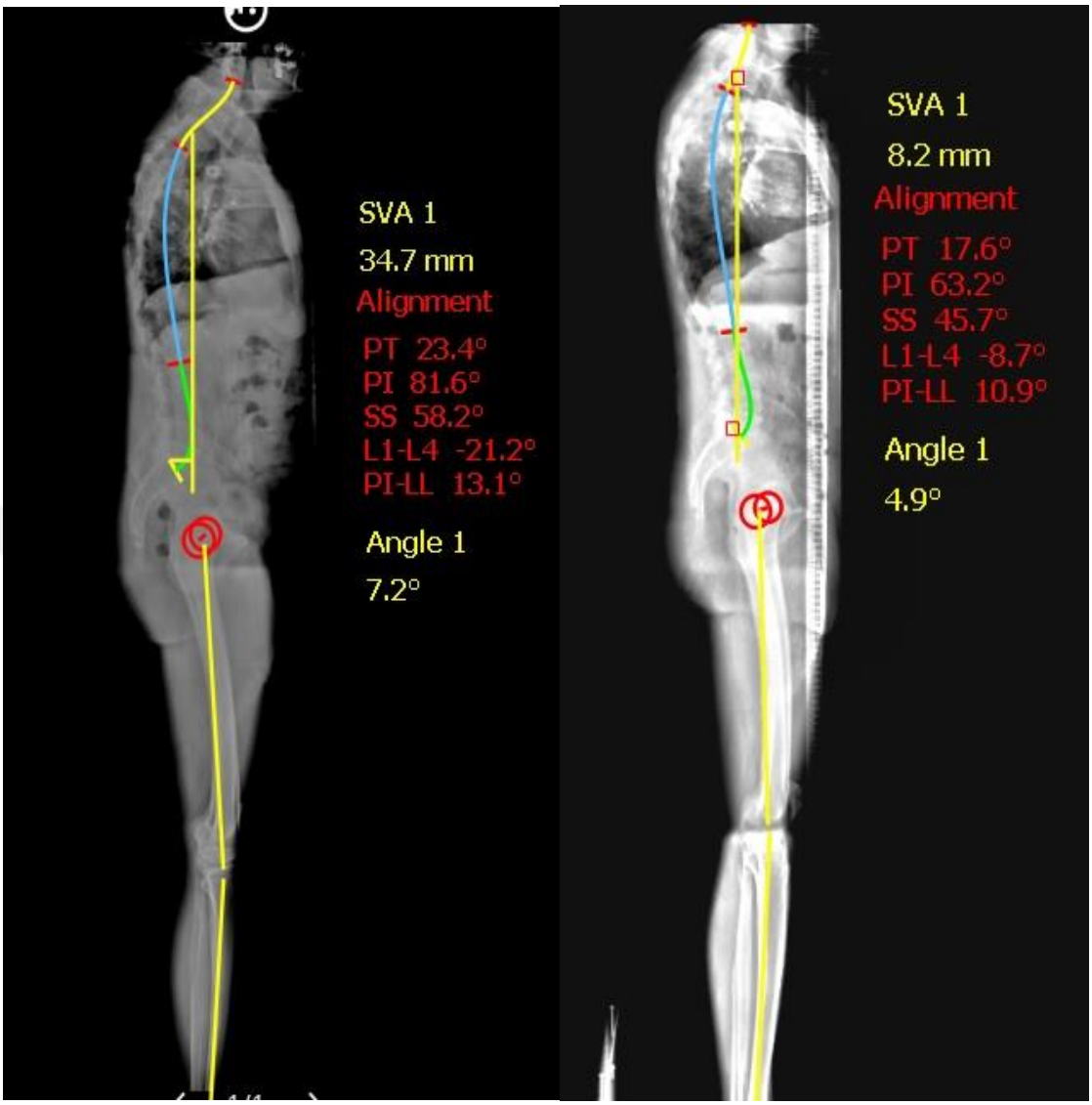
4.3. Olgu örnekleri



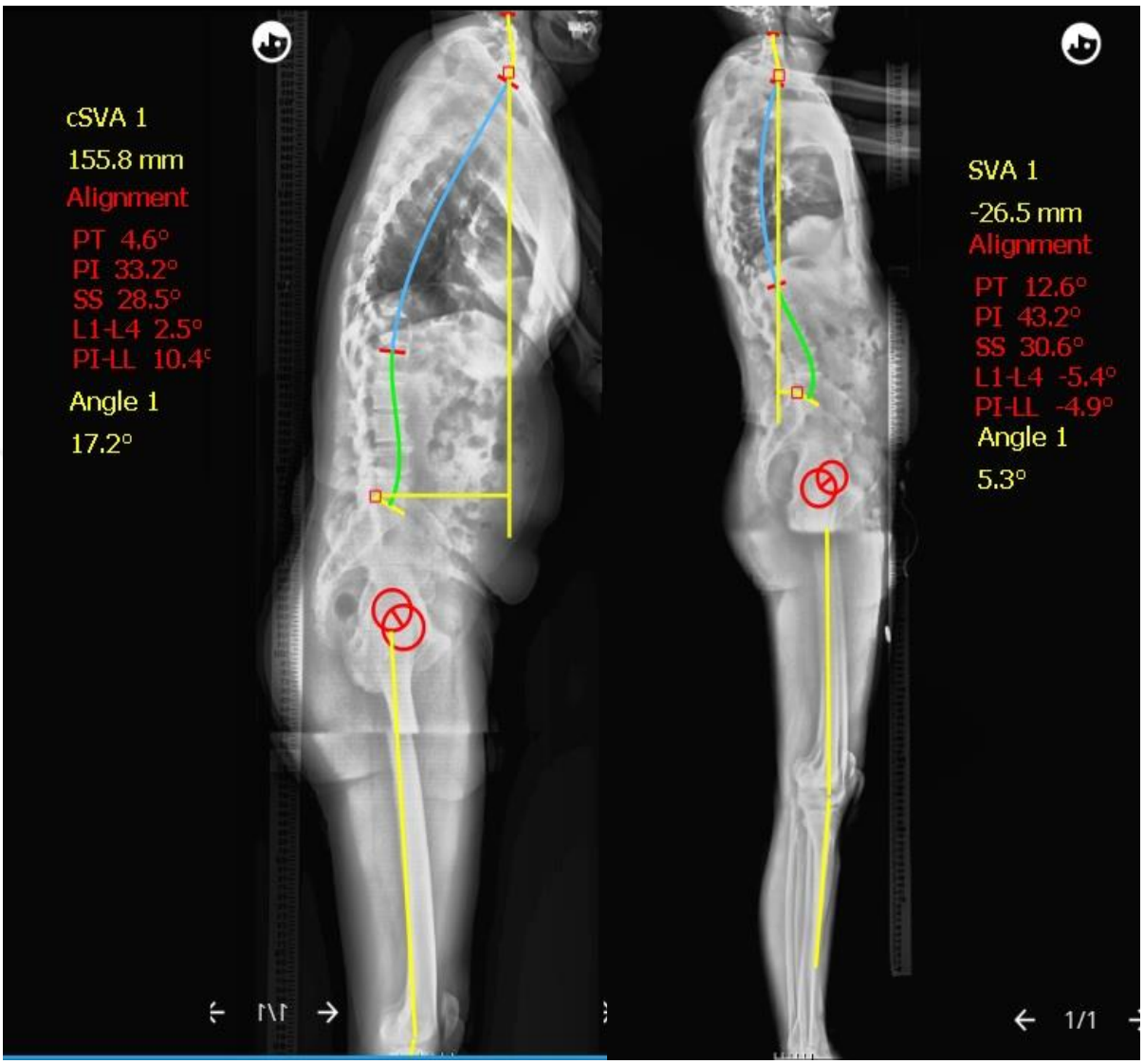
Şekil 4. 1: Unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon yapılan tek serviye L4-5 dar kanal hastasının tipik sagittal dizilimindeki preop ve postop değişime bir örnek. LL artış (+3,9°), TK da artış, PI-LL da normalleşme gözlendi. SVA da 141.9 mm'den 90.8 mm ye düşüş izlendi.



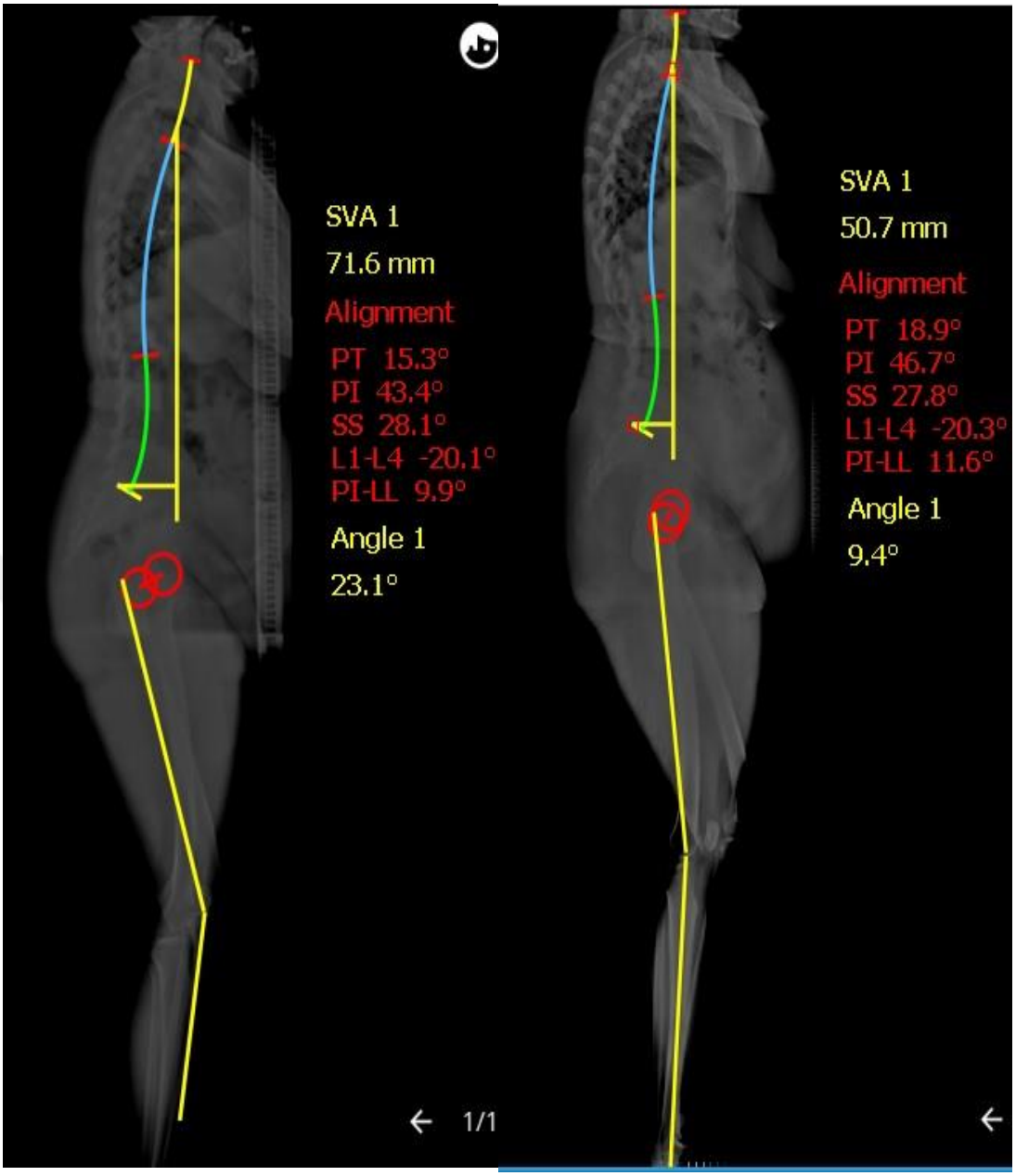
Şekil 4. 2: Preop ve postop sagittal dizlimdeki değişime bir örnek. Preop SVA 60 mm'den 38.3 mm ye geriledi. Pelvik tiltte azalma gözlendi. Diz fleksiyon açısında azalma saptandı.



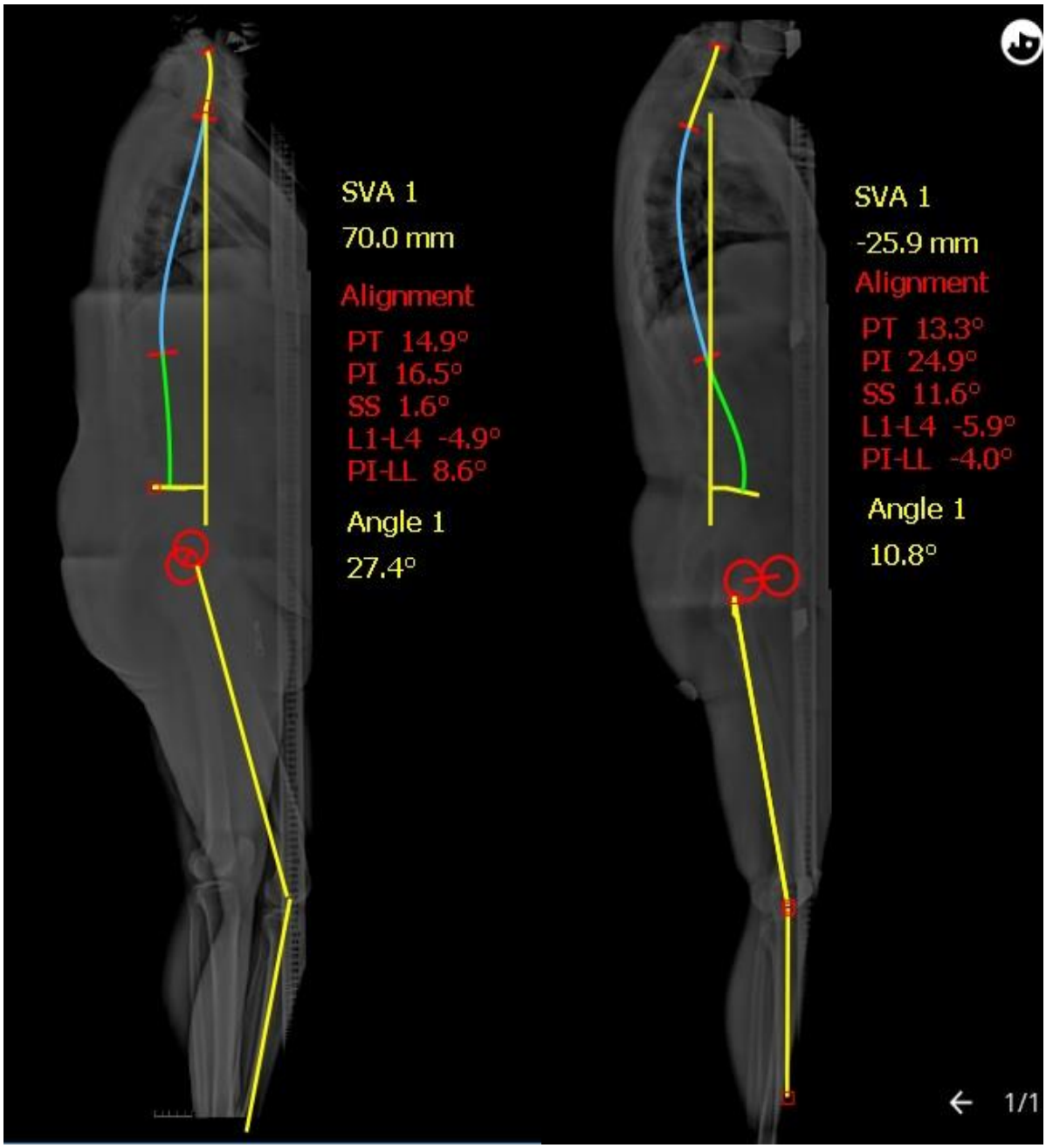
Şekil 4. 3: SVA değeri <50mm olan balans grubundaki bir hastanın preop ve postop sagittal balans parametrelerindeki değişim. SVA değeri 34.7 mm'den 8.2 mm'ye geriledi. PT azaldı. Diz fleksiyon açısı azaldı.



Şekil 4. 4: SVA değeri ≥100 mm olan majör imbalans grubundaki bir hastanın preop ve postop sagittal balans parametrelerindeki değişim. SVA değeri 155.8 mm'den 26.5 mm'ye geriledi. SS da artış gözlendi. Lomber Lordozda artış gözlendi. Diz fleksiyon açısında ciddi azalma saptandı.



Şekil 4. 5: SVA değeri ≥50 mm, <100 mm olan imbalans grubundaki bir hastanın preop ve postop sagittal balans parametrelerindeki değişim. SVA değeri 71.6 mm'den 50.7 mm'ye geriledi. Lomber Lordozda belirgin bir artış gözlenmedi. Diz fleksiyon açısında azalma gözlendi.



Şekil 4. 6: SVA değeri ≥50 mm, <100 mm olan imbalans grubundaki bir hastanın preop ve postop sagittal balans parametrelerindeki değişim. SVA değeri 70 mm'den 25.9 mm'ye geriledi. Lomber Lordozda artış gözlendi. Pelvik tiltte azalma izlendi. Diz fleksiyon açısında azalma gözlendi.

5. TARTIŞMA

Lomber spinal stenoz genellikle ileri yaşlarda vertebral kolonun dejeneratif değişikliklerine bağlı olarak meydana gelir. Günümüzde popülasyonun yaş ortalamasının artması ile dejeneratif LSS'un önemi de artmaktadır. Nörojenik kladikasyon ile birlikte veya tek başına siyatalji şikayetleri olan hastaların fonksiyonel aktiviteleri kısıtlanmakta ve hastalar yatağa bağımlı hale gelmektedir. Lomber spinal stenoz tipik olarak nöral elemanlarda bası oluşturan kompleks dejeneratif süreçlerin sonucunda oluşur. Spinal stenoz santral kord stenozu, lateral reses stenozu, dejeneratif spondilolistezis ya da her üçüne bağlı olarak karşımıza çıkar. Bu bulgulara ek olarak disk herniasyonu patolojiye eşlik edebilir.

Lomber dar kanalda şikayetler uzun zamanda belirginleşir, genellikle altıncı ve yedinci dekatta günlük hayatı etkiler. Ağrı lomber pozisyonla değişiklik gösterir; lomber fleksiyonla azalırken, lomber ekstansiyonda artar. Fizik muayene normal olabilir. Duyu kusuru olsa da motor kusur genellikle olmaz. Kadınlarda daha sık görülür. Hastalar genellikle kiloludur ve eşlik eden sistemik hastalıkları mevcuttur (30-31-32). Gelalis ve ark. (32) 37 LSS lu hastada yaş ortalamasını 64, kadın hastaların oranını %60,1, sistemik hastalık oranını %30, Aykaç ve ark. (33) 64 hasta ile yaptıkları çalışmada yaş ortalamasını 59,9, kadın hastaların oranını %87,5 olarak, Jolles ve ark. (34) ise yaş ortalamasını 61, kadınların oranını %58 olarak, Park ve ark.'nın (35) LSS'lu hastalarda yaptığı çok merkezli çalışmada birden çok seviye stenozu olan hastaların VKİ'sini 29.6 kg/ m^2, eşlik

eden sistemik hastalık oranını %50 olarak bildirmiştir. Bizim 41 hastalık serimizde ise yaş ortalaması 61 olarak bulundu ve bu hastaları %48,8'i kadın hastalardan oluşmaktaydı.

Dejeneratif stenoz ve lomber spondilozun, tekrar eden aksiyal yüklenmeler ve rotasyonel zorlanmalar sonucu faset hipertrofisi, ligamentum flavum kalınlaşması ve osteofit formasyonuna bağlı oluştuğu düşünülmektedir. Spinal stenozun diğer nedenleri arasında postoperatif, posttravmatik, neoplastik, enfeksiyöz, kemik hastalığına bağlı (paget hastalığında olduğu gibi), konjenital stenoz (akondroplastik form) sayılabilir. Progresif kuvvet kaybı, sfinkter kusuru, fizik tedavi ve medikal tedaviye yanıt vermeyen, kronik olarak giderek artan nörolojik kladikasyon cerrahi tedavi endikasyonlarını oluşturur. Bu çalışmada opere edilen hastaların tamamı dejeneratif değişikliklere bağlı ileri yaşlarda görülen stenoz olgularıdır.

Dejeneratif LSS un tanısında ve tedavinin planlanmasında en yaygın kullanılan görüntüleme yöntemi MRG dir. Stenozun yer, seviyesi, derecesinin belirlenmesinde ve diğer omurga patolojileri ile ayırıcı tanısında kullanılır. Spinal kanalın mid-sagittal çapı ve spinal kanal alanının ölçülmesinde kullanılır. Spinal kanal mid-sagittal çapının 10-13 mm olması rölatif, 10 mm'den az olması belirgin stenoz olarak kabul edilir. Ayrıca kanal alanını 100 mm^2 den az olması stenoz olarak kabul edilir. Faset eklem, intervertebral disk, ligamentöz yapılar değerlendirilerek cerrahi planlama yapılmasında yol göstericidir (31-36).

Takaso ve ark. (37) tek seviye LSS olan hastaların %82'sinde, Kaptan ve ark. (38) çok seviye LSS olan hastaların %76,1'inde, Jolles ve ark. (34) hastaların %86'sında, Park ve ark. (35) birden çok LSS'lu hastaların %96'sında stenoz seviyesin L4-5 olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda hastaların %90,2'sinde dar kanalın olduğu seviye L4-5 olduğu görülmüştür.

Dejeneratif lomber spinal stenoz yavaş ilerleyen bir hastalık olduğundan akut nörolojik kayıp olmadığı sürece acil cerrahi tedavi gerektirmez. Bu hastalarda ilk yaklaşım ağrının azaltılmasına yönelik konservatif tedavi yöntemleridir. Bunlar; aktivite modifikasyonu, istirahat, ağrı kesici ve kas gevşetici ilaçlar, fleksiyon ağırlıklı egzersizler, epidural steroid uygulamalarıdır (39). Literatürde konservatif tedavinin sonuçları, cerrahi sonuçlar ile karşılaştırıldığı ve memnuniyet oranlarının değişken olduğu birçok çalışma vardır (40-

41-42-43). Park ve ark. (35) ortalama 2 yıl takip ettikleri LSS'lu hastalarda konservatif tedavi ile orta düzeyde bir iyileşme olduğunu, cerrahi tedavi edilenlerde iyileşmenin ameliyat sonrası erken dönemden itibaren arttığını ve iyi düzeyde iyileşme bildirmişler. Atlas ve ark. (41) tüm konservatif tedavi yöntemlerini uyguladıkları çalışmada 4 yıl sonunda %52 iyi sonuç, Spivak'da (44) 4. yılda % 47 iyi sonuç bildirmiştir. Çalışmamıza dahil edilen hastalara uzun süre konservatif tedavi uygulanmasına rağmen klinik olarak düzelme saptanmadığından cerrahi olarak tedavi edilmiştir.

Bu çalışmada sunulan hastaların ameliyat öncesi dönemde fizik tedavi programına alınmasına ve uzun süreli medikal tedaviye rağmen semptomları devam eden hastalardır. Hastaların ameliyattan fayda görmeleri için kauda ekuina ve sinir köklerinin tam dekompresyonu şarttır. Bu amaçla spinal stenozun geleneksel cerrahi tedavisinde bilateral geniş total laminektomi ve kısmi ya da komplet fasetektomi yapılır (18-19-20). Bu geleneksel cerrahi prosedür nöral dekompresyonu sağlamakla birlikte spinal stabilizasyonda rolü olan posterior kolonun tamamen ortadan kalkmasına neden olur. Ayrıca paravertebral kasların geniş supperiostal sıyrılması hastalarda ameliyat süresinin uzamasına ve hastanın daha fazla anestetik maddeye maruz kalmasına, intraoperatif kanamanın daha fazla olmasına ve postoperatif daha fazla ağrıya neden olur. Lomber spinal stenoz olgularında cerrahi tedavinin amacı nöral elemanları dekomprese etmek ve spinal stabiliteyi korumaktır. Dekompresyon için kemik ve yumuşak dokuların alınmasında postoperatif instabiliteye neden olmamak için minimal invazif cerrahi yöntemler önem kazanmaktadır (21-22). Orta hat supraspinöz ve interspinöz ligaman kompleksindeki hasar stabilizasyonunda kayba yol açar. Bu suretle spinal instabilizasyondaki risk artar (23).

Vertebra biyomekaniği ile ilgili geniş çalışmalar mevcuttur. Faset eklemlerin makaslama hareketine karşı %33 direnci, diskin %67 direnci vardır. Supra ve interspinöz ligamanların fleksiyonda zorlanmaya karşı %19, faset kapsüler ligamanın %39 ve diskin de %29 direnci vardır (24).

Büyük insizyon, paravertebral adelelerin bilateral sıyrılması, geniş kemik rezeksiyonu ve buna bağlı intraoperatif kanama, ileri yaştaki bu hastalarda hastanede yatış süresini uzatır. Şiddetli ağrı yapar ve postoperatif morbiditeyi artırır. Derin ven trombozu, pulmoner embolizm, atelektazi, pnömoni, üriner enfeksiyonlar, ileus gibi medikal

komplikasyonların sıklığını artırır (26). Bu komplikasyonlar cerrahi stres cevabının abartılı bir şekli olarak meydana gelir. Bu önemli olaylar doku travmasının strese cevabı sonucundadır. Gerçekten de büyük travmanın sonucu büyük cevaptır (22-27-28). İyileşme süresinin uzunluğu yaşam kalitesini düşürür. Wang ve arkadaşları, açık cerrahi dekompresyon süresince büyük kas retraksiyonu sonrasında olan atrofi ile paraspinal kaslarda gücün azaldığını göstermişlerdir ve paraspinal kaslarda elektromyografik anormallikler ve kronik denervasyonlar gözlememişlerdir (27).

Klinik prospektif randomize 67 hastalık serisinde Postacchini ve arkadaşları total laminektomi ve selektif bilateral laminotomi uygulanan hastaların takip sonuçlarını yayınlamışlardır. Bu çalışmada selektif bilateral laminotomi uygulanmak üzere operasyon alınan ancak intraoperatif olarak total laminektomi endikasyonu alan olgular ayrı bir gurupta değerlendirilmiştir. Ortalama 3,7 yıl gibi bir takip süresi sonunda selektif laminotomi yapılan olguların bel ağrısı yakınmalarında daha belirgin düzelme saptandığı ve hiçbirinin instabiliteye neden olmadığı bildirilmektedir. Total laminektomi uygulanan olgu gurubunda ise üç hastada instabilite saptandığı bildirilmiştir (40). Bizim serimizde mikrodekompresyon uygulanan olguların operasyon sonrasındaki 1 yıllık takiplerinde instabiliteye rastlanmamıştır.

Silvers ve arkadaşlarının 244 spinal stenozlu hasta üzerinde yaptıkları çalışmada geniş laminektomi, foraminotomi ve medial fasetektomi operasyonu uygulamışlardır. Bunlardan %64'ünde cerrahi sonrası ağrıda hafifleme, %56'sında normal aktiviteye dönüş, %75'inde ise tatminkâr düzelme elde edilmiştir. Bu çalışmada hastaların postoperatif mobilizasyonu 24-48 saat sonra, hastanede kalış süresi ortalama 9.8±1,0 gün olarak belirlenmiştir (50). Bizim uyguladığımız operasyonda ise hastaların mobilizasyonu ortalama 6 saat sonra olmakta ve hastalar 48-72 saat sonra taburcu olabilmektedir. Marcotte tarafından yapılan retrospektif ve prospektif bir çalışmada operasyon sonrası %64-67 iyi-mükemmel, %79 daha iyi, %75 ise ağrıda azalma tespit edilmiştir (51). Bizim çalışmamızda preop ortalama VAS-Bel 9.17 iken postop VAS-Bel 2.39'a, preop VAS-Bacak 9.39'dan 1.76 ya gerilemiştir. Hastaların büyük çoğunluğunun radiküler ağrısı geçmiş ve bel ağrıları rahatlamıştır. ZCQ semptom sıklığı sorgulamasında genel ortalama 31.22'den 9.19 a gerilemiş, ZCQ fiziksel fonksiyon sorgulamasında 16.07 den 6.59 a gerilemiştir. Klinik parametrelerdeki bu iyileşme istatistiksel olarak anlamlı

bulunmuştur. Bu sonuçlara göre hastalarımızın şikayetleri büyük oranda düzeldiğini ve yürüme mesafelerinin arttığını gözlemledik.

Günümüzde cerrahi mikroskobun rutin kullanıma girmesi ile birlikte daha az invaziv ama yeterli dekompresyonu sağlayan yöntemler popüler hale gelmiştir. Bizim yaptığımız bu çalışmada 41 adet dejeneratif spinal stenoz olgusu prospektif olarak takip edilerek değerlendirildi. Olguların postoperatif değerlendirilmesinde VAS skorlaması ve Zurich Kladikasyon sınıflaması kullanıldı.

Olguların preoperatif VAS ve Zurich kladikasyon skorları postoperatif bulunan skorlar ile karşılaştırıldı. Postoperatif skorlardaki iyileşme istatistiksel olarak veri düzeyinde anlamlı bulundu. Olgularda ayrıca operasyon öncesi bel ve bacak ağrıları operasyon sonrası durumları ile değerlendirildi. Bulunan sonuçlar istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlıydı. Olgularda bunun yanında yürüme mesafesiyle ağrıları arasındaki ilişki değerlendirilmiş ve yapılan cerrahi sonrasındaki dönemde iyileşme cerrahi öncesi döneme göre ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur.

Opere edilen hiçbir olguda transfüzyon gerektirecek miktarlarda kanama olmamıştır. Opere edilen hastalara üç hafta sonra kas güçlendirici izometrik egzersizler önerilmiştir. 2 seviye veya daha fazla dekompresyon yapılan olgulara postoperatif dönemde 45 gün korse kullanımı önerilmiştir.

Sagittal imbalans düşük yaşam kalitesi ve spinal deformiteler içerisinde bel ağrısına sebep olan majör bir nedendir (89). Düzeltici cerrahi sonrası mekanik başarısızlık ve kötü sonuçlar için bir risk faktörüdür (115, 116). Bu nedenle ameliyatı planlarken SVA'yı dikkate almak önemlidir (115, 117, 118). Anormal preoperatif ve/veya postoperatif sagittal balans parametreleri cerrahinin klinik sonuçlarını etkilediği kesin olarak bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda dejeneratif lomber hastalıklarda yapılan spinal füzyonun SS ve LL da azalma gibi omurgaya zararlı etkileri bulunmaktadır (126, 127, 128, 129, 130). Füzyon sonrası LL düzgün olarak verilememesi anormal PT gelişmesine neden olmakta ve bu durum kronik bel ağrılarına neden olmaktadır.

Günlük aktivitelerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için omurga ve pelvisin dengede olması gerekir. Omurga koronal planda düz bir şekilde dengede iken sagittal planda

torakal ve sakral bölgede kifoz, servikal ve lomber bölgede lordoz şeklinde dengededir. Kifoz ve lordoz değerleri kişiye özgüdür, omurga uzunluk yan grafisinde ölçülür. Yaşlanmaya, omurga hastalıklarına bağlı olarak bu değerlerde değişme olabilir. Omurganın sagittal planındaki bu değişikliklerden sonra sagittal dengenin oluşması pelvik uyumla sağlanır. Sagittal denge C7 omurga cisminin orta noktasından yere dik olarak çizilen çizgi ile (SVA) sakrum üst plağını arka ucu ölçülerek hesaplanır. Duval-Baupere ve ark. (45) sagittal denge için pelvik uyum açılarının önemini vurgulamıştır. Sakral eğim; sakrum üst plağına teğet çizilen çizgi ile yere paralel çizilen çizgi arasındaki açı, pelvik tilt; sakrum üst plak orta noktasından femur başlarını birleştirin çizginin orta noktasına çizilen çizgi ile yere dik çizilen çizgi arasındaki açı, pelvik insidans; sakrum üst plak orta noktasından femur başlarını birleştirin çizginin orta noktasına çizilen çizgi ile sakrum ortasına dik çizilen çizgi arasındaki açıdır. Pelvik insidans, sakral eğim ve pelvik tiltin toplamına eşittir, anatomik bir açı olup sagittal denge değişiminden etkilenmez. Kang ve ark. (47) 132 kişinin dahil edildiği sagittal denge parametrelerini yaş gruplarına göre değerlendirmiştir. Çalışmada değerler yedinci dekatta Pİ=48,4˚, SE=37,5˚, PT=10,9˚, LLA=58,4˚, SVA=0,1 mm olarak bildirilmiş. Barrey ve ark. (48) farklı hasta gruplarının sagittal denge parametrelerinin değerlendiği çalışmada normal kişilerle disk herniasyonu, dejeneratif disk hastalığı ve dejeneratif spondilolistezisi olan hasta grupları karşılaştırılmıştır. Disk herniasyonu ve dejeneratif disk hastalığı olan hastaların sonuçları normal kişilerle benzerken dejeneratif spondilolistezisi olan grupta Pİ değerinin istatiksel anlamlı olarak yüksek olduğu bildirilmiştir.

Spinal biyomekanik çalışmalarının artmasıyla omurganın sagittal balansında değişik hastalık evreleri ve yaşın etkilerinin önemi daha da fazla anlaşılmıştır. Servikal lordoz, torasik kifoz ve lumbar lordozun oluşturduğu eğimler etkili ve dengeli enerji emilimi sağlayarak spinal kasların daha etkili ve düzgün kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu eğimlerden özellikle lomber lordoz ayakta duruş pozisyonunun sağlanmasında oldukça etkilidir. Lomber faset eklemlerinin anatomik morfolojisinden dolayı hareketin esas oluştuğu segmentin lomber vertebra olması nedeniyle sagittal balansın ana komponenti lomber lordozdur. Lomber lordozun sagittal dengeye etkisi ise sagittal vertikal aksis ile değerlendirilir. Normal sagittal balans, kafanın, normal ayakta duran hastalarda sakrumun üzerinde olmasıdır (95). Optimum sagittal balans C7 den aşağıya doğru indirilen düz çizginin birinci sakral vertebranın posterior ucunun 3 cm içinde olması olarak

tanımlanmıştır. Biyomekanik olarak sagittal vertikal aksis öne doğru arttıkça lomber vertebra üzerinde oluşan kuvvet artacaktır (92). Jackson ve McManus, bel ağrısı olan 50 hastayı ortalama yaşı 36 olan 50 farklı asemptomatik hasta grubuyla karşılaştırdıklarında bel ağrısı olan hastalarda asemptomatik hastalara göre sagittal vertikal aks (SVA)'ın çok daha önde olduğunu belirlemişlerdir (96). Dejeneratif lomber omurgaya bağlı sagittal balansın bozuklukları bilinmekle birlikte yaşın bunun üzerine etkilerini yaşla oluşan dejeneratif süreçten bağımsız olarak irdelemek oldukça zordur. Aynı çalışmada, SVA ile yaş arasında korelasyon bulunmuş ve bel ağrısı olan hastaların distal lomber lordoz açılarında da düşüş saptamışlardır (96).

Sagital denge analizi için radyografik pelvik ve spinal parametrelerin ölçümü, omurganın rekonstrüktif cerrahisinde ve özellikle dejeneratif omurga hastalıklarında önem kazanmıştır.

Endo ve arkadaşları lomber disk hernisi olan hastaların Lomber Lordozunu kaybettiği ve SVA değerlerinin femur başlarının önünde olduklarını göstermişlerdir (98). Bu postür bozukluğunun muhtemelen yapısal bir bozukluk olmadığını ve bir ağrı rahatlatma fenomeni olduğunu öngördüler. Suzuki ve arkadaşları LSS'li hastalardaki pelvik retroversiyon ve öne eğik postür arasındaki bağlantıyı ortaya koydu. Lumbar stenozu olan hastaları 2 gruba ayırdılar: nörojenik kladikasyosu olanlar (istirahatle azalan, yürüme ve ayakta durmayla artan, kalçadan alt extremiteye doğru yayılım gösteren parestezi ve uyuşma) ve radikülopatisi (tek taraflı ekstremite ağrısı) olanlar. Nörojenik kladikasyosu olan grubun SVA değerlerinin radikülopatisi olan gruba göre anlamlı derecede fazla olduğunu göstermişlerdir (99). Nörojenik kladikasyosu olan hastaların sagittal imbalansı olduğunun çıkarımını yapmışlardır. Ayrıca nörojenik kladikasyonu olan hastalarda radikülopatili hastalara göre LL'nin daha küçük olduğunu ve pelvik retroversiyonun daha fazla olduğunu bildirdiler (99).

Lomber dar kanal hastalarındaki sagittal balans bozukluğunu açıklayacak birkaç hipotez öne sürülmüştür: dik pozisyondaki vasküler kaynaklı epidural basıncın, eğik pozisyonda venöz pleksusa bası nedeniyle azalması (100) ya da Ligamentum flavumun bulginginin neden olduğu mekanik bası, diskin spinal kanala çıkıntı yapmasına ve böylece çapının azalmasına neden olur (101). Lomber dar kanal gelişen hastalarda kompensatuar öne eğilme pozisyonunda hastaların ağrısının azaldığından dolayı bu hastalarda LL un

azaldığı bilinmektedir (98, 102, 103). Bu öne doğru eğilme pozisyonu (alışveriş sepeti tutuş postürü) spinal kanal çapının artmasına ve nörojenik kladikasyon semptomlarının azalmasına neden olur (104, 105). Bu duruş postürü anterior sagittal imbalansa ve artmış SVA değerine karşılık gelir. SVA nın ≥ 50 mm olması sagittal imbalans olarak tanımlanır. Bizim çalışmamız dejeneratif lomber dar kanalı olan hastaların çoğunun sagittal dengesinin bozulduğunu ve lomber lordozunun ise azaldığını doğrulamıştır. Hastaların genel değerlendirilmesinde preop LL 14˚ olarak, postop LL 17˚ olarak ölçülmüştür. Bu değerler bu hastalarda minimal invaziv yaklaşımla LL un artabileceğini göstermektedir.

Birkaç retrospektif olarak yapılan çalışma, farklı dekompresyon tekniklerinin kullanıldığı vakalarda izole dekompresyon yapılan vakaların postüründeki değişimi araştırmıştır. Jeon ve arkadaşları standart laminektomi sonrası hastaların sagittal balansında düzelmeler ve SVA değerlerinde azalma olduğunu raporlamıştır (106). Bu yazarlara göre, sagittal dengesizlik ilk 1 yılda önemli ölçüde azalmış ve 2. yılda sabit kalmıştır. Ancak bu hastaların preop SVA değerleri <50 mm idi. Fakat Hikata ve arkadaşları SVA değerleri ≥ 50 mm olan ve spinöz proçes splitting yapılarak dekompresyon yapılan hastaların %52 sinin (44 de 23) 12 aylık takiplerinde sagittal imbalans değerleri normale geldiğini göstermiştir (107). SVA değeri ≥ 80 mm olan hastaların takiplerinde kalıcı sagittal dengesizlik saptanmıştır. Bizim çalışmamızda hastalara unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisi yapılmış ve hastalar postoperatif olarak 12 ay boyunca takip edilmiştir, ortalama SVA değeri 66,5 mm olan hastaların postop ölçülen SVA değeri 35,3'e gerilemiştir. Hastaların LL unda artış gözlemlenmiştir. Pelvik retroversiyonlarında (PT) azalma gözlenmiş olup preop PT 18,7˚ iken 15,5˚'ye gerilemiştir. PI-LL değeri 10,24'ten 1,98'e gerileyerek normal dengeye yaklaşmıştır. Hastalardaki preop gelişmiş olan kompensatuar bir yanıt olan diz fleksiyon açıları 18,47˚'den 10˚'ye gerilemiştir. Bu sonuçlar grup ayrımı olmaksızın unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon yapılan lomber dar kanal hastalarında sagittal balanslarında düzelmeler olduğu ve bu imbalansa karşı geliştirilen kompensatuar mekanizmaların kırıldığı ve bu yanıtlarda da azalmalar olduğunu göstermektedir.

Madkouri ve arkadaşları (108) lomber dar kanalı olan 72 hastayı bilateral laminotomi cerrahisiyle opere ettikten sonra prospektif olarak takip etmiş ve postop 1. Yılında hastalara yan grafi çekerek değerlendirmiştir. Preop SVA değerleri 72 mm olan hastaların

postop SVA değerlerini 48,3 mm olarak olduğunu, Preop LL un 41˚ den 46˚ ye çıktığını göstermişlerdir. Bu çalışmada postop rezidüel imbalansı kalan hasatların preop SVA değerlerinin >100 mm olduğunu vurgulamışlardır. Bizim çalışmamızda genel ortalama SVA değerlerinde azalma ve Lomber lordozda artış bu çalışma ile benzer şekilde değişim göstermekle birlikte, sagittal balansta en çok değişim SVA değeri ≥100 mm olan grupta gözlendi. Preop 140 mm olan SVA değeri bu grupta postop 64 mm'ye geriledi. Bu grupta rezidüel imbalans kalmakla birlikte sagittal balans iyileşmesinde en çok fayda gören grup olarak gözlendi. Bu sonuç preoperatif sagittal balansı daha bozuk olan hastaların postoperatif sagittal dizilimin daha fazla düzelebileceğini ve daha fazla fayda sağlayabileceğini düşündürmüştür. Ayrıca bizim çalışmamızda unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon yapıldığından daha az kas sıyrılmış ve operasyon komplikasyonları daha da minimalize edilmiştir.

Fuji ve arkadaşları sagittal imbalansı olan hastaların dekompresyon cerrahisi sonrası (spinöz çıkıntı ayırması yaklaşımı) %43 ü (65 de 28'i) normale döndüğünü raporladılar ve kalıcı imbalansın olmasının prognostik faktörünün preop SVA değerinin 69 mm'den fazla olması ve PI-LL farkının 21,5° olduğunu gösterdiler (109). Yazarlar Lomber dekompresyon cerrahisinde preoparatif SVA değeri 80 mm'den fazla olan ağır imbalansı olan hastaların daha az fayda gördüğünü ve sagittal imbalanslarının postop rezidü olarak kalabileceğini söylemektedirler. Bizim çalışmamızda da rezidü imbalansı olan hastaların genellikle SVA değerleri 100 mm'nin üzerindeydi. Ancak klinik anlamda bu hastalar cerrahiden fayda görmüş ve sagittal balans parametrelerinde ciddi düzelmeler saptanmıştır.

Diğer sagittal parametrelerden olan Pelvik retroversiyon (Pelvik Tilt- PT olarak hesaplanmaktadır) yapısal sagittal imbalansda kompensatuar mekanizma olarak karşımıza çıkmaktadır (110, 111). PT normal değeri <20° olmakla birlikte bu değerin artması kompanzasyonun başladığının göstergesidir (54, 58, 112). PT aynı zamanda klinik skorla da korelasyon göstermektedir (113). Bazı yayınlara göre pelvik retroversiyon sadece sagittal imbalansı azaltmak için değil aynı zamanda da ağrı azaltmak için yapılan bir kompensatuar mekanizmadır (114). Bizim çalışmamızda pelvik tilt ortalama 18,7˚ idi. Bu değer normal değerde olarak gözlendi. Bu sonuç hastalarımızda pelvik retroversiyonun çok ciddi boyutlarda olmadığını ve kompanzasyonun ciddi

boyutlarda olmadığını düşündürtmekle birlikte operasyon sonrası bu değer 15.5˚'ye gerileyerek normale daha da yaklaşmıştır. Kompanzayon cutoff değerini geçmemiş olsa da pelvik retroversiyona başlamış olan bu hastaların yapılan lomber dekompresyon sonrası hastaların ağrılarının azalması bu kompanzasyonun azaldığı kanısına varılmıştır.

Kompansatuar mekanizmalar Barret ve ark. tarafından genişçe tanımlanmıştır (125). Denge mekanizmalarını 3 aşama olarak tanımlamışlardır: dengeli, kompanzasyon mekanizmaları ile dengeli ve dengesiz. Dejenerasyon sonrası LL kaybıyla devam eden bu kaskat diğer sagittal balans parametrelerince omurgayı dik tutmaya yönelik olarak değişime gitmekte ve pelvik retroversiyon gelişmektedir. Pelvik retroversiyon genellikle bel ağrısı ile koreledir. Sagittal imbalans pelvik retroversiyon ile kompanse edilmeye çalışıldığı gibi global olarak postürü düzeltmek adına kompanzasyonun son aşaması olan dizler fleksiyona getirilerek de omurga dik duruşunu sağlanmaya çalışılmaktadır. SVA değeri arttıkça dik duruş pozisyonu sağlanmak adına diz fleksiyonunda da artış gözlemlenmektedir (123). Obeid ve arkadaşları dejeneratif omurgası olan hastalarda lomber lordoz açısıyla diz fleksiyon açısının büyük oranda korele olduğunu göstermişlerdir. Lomber lordozda azalma olan hastalarda diz fleksiyonunda artış gözlenmiştir (124). Bizim çalışmamızda dejenetaif lomber dar kanalı olan hastaların diz fleksiyon açıları 18,4˚ olarak ölçülmüştür. Cerrahiden 1 yıl sonra çekilen grafilerde bu açı 10˚ olarak ölçülmüştür. Diz fleksiyon açısının en fazla olduğu grup SVA ≥100 mm olan gruptur. Bu da imbalansın ne kadar fazla olması kompanzasyonun o kadar fazla yapılamaya çalışıldığını göstermiştir. Bu grupta preop diz fleksiyon açısı ortalama 28,7˚ olarak ölçülmüş, postop bu değer 11,6˚ ye gerilemiştir. Lomber dekompresyon sonrası ağrı kontrolü sağlanan bu hastalardaki sagittal dizilim düzelmesi sonrası kompensatuar mekanizmalarında gerilediğini göstermiştir.

Omurga rahatsızlıklarında oluşan bel ağrısı sebebiyle lomber lordozda azalma olur. Bozulan sagittal denge Pİ anatomik bir açı olup değişmediğinden sakral eğimin azalması ile sağlanır. Kang ve ark. (47) sakral eğimle LLA arasında yüksek korelasyon olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada, unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon yapılan olgularda sagital dengesizliklerde düzelmeler gözlendi. Bu durum ameliyat öncesi hastalarda gözlenen öne eğilir postürün ağrı giderici bir refleks yanıt olduğunu ve düzelebilir olduğunu

göstermektedir. Gerçekten de minör ve majör sagittal dengesizliği olan hastalarda ameliyattan sonraki ölçülen SVA değerlerinde düzelmeler gözlendi. Madkouri ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (108) preoperative SVA değeri >100 mm olan majör imbalans grubundaki hastalarda rezidüel imbalansın diğer gruplara göre daha fazla kaldığını göstermiştir. Bu da bazı hastalardaki preoperatif sagittal imbalansın yapısal olduğunu düşündürmüştür. Bizim çalışmamızda da SVA değeri >100 mm olan hastalarda postop rezidüel imbalanas kalmakla birlikte, SVA değerleri diğer gruplarla karşılaştırıldığında anlamlı derecede daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç cerrahi tekniğin farklılığından veya hastalardaki yapısal deformitenin daha fazla olması değil, ağrı kontrolü sağlandığında SVA değerlerinde dramatik bir artış olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca çalışmamızdaki preop SVA değeriyle klinik parametreler arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Anterior sagittal dengesizlik esas olarak LL kaybından kaynaklanır. LL kaybı 2 mekanizmayla açıklanabilir. Birincisi bu durumun adaptif bir sürece bağlı ağrı durumun azalması nedeniyle geliştiğidir ve böyle olan hasatlarda lomber dekompresyon sonrası sagittal dengelerinde düzelme sağlanmaktadır. İkinci mekanizma ise bu durumun yaşlanan omurgaya bağlı olması (dejeneratif disk hastalığı ve kas atrofisi) durumudur ve bu durumda izole dekompresyon cerrahisi yeterli olmayabilir (119, 120).

6. SONUÇ

Son zamanlarda sagittal denge kavramının cerrahi kararı vermede öneminin arttığını, sagittal parametrelerin yorumlanmasında dikkatli olunmasını tavsiye etmenin önemli olduğunu düşünüyoruz. Dejeneratif omurga cerrahilerinde sagittal balans parametrelerinin değerlendirilmesi rutin hale gelmelidir.

Dejeneratif lomber dar kanal cerrahisi hastaları çoğunlukla yaşlı hastalardan oluşmaktadır. Bu nedenle bu hastaları füzyon cerrahileriyle opere etmek komplikasyon riskini artırmakta (enstrumantasyon komplikasyonları dahil), hastanede kalış süresini artırmakta ve intraoperatif kanamaları artırmaktadır (121, 122). Dejeneratif lomber hastalıklarda füzyon cerrahileri sonrası SS da ve LL da azalma gelişebilmekte bu durum PT de artışa ve diğer kompanzasyon kaskadının başlamasına neden olabilmektedir. Sagittal dizilim dikkate alınmadan yapılan füzyon cerrahileri sonrası hastalarda kalıcı sagittal imbalans gelişebilir ve bu durum hastalarda kronik bel ağrılarına neden olabilmektedir. Bu çalışma, olguların önemli bir kısmında füzyonsuz dekompresyondan sonra global sagittal dizilimde iyileşme olabileceğini ortaya koydu. Bu sonuçlar hastaların önemli bir kısmının majör cerrahi ile tedavi edilmesinin önüne geçmemizi sağlayabilir. Ayrıca lomber instabilitesi olmayan olgularda enstrümantasyon ve füzyon cerrahilerinin azalması durumunda, ülke ekonomisine küçük de olsa katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Minimal invaziv olarak tedavi edilen lomber dar kanal hastaları serimizde ortalama preop SVA ölçümü 66.52 iken postop 35.34'e gerilemiştir. İmbalans grubundaki bu hastalar

normal balans değerlerine ulaşmıştır. Preop 18.76 olan pelvik retroversiyon (PT) ölçümümüz postop 15.46 ya gerilemiş. Preop 18.47 olan Diz fleksiyon açısı ölçümlerimiz postop 10'a gerilemiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde lomber dar kanalda unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisinin güvenilir ve başarılı bir yöntem olduğunu gözlemlemekteyiz. Bu yöntemle hastalarımızın klinik ve fonksiyonel düzelmeleri sağlanmakla birlikte global sagittal dengelerinde düzelmeler ve kompansatuar mekanizmalarında geri dönüşlere neden olduğunu gözlemledik.

Prospektif olarak yapılan çalışmamız, lomber dar kanal cerrahisinde unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon yapılan olgularda, ameliyat öncesi SVA >100 mm olan hastalarda bile cerrahiden sonra sagittal dengede ve LL'da iyileşme olduğunu gösterdi. Bu iyileşmeler bu hastalarda sagittal dengesizliğin ağrıya karşı oluşmuş bir refleks olabileceğini, minimal invaziv bir cerrahi yaklaşımla bu neden ortadan kaldırıldığında başarılı sonuçlar alınabileceğini göstermiştir. Bazı hastalarda bu sagittal dengesizlik yapısal olarak gelişmesinden dolayı sagittal dengede majör bir değişiklik olmayabilir. Fakat bu hastalarda dahi yapılan minimal invaziv bir cerrahi klinik anlamda hastayı rahatlatmakta, ağrısını gidermekte ve yürüme mesafesinde artışa neden olmaktadır.

Lomber dar kanal cerrahisi sonrası omurganın sagittal balans düzelmeleri olması ile birlikte global olarak kompensatuar mekanizmaların da gerilediğini görüyoruz. Pelvik retroversiyon ve diz fleksiyon açıları refleks mekanizmalar olup altta yatan patolojinin düzelmesi bu mekanizmalarda geri dönüşlere neden olmaktadır.

Lomber stenozla ilişkili postüral bozuklukların 2 mekanizmaya bağlı olabileceğini düşünüyoruz: biri ağrının giderilmesine yönelik adaptif bir yanıttır ki bu neden izole dekompresyon cerrahisi ile iyileştirilebiliyor, diğeri ise muhtemelen yapısal ve omurganın yaşlanmasıyla ilgilidir.

Çalışmamız lomber dar kanal cerrahisinde unilateral yaklaşımla bilateral dekompresyon cerrahisinde, global olarak kompansatuar mekanizmalarla birlikte postop sagittal dengeyi araştıran ilk çalışma olup bu hastalardaki sagittal balans düzelmelerini ortaya koymuştur. Ancak çalışmamızın en önemli kısıtlayıcı faktörü olgu sayısı olup daha geniş bir popülasyonla daha ileri araştırmalara ihtiyaç duymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Arnoldi C.C., Brodsky A.E., and Crock H.V.: Lumbar spinal stenosis and nerve root entrapment syndromes: definitions and classification. Clin Orthop Relat Res 1976; 115: pp. 4-5
2. Moore KL, Persaud TVN. The Developing Human: Clinically Oriented Embryology, 5th edition, 1998, Philadelphia. 354-360.
3. Tekelioğlu M. Vertebra embriyolojisi, Vertebra Ankara (Ege R): Türk Hava Kurumu Basımevi; 1992.s.15-19.
4. Gray, H. Anatomy of the human body. [Online ed.]. Bartleby.com, 2000. http://www.bartleby.com/107/.
5. Arıncı K, Elhan A. Anatomi. Omurga.1. Cilt. 2. Baskı. Ankara: Grafiker Basımevi;1997. s.74-5.
6. Snell RS. Clinical anatomy for medical students. 4th ed. Boston: Little, Brown and Company;1992.p.941-54.
7. Şar C. Lomber omurganın anatomisi, biyomekaniği ve biyokimyası. Özcan E. (Editör) Bel ağrısı tanı ve tedavi'de. 1. baskı. İstanbul: Nobel Kitabevi; 2002.s.9-14.
8. Yaszemski MJ, Augustua AW, Panjabl MM. Biomechanics of the spine. In: Fardon DF, Garfin SR (Eds.). Orthopaedic knowledge update: spine 2. 2nd ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons;2002.p.15-23.
9. Dere F. Klinik Anatomi, Adana, 1992. 276-320.
10. Moore K.L. Clinically Oriented Anatomy, 3rd Edition, Williams & Wilkins, Baltimore, 1992. 323-372.
11. Ege R. Vertebraların anatomisi. Ege R (Editör).Vertebra-omurga 'da. Ankara: Türk Hava Kurumu Basımevi; 1992.s.21-44.
12. Richard S (Çeviri: K. Arıncı). Uygulamalı anatomi. Ankara: Türkiye Klinikleri Yayınevi;1993.s.733-47

13. Öztop F. İntervertebral disk dejenerasyonunun patolojisi. Zileli M, Özer F (Editörler). Omurilik ve omurga cerrahisinde. 1. cilt. İzmir: Meta Basım; 2002.s.537-48.

14. Nordin M, Schecter S. Biomechanics of the lumbar spine. In: Nordin M, Frankel VH (Eds.). Basic biomechanic of the musculosceletal system. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.p.256-84.

15. Benzel EC, Omurga Stabilizasyonunun Biyomekaniği, Prensipler ve Klinik Uygulama, çeviri editörü: Naderi S, Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Vakfı Yayınları, İstanbul, 1998. 3-17

16. White AA, Panjabi MM. Clinical biomechanics of the spine, 2nd ed. Philadelphia; Lippincott, 1990: 1-125.

17. Haher TR, Bergman M, O'Brrien M. The effect of the three columns of the spine on the instantaneous axis of rotation in flexion and extension. Spine 1991;16: 312-318.

18. Epstein NE, Epstein JE: Lumbar decompression for spinal stenosis. The Adult Spine: Pirinciples and Priactice. Frymoyer JW (ed), 2055-2088, Lippincott-Raven, Philedelphia, 1997

19. Katz JN, Stucki G, Lipson SJ et al: Predictors of surgical outcome in degenerative lumbar spinal stenosis. Spine 24(13): 1277-1282, 1999

20. Mclain RF: Surgical approaches to the lumbar spine. The Adult Spine: Principles and Priactice, Frymore JW (ed), 1723-1732, Lippincott-Raven, 1997

21. Aryanpur J, Ducker T: Multilevel lumbar laminotomies: An alternative to laminectomy in the treatment of lumbar stenosis. Naurosurgery 26: 429-433, 1990

22. Guiot BH, Khoo LT, Fesler RG: A minimal invasive technique for decompression of the lumbar spine. Spine 27(4): 432-438, 2002

23. Haba K, Ikeda M, Soma M, Yamashima T: Bilateral decompression of multilevel lumbar spinal stenosis through a unilateral approach. Journal of Clinical Neuroscience 12(2): 169-171, 2005

24. Palmar S, Turner R, Palmer R: Bilateral decompressive surgery in lumbar spinal stenosis associated with spondylolisthesis: Unilateral approach and use of a microscope and tubuler retractor system. Neurosurg Focus 13(1): Article 4, 2002

25. Dalkılıç T: Spinal stenoz olgularında total laminektomi ile unilateral yaklaşım-bilateral dekompresyon ameliyatlarının stabilizayona etkilerinin karşılaştırılması. Koyun omurgasında invitro biyomekanin deneysel çalışma. Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroşirürji, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2004

26. Zheng F, Cammisa FP, Sandhu HS et al: Factors predicting hospital stay, operative time, blood loss and transfusion in patients undergoing revision posterior spine decopression fusion and segmental instrumentation. Spine 27(8): 818-824, 2002

27. Wang MY, Gren BA, Shah S et al: Complications associated with lumbar stenosis surgery in patients than 75 years of age. Neurosurgical Focus 14(2): Article 7, 2003

28. Zileli M, Özer F: Omurilik ve Omurga cerrahisi, cilt 1, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, 739-746, İzmir, 2002

29. Lu WW, Luk KDK, Ruan DK et al: Stability of the whole lumbar spine after multilevel fenestration and discectomy. Spine 24(13): 1277-1282, 1999

30. Spivak JM. Degenerative lumbar spinal stenosis. J Bone Joint Surg Am 1998;80-A:1053-66.

31. Yukawa Y, Lenke LG, Tenhula J. A comprehensive study of patients with surgically treated lumbar spinal stenosis with neurogenic caudication. J Bone Joint Surg Am 2002; 84:1954-9.

32. Gelallis ID, Arnaoutoglou C, Christoforou G, et al. Prospective analysis of surgical outcomes in patients undergoing decompressive laminectomy and posterior instrumentation for degenerative lumbar spinal stenosis. Acta Orthop Traumatol Turc 2010; 44:235-240.

33. Aykaç B, Çopuroğlu C, Özcan M, Çiftdemir M, Yalnız E. Enstrumantasyonlu posterior dekompresyon uygulanan lomber dar kanal olgularında ameliyat sonrası yaşam kalitesinin değerlendirilmesi. Acta Orthop Traumatol Turc 2011; 45:47-52.

34. Jolles BM, Porchet F, Theumann N. Surgical treatment of lumbar spinal stenosis. Five year follow up. J Bone Joint Surg [Br] 2001; 83-B:949-53.

35. Park DK, An HS, Lurie JD, et al. Does multilevel lumbar stenosis lead to poorer outcomes? A subanalysis of the spine patient outcomes research trial (SPORT) lumbar stenosis study. Spine 2010; 35:439–46

36. Saifuddin A. The Imaging of lumbar spinal stenosis. Clin Radiol 2000; 55:581-94.

37. Takaso M, Nakazawa T, Imura T, et al. Less invasive and less technically demanding decompresive procedure for lumbar spinal stenosis- appropriate for general orthopedic surgeons? Int Orthop 2010; 10:264-71.

38. Kaptan H, Ilhan M, Çakıroğlu K, Kasımcan O, Kılıç C. The analysis of the factors affecting lumbar spinal stenosis in adult patients. Ir J Med Sci 2010; 1007:466-9.

39. Geneway S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis. Best Prac Res Clin Rheumatol 2010; 24:253-65.

40. Postacchini F. Management of lumbar spinal stenosis. J Bone Joint Surg 1996; 78:154–64.

41. Atlas SJ, Deyo RA, Keller RB, et al. The maine lumbar spine study: Part III.1 year outcomes of surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis. Spine 1996; 21:1787–95.

42. Jakola AS. Sørlie A. Gulati S, et al. Clinical outcomes and safety assessment in elderly patients undergoing decompressive laminectomy for lumbar spinal stenosis: a prospective study. BMC Surgery 2010; 10:34-41.

43. Steurer J, Nydegger A, Held U. Study protocol lumbsten: The lumbar spinal stenosis outcome study. BMC Musculoskelet Disord 2010; 11:254.

44. Spivak JM. Degenerative lumbar spinal stenosis. J Bone Joint Surg Am 1998;80-A:1053-66.

45. Duval-Beaupere G, Schimdt C, Cosson P. A baricentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. Ann Biomed Eng 1992; 20:451–62.

46. Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. Eur Spine J 1998; 7: 99–103.

47. Kang KB, Kim YJ, Muzaffar N, Yang JH, Kim YB, Yeo ED. Changes of sagittal spinopelvic parameters in normal Koreans with age over 50. Asian Spine J 2010; 4:96-101.

48. Barrey C, Jund J, Noseda O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. Eur Spine J 2007; 16:1459–67.

49. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Transfeldt E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance. A correlation study. Spine 2004; 29:2049-54.

50. Silvers HR, Lewis PJ, Asch HL: Decompressive lumbar laminectomy for spinal stenosis. Journal of Neurosurgery 78: 695-701, 1993

51. Marcotte PJ, Virella A: Lumbar spinal stenosis: treatment options and result. Seminars in Neurosurgery 11(2): 231-241, 2000

52. Legaye J, Duval-Beaupere G (2005) Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. Acta Orthop Belg 71:213–220

53. Horton WC, Brown CW, Bridwell KH, Glassman SD, Suk S-I, Cha CW. Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? A critical comparison of three techniques. Spine. 2005; 30:427-433.

54. 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; 16:547-564.

55. Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. Instructional Course Lect. 1948; 5:261-275.

56. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, Hostin R, Shaffrey CI, Smith JS, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis. Spine. 2013;38: E803-E812.

57. Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, Cronen GA, Mulconrey DS, Buchowski JM, et al. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. Spine. 2009; 34:785-791.

58. Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy J-P, Lafage V. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. Spine. 2010;35: 2224-2231.

59. Stucki G, Daltroy L, Liang MH, Lipson SJ, Fossel AH, Katz JN. Measurement properties of a self-administered outcome measure in lumbar spinal stenosis. Spine. 1996; 21:796-803.

60. Lonstein JE. Patient Evaluation. MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. Winter RB, Bredford DS, Lonstein JE, Ogilvie JW. 3rd Ed, Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995; 45-85.

61. Çelik F: Lomber Dar Kanal. Kaya Aksoy (editör) Temel Nöroşirürji, Cilt 2, Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları, Ankara. 2005, s 1063-1072

62. Kaya A, Güçlü B, Benli T: Spinal Stenoz. J Turk Spinal Surg 18:31-56, 2007

63. Ay S, Evcik D: Spinal stenoz ve fizik tedavi yaklaşımları. J Turk Spinal Surg 18:57-66, 2007

64. Steven R. Garfin M D: Spinal stenosis. Rothman RH (editör) The Spine, WB Saunders Company, Philadelphia, 1992, s 791-821

65. Epstein J, Epstein NE: Lumbar spondylosis and spinal stenosis. Wilkins RH, Rengachary SS (editörler) Neurosurgery, Cilt 3, McGraw Hill, New York, 1997, s 3831-3840

66. Ciric I, Mikhael A: The spinal lateral rescess syndrome. Wilkins RH, Rengachary SS (editörler) Neurosurgery, Cilt 3, McGraw Hill, New York, 1997, s 3841-3845

67. Çelik F: Lomber Dar Kanal. Kaya Aksoy (editör) Temel Nöroşirürji, Cilt 2, Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları, Ankara. 2005, s 1063-1072

68. Ciric I, Mikhael A: The spinal lateral rescess syndrome. Wilkins RH, Rengachary SS (editörler) Neurosurgery, Cilt 3, McGraw Hill, New York, 1997, s 3841-3845

69. Greenberg MS: Nöroşirürji El Kitabı. Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul 1994

70. Çavdar S: Omurga ve Omurilik Anatomisi ve Embriyolojisi. Zileli M, Özer F. (editörler), Omurilik ve Omurga Cerrahisi, Cilt 1, ikinci baskı, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 2002, s 15-42

71. Güner G, Elmalı N, Ertem K: Lumbal spinal stenoz. T Özal Tıp Merk Derg 4:236-242, 1997

72. Ay S, Evcik D: Spinal stenoz ve fizik tedavi yaklaşımları. J Turk Spinal Surg 18:57-66, 2007

73. Levent Ö, Yanık B, Kutlay Ş, Eğrin S: Lomber spinal stenozlu olgularda kalsitoninin etkinliğinin değerlendirilmesi. Romatizma 18, 77-81, 2003

74. Kotil K, Bilge T: Microinvasive bilateral decompression via unilateral surgical approaches in the bilateral lumbar disk herniation (Contralateral diskektomy). A novel technique and clinical study. J Neurol Sci 23, 102-107, 2006

75. Kotil K, Akçetin M, Kuşçuoğlu U, Kalaycı M, Bilge T: Lumbar spinal stenozda unilateral minimal invaziv cerrahi ile bilateral spinal kanal dekompresyonu. Türk Nöroşir Derg 16, 52-57, 2006

76. Dubousset J, Charpak G, Skalli W, de Guise J, Kalifa G, Wicart P. [Skeletal and spinal imaging with EOS system]. *Arch Pediatr* 2008; 15: 665-666.

77. During J, Goudfrooij H, Keessen W, Beeker TW, Crowe A. Toward standards for posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathologic conditions. *Spine* 1985; 10: 83-87.

78. Kuntz C 4th, Levin LS, Ondra SL, Shaffrey CI, Morgan CJ. Neutral upright sagittal spinal alignment from the occiput to the pelvis in asymptomatic adults: a review and resynthesis of the literature. *J Neurosurg Spine* 2007; 6: 104-112.

79. Skoyles JR. Human balance, the evolution of bipedalism and disequilibrium syndrome. *Med Hypotheses* 2006; 66: 1060-1068.

80. 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; 31: E959-967.

81. Le Huec JC, Saddiki R, Franke J, Rigal J, Aunoble S. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. *Eur Spine J* 2011; 20(Suppl.-5): 558-563.

82. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur Spine J* 2011; 20(Suppl.-5): 578-585.

83. Barrey C, Jund J, Noseda O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J* 2007; 16: 1459-1467.

84. Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. [Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2003; 89: 632-639.

85. Duval-Beaupere G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng* 1992; 20: 451-462.

86. Jean L. Influence of age and sagittal balance of the spine on the value of the pelvic incidence. *Eur Spine J* 2014; 23: 1394-1399.

87. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine* 2010; 35: E1193-1198.

88. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J* 2011; 20(Supp.-5): 609-618.

89. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine* 2005; 30: 2024-2029.

90. Özer AF, Kaner T. Omurgada sagittel denge. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 2013; 23(2): 13-18.

91. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy J.P. Sagittal plane considerations and pelvis in the adult patient. *Spine* 2009; 34 (17): 1828-1833.

92. Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, McEnery KW. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine* 1995; 20 (12): 1351-1358.

93. Lee ES, Ko CW, Suh SW, Kumar S, Kang IK, Yang JH. The effect of age on sagittal plane profile of the lumbar spine according to standing, supine, and various sitting positions. *J Orthop Surg Res* 2014; 9(1): 11.

94. Garbossa D, Pejrona M, Damilano M, Sansone V, Ducati A, Berjano P. Pelvic parameters and global spine balance for spine degenerative disease: the importance of containing for the wellbeing of content. *Eur Spine J* 2014; 23(Suppl.-6): 616-627.

95. DeWald RL. Revision surgery for spinal deformity. *Instr Course Lect* 1992; 41: 235 250.

96. Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age,sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine* 1994; 19(14): 1611-1618.

97. Rachic M, David B, Anthony V-B Improvement in Sagittal Balance After Decompression Surgery without Fusion in Patients with Degenerative Lumbar Stenosis: Clinical and Radiographic Results at 1 Year. World Neurosurgery 2018; Volume 114: 417-424

98. Endo K, Suzuki H, Tanaka H, Kang Y, Yamamoto K. Sagittal spinal alignment in patients with lumbar disc herniation. Eur Spine J. 2010; 19: 435-438.

99. Suzuki H, Endo K, Kobayashi H, Tanaka H, Yamamoto K. Total sagittal spinal alignment in patients with lumbar canal stenosis accompanied by intermittent claudication. Spine. 2010;35: E344-E346.

100. Takahashi K, Miyazaki T, Takino T, Matsui T, Tomita K. Epidural pressure measurements. Relationship between epidural pressure and posture in patients with lumbar spinal stenosis. Spine. 1995; 20:650-653.

101. Okuda T, Fujimoto Y, Tanaka N, Ishida O, Baba I, Ochi M. Morphological changes of the ligamentum flavum as a cause of nerve root compression. Eur Spine J. 2005; 14:277-286.

102. Enomoto M, Ukegawa D, Sakaki K, Tomizawa S, Arai Y, Kawabata S, et al. Increase in paravertebral muscle activity in lumbar kyphosis patients by surface

electromyography compared with lumbar spinal canal stenosis patients and healthy volunteers. J Spinal Disord Tech. 2012;25: E167-E173.

103. Miyakoshi N, Hongo M, Kasukawa Y, Ishikawa Y, Shimada Y. Prevalence, spinal alignment, and mobility of lumbar spinal stenosis with or without chronic low back pain: a community-dwelling study. Pain Res Treat. 2011; 2011:340629.

104. Magnaes B. Clinical recording of pressure on the spinal cord and cauda equina. Part 2: position changes in pressure on the cauda equina in central lumbar spinal stenosis. J Neurosurg. 1982;57: 57-63.

105. Lurie J, Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis. BMJ. 2016;352:h6234.

106. Jeon C-H, Lee H-D, Lee Y-S, Seo H-S, Chung N-S. Change in sagittal profiles after decompressive laminectomy in patients with lumbar spinal canal stenosis: a 2-year preliminary report. Spine. 2015; 40: E279-E285.

107. Hikata T, Watanabe K, Fujita N, Iwanami A, Hosogane N, Ishii K, et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance. J Neurosurg Spine. 2015; 23:451-458.

108. Madkouri R, Brauge D, Vidon-Buthion A, Fahed E, Mourier KL, Beaurain J, Grelat M. Improvement in Sagittal Balance After Decompression Surgery without Fusion in Patients with Degenerative Lumbar Stenosis: Clinical and Radiographic Results at 1 Year.

109. Fujii K, Kawamura N, Ikegami M, Niitsuma G, Kunogi J. Radiological improvements in global sagittal alignment after lumbar decompression without fusion. Spine. 2015; 40: 703-709.

110. Barrey C, Jund J, Perrin G, Roussouly P. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis. Neurosurgery. 2007;61: 981-986 [discussion: 986].

111. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. Eur Spine J. 1998; 7:99-103.

112. Mehta VA, Amin A, Omeis I, Gokaslan ZL, Gottfried ON. Implications of spinopelvic alignment for the spine surgeon. Neurosurgery. 2012;70: 707-721.

113. Kim MK, Lee S-H, Kim E-S, Eoh W, Chung S-S, Lee C-S. The impact of sagittal balance on clinicae results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: a pilot study. BMC Musculoskelet Disord. 2011;12: 69.

114. Pourtaheri S, Sharma A, Savage J, Kalfas I, Mroz TE, Benzel E, et al. Pelvic retroversion: a compensatory mechanism for lumbar stenosis. J Neurosurg Spine. 2017;27: 137-144.,

115. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Rhim S, Cheh G. An analysis of sagittal spinal alignment following long adult lumbar instrumentation and fusion to L5 or S1: can we predict ideal lumbar lordosis? Spine. 2006;31: 2343-2352.

116. Korovessis P, Dimas A, Iliopoulos P, Lambiris E. Correlative analysis of lateral vertebral radiographic variables and medical outcomes study short-form health survey: a comparative study in asymptomatic volunteers versus patients with low back pain. J Spinal Disord Tech. 2002;15: 384-390.

117. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. Spine. 2012;37: 1077-1082.

118. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy J-P. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. Spine. 2009;34: E599-E606.

119. Yaşar B, Simşek S, Er U, Yiğitkanli K, Ekşioğlu E, Altuğ T, et al. Functional and clinical evaluation for the surgical treatment of degenerative stenosis of the lumbar spinal canal. J Neurosurg Spine. 2009; 11:347-352.

120. Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, Takeda N. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. Spine. 2004;29: 671-676.

121. Mirza SK, Deyo RA, Heagerty PJ, Konodi MA, Lee LA, Turner JA, et al. Development of an index to characterize the “invasiveness” of spine surgery:

validation by comparison to blood loss and operative time. Spine. 2008;33: 2651-2661 [discussion: 2662].

122. Campbell PG, Yadla S, Malone J, Maltenfort MG, Harrop JS, Sharan AD, et al. Complications related to instrumentation in spine surgery: a prospective analysis. Neurosurg Focus. 2011; 31: E10.

123. Vital JM, Pedram M, Jacotot A, Skalli W. Preoperative calculations in the correction of postoperative flatback [Abstract]. Seventh Annual Meeting of International Meeting on Advanced Spine Techniques. Barcelona, Spain. 2000.

124. Obeid I, Hauger O, Aunoble S, Bourghli A, Pellet N, Vital JM (2011) Global analysis of sagittal spinal alignment in majör deformities: correlation between lack of lumbar lordosis and flexion of the knee. Eur Spine J 20(Suppl 5):681–685

125. Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, D'Acunzi G, Perrin G (2013) Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine. Eur Spine J 22(Suppl 6): S834–841

126. Lazennec JY, Ramare S, Arafati N et al (2000) Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. Eur Spine J 9:47–55

127. Goldstein JA, Macenski MJ, Griffith SL, McAfee PC. 2001 Lumbar sagittal alignment after fusion with a threaded interbody cage. Spine (Phila Pa 1976).; 26: 1137–1142.

128. Tribus CB, Belanger TA, Zdeblick TA.1999 The effect of operative position and short-segment fusion on maintenance of sagittal alignment of the lumbar spine. Spine (Phila Pa 1976).; 24:58–61.

129. Kumar M, Baklanov A, Chopin D (2001) Correlation between sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion. European Spine Journal 10:314–319

130. Kawakami M, Tamaki T, Ando M, Yamada H, Hashizume H, Yoshida M.2002 Lumbar sagittal balance influences the clinical outcome after decompression and posterolateral spinal fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976).;27: 59–64.

131. Le Huec JC, Charosky S, Barrey C, Rigal J, Aunoble S (2011) Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment. Eur Spine J20(Suppl 5): 699–703

132. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy JP. 2009 Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. Spine (Phila Pa 1976).; 34: 1828–1833.

133. Öztop F. İntervertebral disk dejenerasyonunun patolojisi. Zileli M, Özer F (Editörler). Omurilik ve omurga cerrahisi'nde. 1. cilt. İzmir: Meta Basım; 2002.s.537-48.

T.C.

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Dr. Bilal YEKELER'e ait "**Lomber Dar Kanal Cerrahisinde Unilateral Yaklaşımla Bilateral Dekompresyon Yapılan Olgularda Erken Dönem Sagittal Balans Parametrelerinin Değerlendirilmesi**" adlı çalışma jürimiz tarafından Nöroşirurji Anabilim Dalında Tıpta Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tarih: …… /……/2022

Başkan : …….

Üye : ……..

Üye : ……..