

T.C
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

**SKOLYOZ CERRAHİSİ SONRASI
SERVİKAL ANLIK ROTASYON MERKEZİ
DEĞİŞİYOR MU?**

DR. ALİ ASMA

UZMANLIK TEZİ

İZMİR-2018

T.C
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

**SKOLYOZ CERRAHİSİ SONRASI
SERVİKAL ANLIK ROTASYON MERKEZİ
DEĞİŞİYOR MU?**

UZMANLIK TEZİ

DR. ALİ ASMA

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. RASİM HALUK BERK

İÇİNDEKİLER TABLOSU

ÖZET	1
SUMMARY	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	3
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. ANLIK ROTASYON MERKEZİ	5
2.1.1 Normal Yerleşimi ve Ölçümü	5
2.1.2 Anormal Yerleşimli Anlık Rotasyon Merkezi.....	7
2.2. SAGİTTAL DENGİ	8
2.3. SKOLYOZ	13
2.3.1. Tanımı.....	13
2.3.2 Sınıflaması.....	13
2.3.3 İdiyopatik Skolyoz.....	14
2.3.4. Terminoloji	15
3. GEREÇ ve YÖNTEM	16
3.1 İstatistiksel Yöntem	21
4. BULGULAR	23
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇ	52
EK-1 Korelasyon Tablosu	53
EK-2: Veri Tablosu	58
EK-3: Hasta Örnekleri.....	62
7. KAYNAKLAR.....	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Anlık Rotasyon Merkezi(ARM) geometrik tespiti	5
Şekil 2: Servikal omurga segmentlerinin ARM merkezleri.....	6
Şekil 3: Servikal Sagittal Denge Parametreleri (Dr Canver Önal'ın katkılarıyla)	8
Şekil 4: C2-C7 SVA (Sagittal Vertical Axis) (Dr Canver Önal'ın katkılarıyla)	9
Şekil 5: C7-S1 SVA.	11
Şekil 6: Pelvik Parametreler, VRÇ(vertikal referans çizgisi) HRÇ(horizantal referans çizgisi) SS(Sakral Slop) PT(Pelvik Tilt) Pİ(Pelvik İnsidans)	11
Şekil 7: C6-C7 segmenti için C7 vertebra üzerinde servikal fleksiyon ve ekstensiyon grafiğinin üst üste düşürülmesi	18
Şekil 8: Bir önceki resimdeki hastanın C6-C7 segmenti için ARM tespiti.....	19
Şekil 9: Değişkenlerin korelasyon analizi sonucu. ..	26
Şekil 10: ASL(d_asl) ve C4-C5 ARM y(d_y) eksenli regresyon çizgisi.	26
Şekil 11: Alt servikal lordoz(d_asl) T1 eğimi(d_t1e) arasındaki korelasyon.....	28
Şekil 12: Preoperatif sırasıyla ekstensiyon, fleksiyon görüntüleri ve bunların C7 vertebra üzerinde düşürülmesiyle oluşan görüntü.	33
Şekil 13: Preoperatif sırasıyla fleksiyon ve ekstensiyon görüntüleri ve bunların C7 vertebra üzerinde düşürülmesi.....	35
Şekil 14: Preoperatif C4-C5 segmenti için fleksiyon ve ekstensiyon grafiğinin C5 vertebra üzerinde üst üste düşürülmesi.	62
Şekil 15: Postoperatif C4-C5 segmenti için C5 vertebra üzerinde fleksiyon ve ekstensiyon grafiğinin üst üste düşürülmesi	63

TABLÖLER VE GRAFİK LİSTESİ

Tablo 1: Preoperatif değişkenler için minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri,)	23
Tablo 2 Postoperatif-Preoperatif Wilcoxon işaretli sıra testi sonuçları.	24
Tablo 3: Spearman Korelasyon Analizi Sonuçları.	25
Tablo 4: Preop T5-12 torakal kifoz- ASL(alt servikal lordoz) ilişkisi..	30
Tablo 5: T2 enstrumentasyonu ASL ilişkisi	31
Tablo 6: L2'nin altında enstrumentasyon olmasının ÜSL ile korelasyonu	31
Tablo 7: L2'nin altında enstrumentasyon olmasının C4-C5 ARM y eksenine ilişkisi	32
Tablo 8: Wilcoxon sıralı testi sonucunda preoperatif postoperatif ARM değişimi.	37
Tablo 9: C6-C7 ARM y eksenine değişiminin sırasıyla ÜSL ve ASL ile ilişkisi.	38
Tablo 10: C6-C7 ARM y ekseninde postoperatif inferiora kayma(negatif 1) superiora kayma(pozitif 2) ve T2 enstrumentasyon ilişkisi.	39
Tablo 11: C6-C7 segmenti ARM ile Lenke subtiplerinin ilişkisi	40

KISALTMALAR

ARM: Anlık Rotasyon Merkezi

EHA: Eklem Hareket Açıklığı

SSD: Servikal Sagittal Denge

SVA: Sagittal Vertikal Aksis

PT: Pelvik Tilt

Pİ: Pelvik İnsidans

SS: Sakral Slope(eğim)

LL: Lomber Lordoz

VRÇ: Vertikal Düzlem Çizgisi

HRÇ: Horizontal Düzlem Çizgisi

AİS: Adölesan İdiopatik Skolyoz

ASL: Alt Servikal Lordoz

ÜSL: Üst Servikal Lordoz

T1PVA: T1 Pelvik Açısı

T1E: T1 Eğimi

TK: Torakal Kifoz

SL: Servikal Lordoz

T1SPi: T1 Spinopelvik İnklınasyon Açısı

TEŞEKKÜR

Ortopedi ve Travmatoloji uzmanlık eğitimim süresince; bizlere her zaman bilgi, birikim ve tecrübelerini aktaran, desteklerini esirgemeyen, edindiğim bilgi ve deneyimlerde büyük katkısı olan Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı olan değerli hocam Prof. Dr. Hasan HAVİTÇİOĞLU'na, hasta arşivlerini kullanmamı sağlayan ve ilgi duyduğum omurga cerrahisini bana sevdiren değerli hocalarım Prof. Dr. Ömer AKÇALI'ya, Prof. Dr. Can KOŞAY'a, Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞLI'ya, Doç. Dr. Safa SATOĞLU'na, yol göstericiliği ile meslek hayatımda etkili olan aynı zamanda bu çalışmanın başlangıç fikri ve yürütülmesinde her zaman yanımda olup bana yardımcı olan tez hocam Prof. Dr. Haluk Berk'e, bu süreçte her zaman neşeli bir ortamda beraber çalıştığım tüm meslektaşlarıma özellikle de bu çalışmada bana yardımcı olan Dr. Cihangir TÜREMİŞ'e ve Dr. Cavid KHALİLOV'a, istatistiksel analizleri yapan Sn. Mehmet Burak BARTAN'a ayrı ayrı teşekkür eder, sonsuz saygılarımı sunarım. İhtisasıma başladığım klinik olan İstanbul Tıp Fakültesi'nde yetişmemde emeği geçen tüm hocalarıma da ayrı ayrı teşekkürü borç bilirim.

Tez sürecinde gerek çizimlerde gerekse yazılımsal alt yapı desteğinin sağlanmasında desteklerini aldığım kadim dostlarım Dr. Canver ÖNAL ve Yük. Müh. Ercan BOZKURT'a, tez jürisinde yer alan kıymetli hocam Doç. Dr. Mutlu ÇOBANOĞLU'na sunduğu katkılardan dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez sürecimin en yakın tanığı ve destekçisi olan kıymetli eşim Burcu ASMA'ya, tüm hayatım boyunca mensubu olmaktan gurur duyduğum geniş ailemin tüm fertlerine teşekkür eder, sonsuz sevgilerimi sunarım.

Dr. Ali ASMA

Kasım-2018

ÖZET

Arkaplan: Servikal omurga hareketin kalitesinin ölçülmesinde kullanılan parametre olan Anlık Rotasyon Merkezi(Instantaneous center of rotation - ARM) belirli bir düzlemde hareket eden bir ünitenin sıfır hızda olan hareket etmeyen, rotasyonun merkezi olarak tariflenen bölgesi olarak tanımlanmıştır. Servikal vertebra eklem hareketin kalitesi ve anormalliklerin tespitinde gözlemciler arası büyük farklılıklar gösteren statik EHA (eklem hareket açıklığı) ölçümüne göre dinamik bir ölçüm olarak daha kesin sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bir spinal segmentde normal hareketleri tespit ettiği gibi anormal hareketleri de tespit edebildiği için eklem hareketinin kalitesinin ölçülmesinde kullanışlı bir parametredir.

Amaç: Torakal seviyede enstrumentasyon yapılmış olan skolyoz hastalarının preop ve postop servikal ARM değişiminin tespitiyle torakal enstrumentasyonun servikal hareket üzerine etkisini kantitatif bir veriyle göstermeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya 25 adet Adölesan İdiopatik Skolyoz(AİS) tanısı almış hasta dahil edildi. Preoperatif ve postoperatif servikal fleksiyon-ekstension grafileri üzerinden C4-C5 ve C6-C7 segmentlerinin ARM'leri tespit edildi. Bunun yanısıra T2 enstrumentasyonun olup olmaması, servikal sagittal parametreler olarak C2- C7 Sagittal Vertical Aksis(SVA), Üst Servikal Lordoz(ÜSL), Alt Servikal Lordoz(ASL), T1 Eğimi(T1E), global sagittal parametreler olarak SVA, T1 Pelvik Açığı(T1PVA) , pelvik parametreler olarak Pelvik İnklans(Pİ), Sakral Slope(SS), Pelvik Tilt(PT), torakal kifoz ölçütü olarak T1-T5 kifozu ile T5-T12 kifozu, L2 vertebraının altında enstrumentasyonun olup olmaması, üst enstrumentasyonda pedikül vidası veya çengel kullanımı ve de eğriliğin tipi tespit edilerek preop postop değerler açısından araştırıldı.

Sonuçlar: AİS cerrahisi sonrasında postoperatif olarak C4-C5 ve C6-C7 segmentlerinde istatistiksel açıdan anlamlı ARM değişimi tespit edilememiştir. Örneklemimizdeki 25 hastanın 20'sinde postoperatif T5-T12 kifozunda azalma tespit edilmiştir ve bu istatistiksel açıdan anlamlıdır. Yine aynı şekilde postoperatif T1PVA, SVA ve de SS'de de istatistiksel açıdan anlamlı artışlar gerçekleşmiştir.T1E ile ASL, T5-T12 kifozu, SVA ve C2-C7 SVA arasında korelasyon tespit edilmiş olup T1 eğiminin servikal, torakal ve global parametreler için kilit rol oynadığı tespit edilmiştir. Postoperatif servikal kifoz ya da lordoz gelişimi ile ARM değişimi arasında yani servikal eklem hareket arkı ve kalitesi arasında bir ilişki bulunamamıştır.

SUMMARY

Background: The ICR refers to a non-moving line with zero velocity around which a rigid body is moving in a particular plane and forming the center of motion. It is known that ICR, as a dynamic measurement, gives more accurate results in terms of quality of the cervical vertebral joints motion and the detecting the abnormalities in motions when compared to ROM measurement which is based on static measurements and shows great differences between observers. Because it can reveal abnormal patterns of motion within individual segments-despite a normal range of motion-the ICR has been considered a parameter for determining the quality of vertebral motion.

Purpose: We aimed to determine the effect of thoracic instrumentation on cervical movement with the determination of preop and postoperative cervical ICR changes in scoliosis patients who had undergone thoracic level instrumentation.

Material and Method: 25 AIS patients were included in this study. C4-C5 segmental ICR and C6-C7 segmental ICR were determined by preoperative and postoperative cervical flexion-extension x rays. In addition, cervical sagittal parameters as C2- C7 Sagittal Vertical Axis (SVA), Upper Cervical Lordosis (UCL), Lower Cervical Lordosis (LCL), T1 Inclination (T1E), global sagittal parameters as SVA, T1 Pelvic Angle (T1PVA), pelvic parameters as Pelvic Incidence(PI), Sacral Slope (SS), Pelvic Tilt (PT), kyphosis parameters as T1-T5 and T5-T12 kyphosis were determined and preop postop values were searched. The presence of T2 instrumentation and the instrumentation under the L2 vertebra, the usage of pedicle screw or hook in the upper instrumentation and the type of curvature were also investigated in each patient.

Results: There was no statistically significant change in C4-C5 and C6-C7 ICR postoperatively. 20 of 25 patients in our sample had a decrease in postoperative T5-T12 kyphosis and this was statistically significant. Also, there were statistically significant increases in postoperative T1PVA, SVA and SS. T1S was correlated with ASL, T5-T12 kyphosis, SVA and C2-C7 SVA and it has been found that T1S play a key role for cervical, thoracic and global parameters. There was no relationship that found between the development of postoperative cervical kyphosis or lordosis and ICR which one represents the quality and quantity of intervertebral motion

1. GİRİŞ ve AMAC

Anlık Rotasyon Merkezi(Instantaneous center of rotation - ARM) belirli bir düzlemde hareket eden bir ünitenin sıfır hızda olan hareket etmeyen, rotasyonun merkezi olarak tariflenen bölgesi olarak tanımlanmıştır(1). Adölesan İdiopatik Skolyoz'un güncel cerrahi tedavisi altta yatan deformitenin düzeltilmesinin amaçlandığı ve bu düzeltmenin korunması için eğriliğin füzyonunun yapıldığı geniş ortopedik cerrahileri içermektedir. Bu füzyonlar sonucunda torakal bölgeye komşu olan servikal bölgenin de bu füzyondan etkilenmesi gerektiği şüphesi tezimizi planlarken çıkış noktamız oldu. Önceki çalışmalarda skolyoz cerrahisi sonucunda gelişen servikal şikayetler bildirilmiştir(2, 3).

Anlık Rotasyon Merkezi (ARM) servikal vertebra eklem hareketin kalitesi ve anormalliklerin tespitinde gözlemciler arası büyük farklılıklar gösteren statik EHA (eklem hareket açıklığı) ölçümüne göre dinamik bir ölçüm olarak daha kesin sonuçlar verdiği gösterilmiştir(4). Bir spinal segmentde normal hareketleri tespit ettiği gibi anormal hareketleri de tespit edebildiği için eklem hareketinin kalitesinin ölçülmesinde kullanışlı bir parametredir(5). Rotasyonun merkezi olması itibariyle fonksiyonel spinal ünitenin temel hareketlerinin tanımlanmasında da kullanılır(6). Servikal disk mesafesinin herhangi bir nedenle azalması da ARM değişiminin en önemli nedenlerinden biri olarak gösterilmiştir(7). Yine aynı şekilde subaksiyal servikal segmentlerde ARM noktasının alt segmentlere ilerledikçe daha aşağıda bir noktaya yerleştiği Bogduk ve arkadaşları tarafından gösterilmiştir(4). ARM 'nin sensitivitesine dair Baillergeon ve ark. yaptığı çalışmada ise gözlemciler arası değişkenlik 1.2 mm olarak tespit edilmiştir(8). Schneider ve ark. ise translasyon ve rotasyon normal olsa bile anormal yerleşimli ARM'nin eklem hareketindeki problemi gösterebildiğini bildirmişlerdir(5).

Bu şekilde torakal seviyede enstrumentasyon yapılmış olan skolyoz hastalarının preop ve postop servikal ARM değişiminin tespitiyle torakal enstrumentasyonun servikal hareket üzerine etkisini kantitatif bir veriyle göstermiş olacağız. Bununla birlikte çalışmamız bir sonraki çalışmaların öncülü olabilme potansiyeli taşımaktadır. Torakal enstrumentasyonda üst uç vertebrada çengel ya da pedikül vidası seçiminin yine servikal ARM'ye olan etkisi ya da L3 ve de altında biten uzun enstrumentasyonların, T2 vertebra enstrumentasyonun servikal saggital profil üzerindeki etkileri ortaya konulabilecektir .Yine çalışmamız sonucunda anlamlı bir değişiklik elde edemesek dahi torakal enstrumentasyonun servikal bölge kinematiğine anlamlı bir etkisinin olmadığını gösterebileceğiz.

Bu çalışmamızın hipotezi ise şudur. Adölesan idiopatik skolyoz hastalarında yapılan füzyon cerrahileri sonucunda komşu segment olan servikal bölgenin biyomekaniği değişecektir ve de bunun bir göstergesi olarak ARM preop ve postop anlamlı olarak farklı olacaktır.

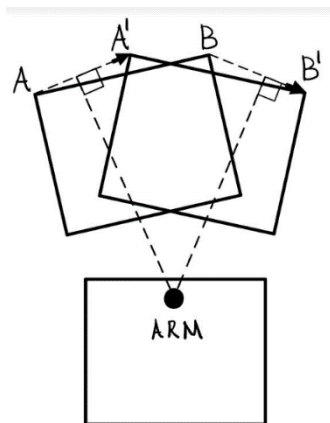


2. GENEL BİLGİLER

2.1. ANLIK ROTASYON MERKEZİ

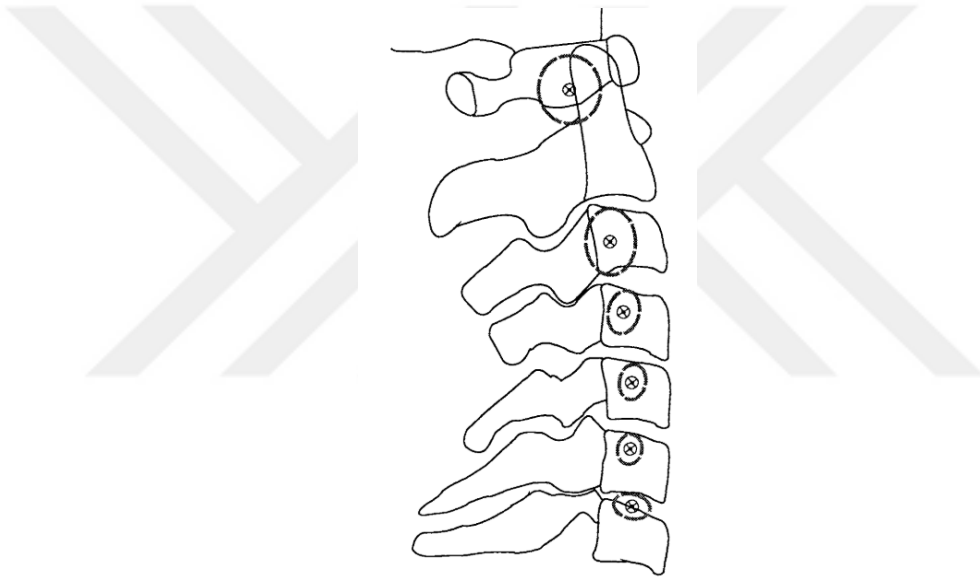
2.1.1 Normal Yerleşimi ve Ölçümü

Anlık Rotasyon Merkezi (ARM) omurga hareket arkının ve kalitesinin ölçümünde kullanılan bir parametredir. Servikal omurgada anormal bir hareket ARM değişimi ile tespit edilebilir. Geometrik bir ölçümle bulunan ARM için bir omurga segmenti, örneğin C4-C5, tespit edilir. Sonrasında üst omurganın 2 noktası tespit edilir. Fleksiyon ve ekstension hareketi sırasında elde edilen servikal grafiğin alt omur üzerinde üst üste düşürülmesiyle üst omurdaki 2 noktanın alt omur üzerindeki hareket arkı bulunur. Fleksiyon ve ekstansiyondaki grafiplerde bu 2 noktadan inen dikmelerin kesiştirilmesiyle ilgili segmente dair ARM tespit edilir (9-11) (Şekil 1). Amevo ve ark normal populasyon üzerinde yaptıkları çalışmalarında hata oranını azaltmak için vertebradaki kortikomedüller geçiş bölgesinin üst üste düşürülmesini tavsiye etmişlerdir. ARM'nin standartize edilmesi için alt omurun boyuna ve genişliğine göre oranlanarak koordinat sistemine yerleştirmişlerdir(12). Bu tekniğin dışında sonlu eleman analizleri ile de tespit edilebilir (13, 14). Panjabi ve ark ARM tespitindeki hataları araştırdıkları çalışmalarında alt spinal segmentlerde ve düşük radyografik kalitenin ARM tespitinde hata ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir(15). Statistik radyografik ölçümlerin hata oranı ihtimalinin bulunması nedeni ile Van Mameren ve ark tarafından ARM sineradyografik olarak kaydedilmiştir. Normal asemptomatik erişkin populasyonunda servikal segmentde ARM yaklaşık olarak alt vertebra gövdesinin üst ve arka yarısına uymaktadır(7).



Şekil 1: Anlık Rotasyon Merkezi (ARM) geometrik tespiti, bir hareket segmentinde maddenin iki ayrı pozisyonundaki izdüşümlerinden çıkarılan diklerin kesişimi ile o segmente ait ARM tespit edilir.

Servikal omurgada fleksiyon ve ekstensiyonun büyük oranda subaksiyal omurlar üzerinden oluşması nedeni ile ARM ölçümleri genel olarak bu bölgeden yapılmaktadır. C6-C7 segmentinden yukarı doğru çıkıldıkça ARM üst uçplak seviyesinden giderek aşağı ve posteriora doğru yönelmeye başlar. C2-C3 seviyesinde korpusun ortasındaiken C1-C2 seviyesinde krusiyat bağın transvers parçasına lokalize olur (16) (Şekil 2). Bu durumun nedeni olarak alt servikal segmentlerde daha çok “tilting- eğilme” ile fleksiyon ekstansiyon arkı sağlanırken, üst segmentlerde daha çok “gliding-kayma” ile bu hareket sağlanması kabul edilir. Kayma hareketi daha çok translasyon gerektirdiği için teorik olarak daha instabil bir harekettir. Bu instabiliteyi önlemek için üst servikal segmentlerde artmış posterior gergi bandı ARM’yi posteriora doğru değiştirmektedir.



Şekil 2: Servikal omurga segmentlerinin ARM merkezleri. Kranyal yönde ilerlerken inferior ve posterior yönelime dikkat ediniz(16)

Pearcy ve ark yaptıkları çalışmada bir omurga ünitesinde hareket arkı 5 dereceden daha az ise o üniteye yapılacak ARM ölçümünün hatalı sonuçlar vereceğini bildirmişlerdir. Bu nedenle bir segmente dair ARM tespitinde arka arkaya alınacak x ray görüntülerinde hareket arkı 5°’den az olacağı için hareketin başı ve sonunda alınacak x raylerin yeterli ve ARM tespitinde anlamlı olacağını bildirmişlerdir(17)

2.1.2 Anormal Yerleşimli Anlık Rotasyon Merkezi

Servikal omurga üzerine düşen kompresyon, makaslama ya da vektörel kuvvetlerdeki değişiklikler ARM'nin değişmesine neden olur(4, 18). ARM' deki değişim klinik yansımalar ile de ilişkili bulunmuştur. Amevo ve ark. altı aydan fazla boyun ağrısı olan ve kliniğe başvuran 109 hastanın incelemesinde % 46'sında anormal ve % 26'sında marjinal ARM tespit etmiştir (9). Mayer ve ark. ise servikojenik başağrısı olan 12 hasta ile 18 kişilik kontrol grubunu karşılaştırdıkları çalışmalarında servikojenik başağrısı olan grupta özellikle C2-C3 segmentinde olmak üzere anormal ARM tespit etmişler ve de C2 sinir kökü enjeksiyonu ile başağrısını tedavi etmişlerdir(19). ARM' de değişiklikler örneğin kas spazmı ya da yaşlılığa bağlı oluşan dejenerasyonlar gibi faktörlerden de etkilenir. Yaşlı popülasyonunda disk mesafesinin azalmasına ve dejenarasyona bağlı anteriora ve de superiora doğru bir değişiklik oluşur.(20)

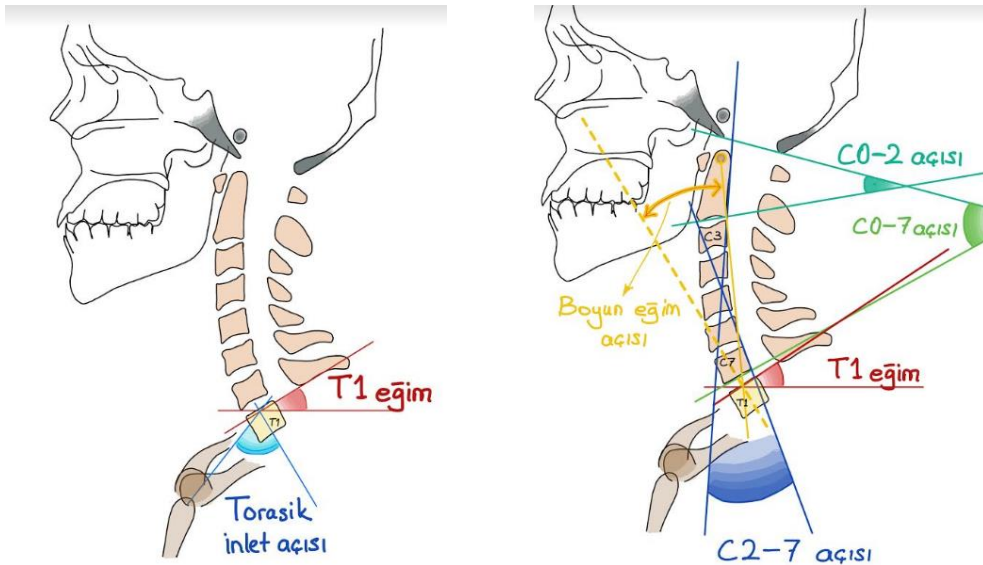
Servikal omurganın anterior yaralanmaları inceleyen bir kadavra çalışmasında sırasıyla anterior longitudinal bağ, annulus fibrosus ve unkovertbral eklemler hasara uğratılmış ve de ARM'nin sağlam taraf olan posteriora doğru yöneldiği gösterilmiştir(21). Kaneoka ve ark kırbaç yaralamasını simüle ettikleri çalışmalarında alt servikal ve üst servikal segmentlerde hareketin sonunda ilişki kaybını tespit etmişlerdir ve bunun sonucunda ARM'nin kranyal yönlü değişim gösterdiğini bildirmişlerdir(22)

ARM lokalizasyonu maddenin yayılımına bağlıdır .Eğer bir yapı lineer olarak deforme oluyorsa rotasyon merkezi kayacaktır. Eğer yapı zarar görüp değişirse ARM aynı yerde kalmayacaktır(23). Haher ve ark flexion ve ektensiondaki omurgaya uygulanan kuvvetlerde 3 kolonun etkilenim düzeyine göre ARM'nin değişimini gösterdikleri biyomekanik çalışmada değerli verilere ulaşmışlardır. Bir objeye hareket oluşturmak için uygulanan kuvvetlerin etkilerini açıklamada ARM'yi basit ve kesin bir metod olarak göstermişlerdir. Normal durumlarda ARM'nin intervertebral disk bölgesine yakın yerleşimli olduğunu bildirmişlerdir. Anterior ve de orta kolon yaralanmalarında ARM'nin posterior ve inferior yönelimi ile external kasların da vektörünün dışına taşıtığını bu nedenle iki kolon kırıklarının instabil olduğunu bildirmişlerdir. Bu yüzden anterior yaralanmalarda ARM eski merkezine almak için anterior enstrumentasyonun, posterior yaralanmalarda da posterior enstrumentasyonun yapılması gerekliliğini bildirmişlerdir. ARM'nin bir omurga segmentinde hasar oluşması sonucunda sağlam tarafa doğru kaydığını bildirmişlerdir(24)

2.2. SAGİTTAL DENGİ

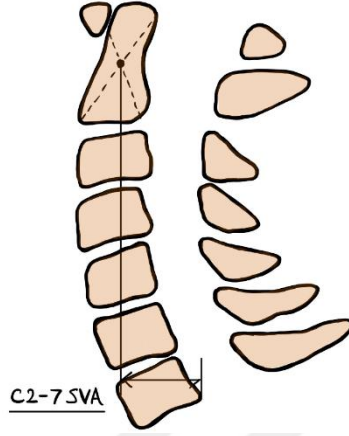
Servikal omurga başın desteklenmesi görevinin yanısıra omurganın en fazla hareket sağlayan eklemlerine sahip olması nedeniyle önem arz etmektedir. Omurganın bu önemli segmentinin patolojileri fonksiyon kayıplarına ve yaşam kalitesinde azalmalara yol açmaktadır. Servikal lordoz infantın başını dik tutmaya başlamasıyla gelişen bir adaptasyon sürecidir ve horizontal bakışın sürdürülmesi için gerekmektedir(25). Bu durumu intervertebral disk kalınlıklarının artışı ile sağlamaktadır. Bunun yanısıra servikal omurga horizontal bakışın sürdürülebilmesi için global spinal dengedeki ve PT' deki değişiklikleri kompanze etme görevini de üstlenmektedir(26). Global spinal dengenin C7 çekül çizgisini dikkate alarak değerlendirilmesi ise horizontal bakışın sürdürülmesini sağlayan omurganın bu segmentinin dengedeki rolünün ilk başlarda gözardı edilmesine neden olmuştur(27)

Servikal sagittal denge (SSD) servikal omurganın sagittal plandaki yerleşimi tanımlayan bir değerler ölçütüdür. Bu alandaki çalışmalar genel olarak SSD'deki dizilim kusurlarının klinik yansımaları olarak düşünülen baş ağrısı, boyun ağrısı ve de azalmış yaşam kalite ölçekleri üzerine yoğunlaşmaktadır(28-31). Bir çok parametre tanımlanmıştır. Bunlar C0-C7 SVA(sagittal vertikal eksen), C2-C7 SVA(32), T1 eğimi(26), Baş eğimi- Boyun eğimi(33), Çene-Alın Vertikal açısı (34) olarak sınıflandırılır. C2-C7 SVA ve de T1 eğimi sıklıkla kullanılan parametrelerdir(Şekil 3).



Şekil 3: Servikal Sagittal Denge Parametreleri (Dr Canver Önal'ın katkılarıyla)

C2-C7 SVA ölçümünde C2 omurunda dens aksis merkezinden indirilen vertikal çekül çizgisinin(plumb line) C7 vertebra gövdesinin posteroinferior köşesine olan uzaklığı kullanılır. (Şekil 4) C2- C7 SVA mesafesinin 4 cm üzerinde olması patolojik olarak kabul edilir ve düşük yaşam kalite ölçütleri skorlarıyla ilişkili bulunmuştur(35, 36).



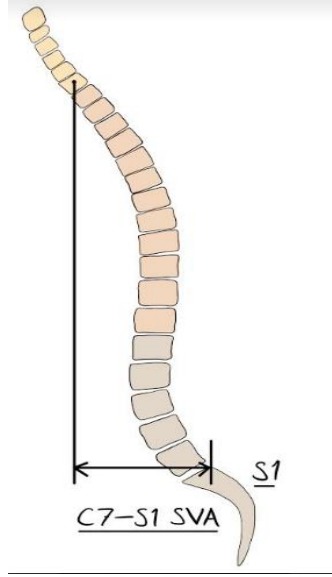
Şekil 4: C2-C7 SVA (Sagittal Vertical Axis) (Dr Canver Önal'ın katkılarıyla)

SSD iyi bir göstergesi olan T1 eğiminde ise T1 vertebra üst son plağından çizilen çizginin horizontal düzlem ile yaptığı açı belirlenir(Şekil 3). Servikal omurlar T1 vertebranın üzerinde oturdukları için kafa ağırlık merkezinin iletiminde T1 eğimi önem arz etmektedir. T1 eğimindeki artış torasik hiperkifoza sekonder görülebilenken aynı zamanda pozitif global spinal balansın neden olduğu anteriora eğilimin sonucunda da görülebilir. Burada artan T1 eğimi servikal lordoz artışı ile kompanse edilir. Burada önemli olan torakolomber cerrahilerin sonucunda gelişen servikotorasik deformitelerin kompanzasyonunda(örneğin proksimal kavşak kifoza) torakal ve lomber kompanzasyonun uygulanamayacağı için, horizontal bakışın sürdürülebilmesi için pelvik retroversiyon devreye girecektir.

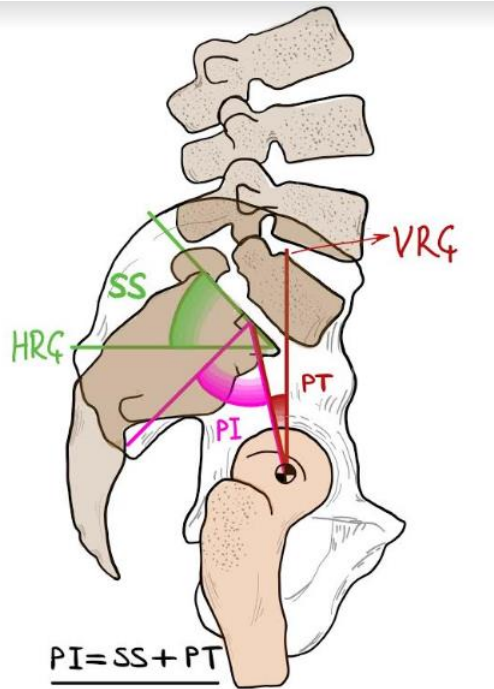
T1 eğimi ve C2 SVA arasında da korelasyon gösterilmiştir. Knott ve ark yaptıkları çalışmada spinal şikayetler nedeni ile polikliniğe başvuran hastaların değerlendirilmesinde 25° ve üstü T1 eğimi olan hastaların C2 SVA ölçümünde 10 cm ve üzeri dengesizlik ile ilişkili bulunurken, T1 eğimi 13° ve altında olanların negatif sagittal dengesinin olduğunu ve herhangi bir klinik sonuca neden olmadığını bildirmişlerdir(37). Buna karşın Park ve ark. T1 eğimine dair farklı bulgular elde ettikleri çalışmalarını yayınlamışlardır. Bu çalışmada yaşın servikal sagittal dizilim üzerine olan etkilerini incelemişler genç ve yaşlı populasyon olmak üzere iki

sağlıklı popülasyonda değerlendirmişler. Yaşla birlikte baş ve boyunda anteriora doğru bir kayma ve horizontal bakışı koruyabilmek için de kompensatuvar olarak servikal lordozda artışın olduğunu bildirmişlerdir. Önceki çalışmalardan farklı olarak servikal lordozdaki artmayı oluşturmak için T1 vertebranın daha da horizontalleşerek T1 eğimini azalttığını bu sayede servikal omurganın horizontal bakışı sağlama fonksiyonuna katkı sağladığını bildirmişlerdir(38). Bu iki çalışmanın dikkatle yorumlanması gereken kısmı ise birinin hasta diğerinin sağlıklı popülasyon üzerinde yapılmasıdır. T1 eğimi 25° ve üstü olanların 10 cm ve üzeri C2 SVA ile ilişkili olması dekompanzasyon olmuş olan pozitif sagittal dengenin bir sonucu olarak yorumlanmalıdır. Sağlıklı popülasyonda T1 eğimi azaltılarak kompanzasyon sağlanmaktadır.

Servikal sagittal dizilim servikal sagittal Cobb açısı ile yüksek oranda ilişkili olmasına karşın, unutulmaması gereken bir diğer etken ise torakolomber bölge ve pelvisi de içine alan global spinal dengenin radyolojik ölçümsel karşılığı PT(pelvik tilt) $<25^{\circ}$, SVA <50 mm, PI-LL(pelvik insidans – lomber lordoz) $<10^{\circ}$ olduğu sagittal dizilim olarak kabul edilir(39)(Şekil 5 ve 6). Legaye ve Beaupere tarafından literatüre kazandırılan pelvik parametreler global spinal dengenin tanımlanmasında kullanılır(40). Anatomik bir ölçüt olan ve pozisyonel olarak değişmediği varsayılan Pelvik İnsidans(Pİ), sakral üst uçplağın horizontal düzlemle yaptığı açı olan Sakral Slope(SS) ve bifemoral aksın sakral üst endplate'in orta noktasıyla kesişiminin vertikal düzlemle yaptığı açı olan Pelvik Tilt(PT) toplamından oluşmaktadır.(Şekil 6) Mac Thiong ve ark pelvik parametrelerin immatur omurgada gelişimini izledikleri çalışmalarında yaşla birlikte Pİ'da artış olduğunu ve de bu artışın daha çok PT subkomponentinden kaynaklandığını bildirmişlerdir(41).



Şekil 5: C7-S1 SVA, C7 vertebra gövdesinden indirilen çekül çizgisinin(plumb line) S1 vertebra posterosuperior köşesine olan uzaklığı ölçülür. Çizgi S1 vertebra posterosuperior köşesinin anterioruna düşerse pozitif değerler alırken, posterioruna düşerse negatif değerler alır. $C7-S1 SVA \geq 5\text{cm}$ global sagittal dengesizlik olarak kabul edilir.



Şekil 6: Pelvik Parametreler, VRÇ(vertikal referans çizgisi) HRÇ(horizantal referans çizgisi) SS(Sakral Slop) PT(Pelvik Tilt) Pİ(Pelvik İnsidans)

Pelvik parametreleri tarifleyen araştırmacılar üç kafa karıştırıcı senaryoyu da başka bir yayında bildirerek spinopelvik ilişkiye açıklık getirmişlerdir. Öncelikle Pİ ve SS arasında ve SS ile lomber lordoz arasında yüksek oranda korelasyon ($r=0,83752$) olduğunu ortaya koymuşlardır ve bu sonuçları formülize ederek şu denklemleri bildirmişlerdir(42). $\text{Sacral slope} = (\text{pelvic incidence} \times 0.5481) + 12.7^\circ (\pm 6.39^\circ)$ ve $\text{lordoz} = (\text{sacral slope} \times 1.087) + 21.61^\circ (\pm 4.16^\circ)$ Bu sonuçların ışığındaki üç senaryodan ilkinde SS'si 45° ve buna göre Pİ'si 55° olarak uygun olan hastada teorik olarak görülmesi gerekenden ($66-74^\circ$) fazla (85°) lordozu olan grup. Burada Pİ ile uyumsuz bir lordozun görülmesi patolojinin diğer omurga segmentlerinden kaynaklandığına işaret eder. Artmış kifoza kompanse etmek için lomber omurgada lordoz artışı gerçekleşmiştir. İkinci senaryoda Pİ'a göre (55°) anormal olan SS (56°) ve SS'a göre normal olan LL. Burada LL ile SS arasında uyumun olması problemin pelvik kökenli olduğunu gösterir. Artmış kalça fleksiyon kontraktürü(osteoartrit, kapsüller ya da muskuler kontraktürler, diz kontraktürü) pelvisde anteriora doğru bir eğim yaratıp SS'i arttırırken, LL'de gövdenin öne doğru eğilimini engellemek, ağırlık merkezi çizgisini femur başlarının arkasından geçirmek için artmaktadır. Üçüncü senaryoda ise Pİ'ya göre azalmış SS derecesi ve LL derecesi. Burada da sorun yine lomber orijinli olup azalmış LL (örneğin düzsirt deformitesi) gövdesinin öne doğru devrilmesini engellemek amacıyla SS'u horizontalleştirmeye çalışır.

SSD kendisi global spinal dengeyi etkileyebildiği gibi, kendisi de kompanzatuvar mekanizmalar aracılığı ile etkilenebilir. Artmış pelvik insidans lomber lordozda artışa yol açarken, bu da ikincil olarak torakal kifoz da artışa, üçüncül olarak da servikal lordozda artışa neden olur(43). Buna karşın lomber lordozda azalma pelvic retroversiyona ve pozitif SVA' ya yol açarak servikal lordozda artışa neden olur. Spinal deformite servikal bölge kaynaklıysa, örneğin artmış servikal kifoz, horizontal bakışın sürdürülebilmesi için pelvik retroversion yapılarak pelvik tilt açısı artırılır. Bu pelvik tilt artışına genel bilginin aksine lomber lordoz artışı eşlik eder (normal şartlarda pelvik tilt artışı sakral slope azalmasıyla eşleniktir, sakral slope azalışı da dolaylı olarak lomber lordozu(L1-S1) azaltır). Çünkü burada deformite lomber değil servikal orijinlidir. Global pozitif sagittal dizilim bozukluğuna sekonder gelişen pelvik tilt açısı artışında ise ana problemlerden olan lomber lordoz kaybı eşlik etmektedir. Bütün bunlar baş ile pelvisi aynı eksen üzerine düşürmek için yapılan kompanzatuvar eylemlerdir.

T1 pelvik açısı ise global spinal dizilim kusurunun ve pelvik kompanzasyonlarından değerlendirilmesinde kullanılan bir sagittal parametre olup T1 vertebra gövdesi ile S1 vertebra ortasının femur başı üzerinde birleşimiyle oluşan açığa denir(44).

Carreon ve ark. ise servikal omurganın sagittal parametrelerinin değerlendirilmesinde tüm omurga lateral grafisinin yeterli olduğunu, ek olarak servikal grafi istenmesine gerek olmadığını bildirmişlerdir(45)

2.3. SKOLYOZ

2.3.1. Tanımı

Omurganın en yaygın deformitesi skolyozdur. Ayakta çekilen direkt grafilerde, frontal planda omurgada bulunan 10° ve üzerindeki lateral eğrilikler skolyoz olarak tanımlanır. Skolyozda deformite sadece frontal planla sınırlı kalmamaktadır. Skolyozun sagittal ve aksiyel planları da içine alan üç boyutlu bir deformite ortaya çıkardığı gösterilmiştir. Frontal planda laterale kayma, aksiyel planda rotasyon ve sagittal planda lordoza neden olan intervertebral ekstansiyon varlığı görülmektedir.

Günümüzde hala varlığını devam ettiren en geniş skolyoz sınıflaması 1973 yılında Amerikan Skolyoz Araştırma Cemiyeti (Scoliosis Research Society – SRS) tarafından etiyolojiye göre yapılmıştır;

2.3.2 Sınıflaması

1-) Yapısal (strüktürel) skolyoz

a) İdiyopatik skolyoz

i) İnfantil (0-3 yaş)

ii) Juvenil (3-10 yaş)

iii) Adölesan (>10yaş)

b) Konjenital skolyoz

i) Formasyon yetersizliği

1) Kama (wedge) vertebra

2) Hemivertebra

ii) Segmentasyon Yetersizliği

1) Tek taraflı (unsegmented bar)

2) Çift taraflı (sinostoz-blok vertebra)

i) Karışık tip (segmentasyon + formasyon yetersizliği)

c-) Nöromusküler skolyoz

i) Nöropatik

ii) Miyopatik

2-) Yapısal olmayan (non-strüktürel) skolyoz

- b) Postural skolyoz
- c) Histerik skolyoz
- d) Sinir kökleri irritasyonu
 - i) Disk hernisi
 - ii) Tümörler
- e) İnflamatuvar (örnek: apandisit)
- f) Alt ekstremitte eşitsizliğine bağlı
- g) Kalça eklemi etrafındaki kontraktürlere bağlı

2.3.3 İdiyopatik Skolyoz

İdiyopatik skolyoz yapısal nedenli skolyozlar grubunun yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Bu deformitenin nedeni bilinmemektedir. İdiyopatik skolyozda tanı, iyi bir fizik muayene ile nörolojik nedenler ve diğer belirtilerin ekarte edilmesi, radyolojik muayene ile de doğumsal anomalilerin ekarte edilmesi ile konulur.

İdiyopatik skolyoz büyüme çağında herhangi bir yaşta ortaya çıkabilir. Ortaya çıktığı zamana göre incelendiğinde üç zaman diliminde zirve yaptığı görülür. Buna göre yaşamın ilk senesi, 5 ila 6 yaşları arası ve 11 yaşından iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar geçen süre en sık karşılaşılan dönemlerdir. İdiyopatik skolyoz, deformitenin başladığı yaşa göre üç grupta incelenilir.

İnfanıl idiyopatik skolyoz: 3 yaşın altındaki deformitelerdir. Erkeklerde daha sık görülür. Genellikle sol torakal eğrilik mevcuttur. Kompensatuvar eğrilikleri bulunmaz.

Jüvenil idiyopatik skolyoz: 3 ila 10 yaşları arasındaki deformitelerdir. Erkek ve kızlarda eşit oranda görülmektedir. Sıklıkla sol torakal eğrilik mevcut olup ilerleyici özelliktedir.

Adölesan idiyopatik skolyoz: 10 yaş ile iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar ortaya çıkan deformiteleri kapsar. Kızlarda daha sık görülür. Diğerlerinden farklı olarak genellikle sağ torakal ve sol lomber eğrilik mevcuttur.

Bu üç grup arasında en sık görülen adölesan idiyopatik skolyozdur.

2.3.4. Terminoloji

Yapısal (strüktürel) eğrilik: Omurgada bulunan fikse lateral eğriliği tanımlamak için kullanılır. Bunlar normal fleksibilitesini kaybetmiş, lateral angulasyonu ve rotasyonu olan eğriliklerdir. Yana eğilme ve traksiyon grafilerinde bile tam düzelme sağlanamaz.

Yapısal olmayan (non-strüktürel) eğrilik: Fikse rotasyon ve lateral angulasyonu yoktur. Traksiyon veya lateral bending grafilerde düzelme gösteren eğriliklerdir.

Primer eğrilik: İlk ortaya çıkan yapısal eğriliktir.

Kompensatuvar (sekonder) eğrilik: Normal vücut aksının sağlanması için gelişen, yapısal komponentin üst veya altında yer alan ikincil bir eğriliktir. İlk aşamada yapısal olmayan tiptedir. Fakat zamanla dokuların bulundukları pozisyonda fikse olmaları sebebiyle yapısal hale dönüşebilirler.

Majör eğrilik: Daha büyüktür. Daima yapısal olan eğriliktir.

Minör eğrilik: Daha küçük eğriliklerdir. Yapısal veya yapısal olmayan tipte olabilir.

Çift major eğrilik: Genellikle aynı derecede ve rotasyonda, iki yapısal eğriliğin birlikte bulunmasıdır.

Apikal Vertebra: Eğrilikte vertikal akstan en fazla uzaklaşan ve rotasyonu en fazla olan vertebraya verilen isimdir.

Apikal Disk: Hastanın vertikal aksına en uzak olan disktr.

Apikal vertebra/Disk translasyonu: Apikal vertebra veya diskin orta noktasının midsakral çizgiye milimetre cinsinden uzaklık miktarıdır. Özellikle torakolomber ve lomber skolyozlu hastalarda dekompanseasyonu belirlemek ve takip etmek için bu değerin ölçülmesi gereklidir.

Nötral vertebra: Eğriliğin alt ve üstünde, rotasyonu olmayan ilk vertebradır.

Stabil vertebra: Midsakral çizginin tam ortasından geçtiği vertebradır.

End vertebra: Eğriliğe katılan vertebralardan, eğriliğin konkavitesine en fazla eğimi olan, en proksimalde ve en distalde bulunan vertebralardır.

Denge, Kompensasyon: Oksiputun orta noktasının sakrum üzerinde, omuzların ise kalçalar üzerinde vertikal aks boyunca aynı planda yer almalarıdır. Röntgen üzerinde yapılan

ölçümlerde, eğriliğin bir tarafındaki açıların toplamının diğer taraftaki açıların toplamına eşit olmasıdır.

Pelvik çarpıklık (obliquity): Frontal planda, pelvisin horizontal düzlemdeki deviasyonuna verilen isimdir. Pelvik çarpıklık bacak uzunluk farkından dolayı ise kısıklık giderildikten sonra ölçülmelidir.

Rotasyon: Vertebranın transvers plandan angulasyonuna denir. Sağ ve sol terimleri eğriliğin konveksite yönünü gösterir.

Eğrilikler apikal vertebranın seviyesine göre isimlendirilirler;

Servikal eğrilik: Apikal vertebra C1 - C6, Servikotorakal eğrilik : Apikal vertebra C7 T1

Torakal eğrilik: Apikal vertebra T2 - T11, Torakolomber eğrilik : Apikal vertebra T12 L1,

Lomber eğrilik: Apikal vertebra L2 - L4, Lumbosakral eğrilik: Apikal vertebra L5 - S1 arasındadır

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Tezimizin Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay almasının ardından servisimize yatışı yapılan hastalarımız takibe alındı. Onamları alındıktan sonra Adölesan İdiopatik Skolyoz tanısıyla posterior enstrumentasyon planlanan hastalarımıza rutin tüm omurga pa-lateral grafilerinin yanısıra servikal fleksiyon ve ekstensiyonda lateral grafiler çektilirdi. Hastalar sol tarafları x ray filmine yakın olacak şekilde erekt pozisyondayken önce başları düz pozisyondayken nötral lateral grafileri alındı. X ışınları C4 vertebra üzerine odaklandırılarak yönlendirildi. X ray tüpü ve filmi arası 150 cm olarak ayarlandı. Nötral görüntünün alınmasından sonra hastaya yapabildiği kadar fleksiyon ve yapabildiği kadar ekstensiyon yapması söylenip gösterilerek iki ayrı pozisyonunda lateral grafileri tekrar alındı. Postop dönemde serviste ve de kliniklerde yakın takip edilen hastalarımıza ağırlı dönemlerinin geçtiği, topluma katılımlarının normalleştiği, tek başına mobilize olabildikleri dönemde tekrar çekilen servikal fleksiyon, nötral ve ekstensiyonda lateral grafiler ile değerlendirilmeleri yapıldı. Postoperatif basarak tüm omurga pa – lat. grafileri ilk poliklinik takiplerinde kliniğimizde rutin olarak çekilmektedir. Literatürde de sıklıkla kullanılan C4 - C5

ve C6- C7 segmentlerinin ARM'leri preoperatif ve postoperatif olarak çekildi. Çalışmaya 25 adet AIS tanısı almış hasta dahil edildi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri olarak;

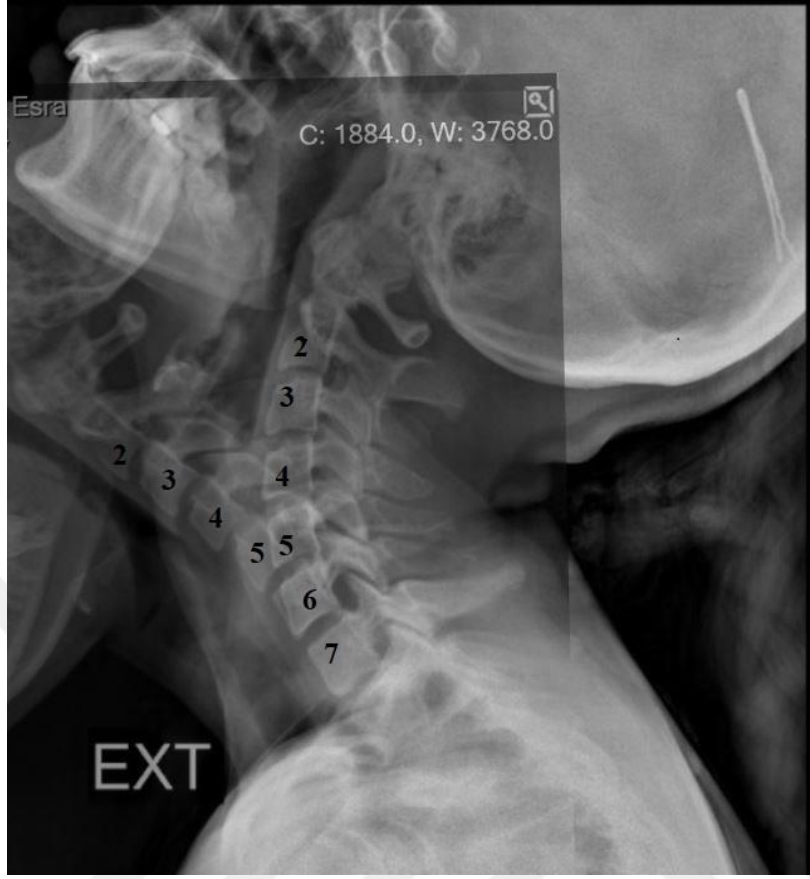
- 1-) adölesan idiopatik skolyoz tanısı almış olmak
- 2-) ilk kez omurga cerrahisi planlanmış olmak, kabul edildi

Dışlanma Kriterleri olarak;

- 1-) konjenital skolyoz öyküsü
- 2-) nöromuskuler skolyoz öyküsü
- 3-) önceki omurga cerrahisi öyküsü
- 4-) servikal füzyon varlığı
- 5-) kötü radyografik ölçüm, belirlendi

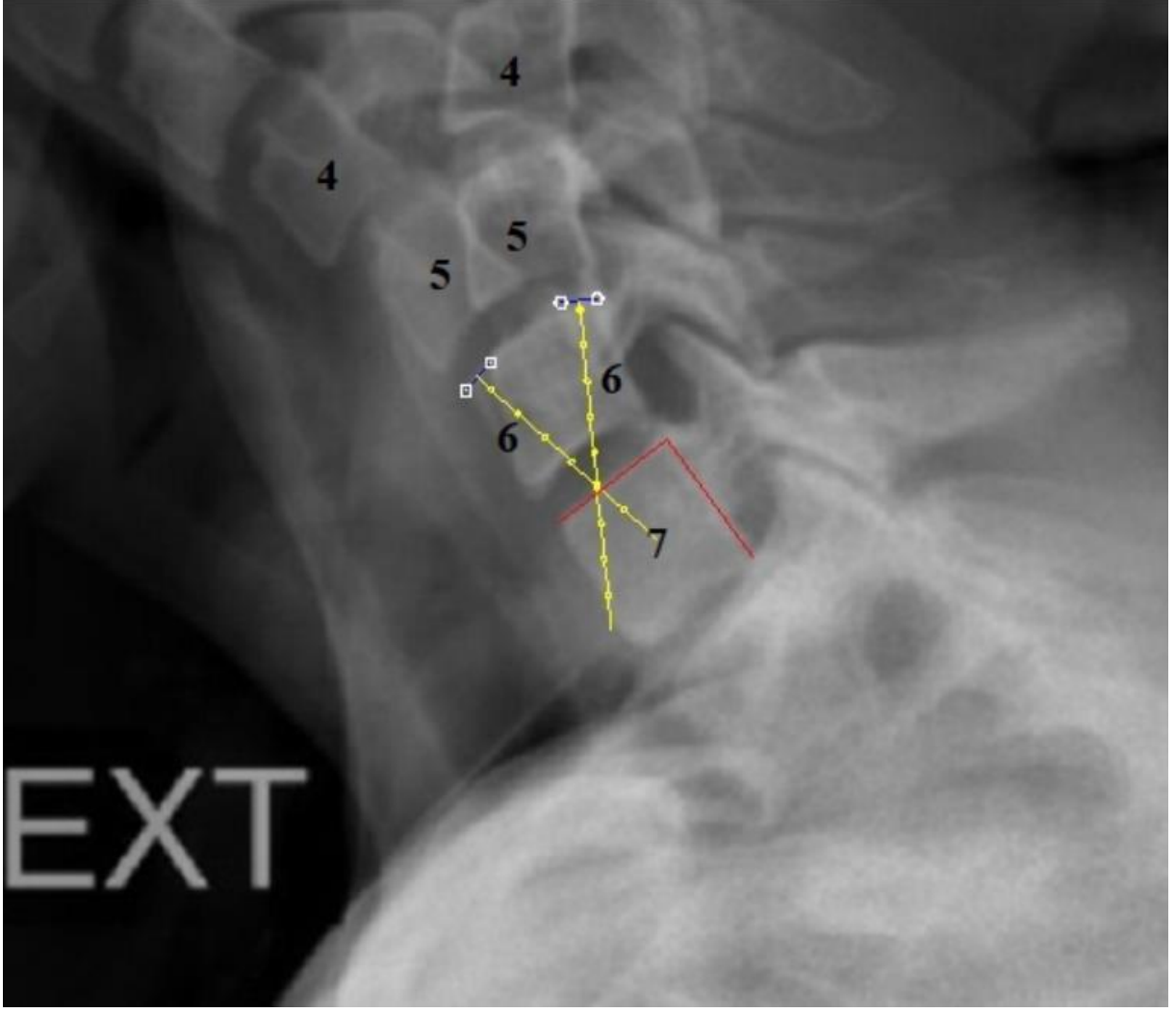
Çalışmamızda yaş ve cinsiyet açısından eşleştirilmiş kontrol grubu kullanmak istediyssek de sağlıklı normal populasyonda fleksiyon-nötral-ekstensiyonda 3 adet lateral servikal grafi çekilmesinin etik açıdan uygun olmaması nedeni ile bunu gerçekleştirmedik. Travmatik ya da başka boyun patolojileri nedeniyle çekilen servikal grafilerde ARM' nin etkilenme potansiyeli ve oturulur pozisyonda çekilmeleri nedeni ile potansiyel biasdan kaçınmak için hasta grubumuzu preop ve postoperatif karşılaştırarak çalışmamızı kurguladık. Çalışmamızda hastalar prospektif olarak kayıt altına alındı. Ölçümler retrospektif olarak yapıldı.

ARM 'nin bir çok ölçüm metodu mevcut olmakla birlikte son yıllarda gelişen dijital X Ray teknolojileri ve görüntü işleme yazılımları nedeni ile ölçümlerimiz bilgisayar ortamında yapıldı. Lisanslı Adobe Photoshop CS6 (California, US, 2012) ile C4-C5 segmenti için C5 vertebra ve C6-C7 vertebra için C7 vertebra kopruları ayrı ayrı şekilde, vertebra üzerinde 3 nokta seçilerek üst üste düşürme metodu ile servikal fleksiyon ve ekstensiyon grafileri üst üste düşürüldü.(Şekil 7)



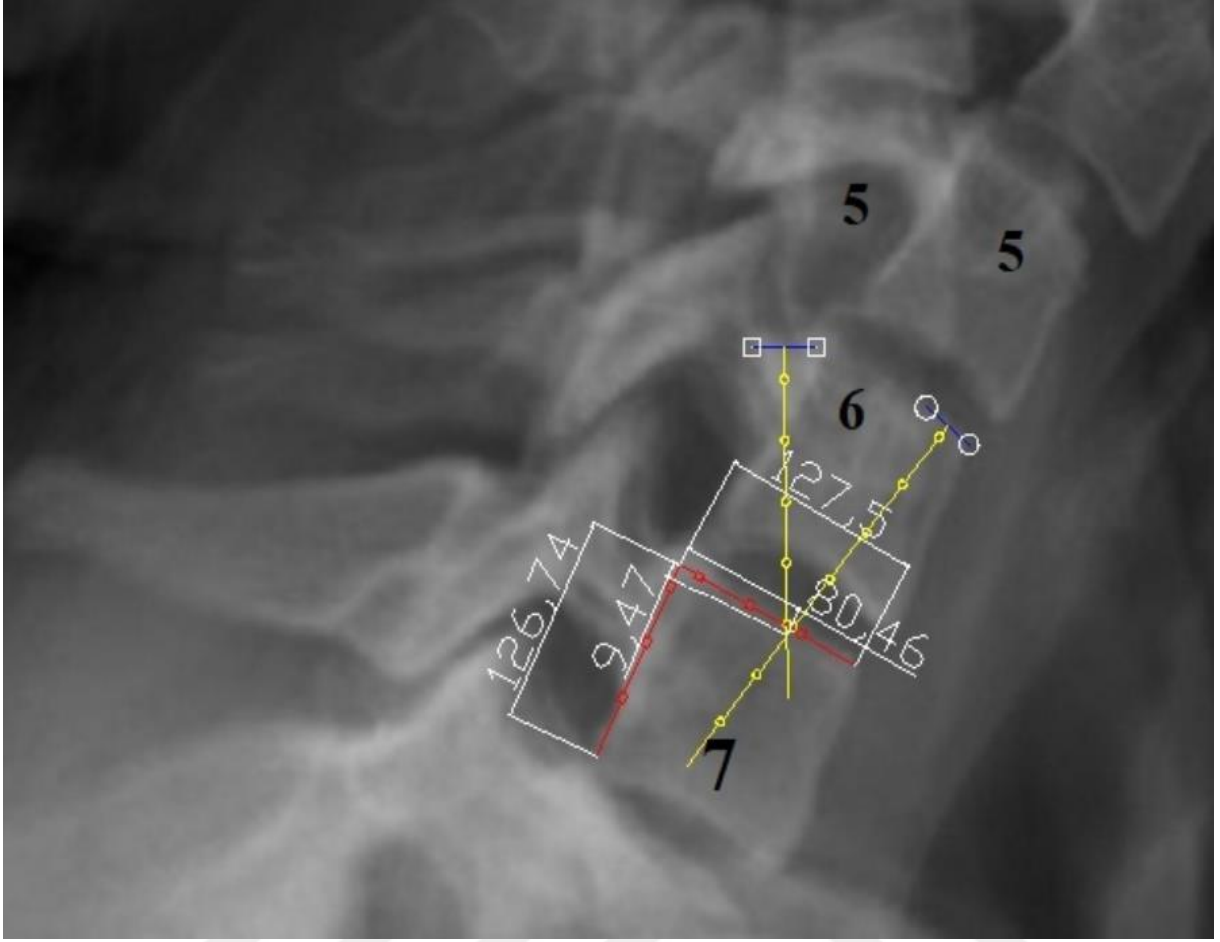
Şekil 7: C6-C7 segmenti için C7 vertebra üzerinde servikal fleksiyon ve ekstensiyon grafigerinin üst üste düşürülmesi

Ardından bu görüntü kaydedilerek Lisanslı AutoCad(California, US, 2007) çizim yazılımına yüklendi. Sonrasında C4 ve C6 vertebraların üst endplate'lerinden 2 nokta seçilerek bu noktalar fleksiyon ve ekstension grafigisinde birleştirildi, oluşan çizginin orta noktalardan çıkan diklerin uzayda kesiştirilmesiyle C4-C5 ve C6-C7 segmentine dair ARM tespit edildi.(Şekil 8)



Şekil 8: Bir önceki resimdeki hastanın C6-C7 segmenti için ARM tespiti. Fleksiyon ve ekstensiyon filmlerindeki C6 vertebra üzerindeki noktaların birleşmesiyle oluşan çizginin orta noktasından inilen diklerin kesişimiyle ARM tespit edilmiştir

Aynı işlem postoperatif olarak ağrısız ve bağımsız mobilizasyon sonrası poliklinik kontrollerinde tekrarlandı. Segmentin alt vertebra gövdesinin posterosuperior köşesini orijin belirleyen bir x – y eksenı oluşturuldu. Buna göre anterior yönde ilerleyen üst endplate çizgisi x eksenı kabul edildi. İnferiora doğru yönelen posterior gövde kenarı ise y eksenı kabul edildi. ARM’ den bu x ve y eksenine inilen dikmeler yardımı ile ARM’ nin vertebra gövdesine göre x-y koordinatı tespit edildi. Bu koordinat tespit edilirken ARM’den inilen dikmelerin orijin olarak kabul edilen posterosuperior vertebra köşesine uzaklığı, vertebra kenarının boyuna oranlanarak ölçüm değerlerine bağlı hatalar azaltıldı (Şekil 9).



Şekil 9: Postoperatif C6-7 segmentinde ARM merkezi. Yuvarlaklı düz çizgiler C6 vertebraesindeki 2 ayrı noktanın fleksiyon ve ekstensiyon filmlerindeki birleşimlerden çizilen dikleri, kareli düz çizgiler C7 vertebraesindeki superior(x eksen) ve posterior(y eksen) duvarlarını, kesikli çizgiler ARM'den bu eksenlere inen dikleri, rakamlar ise ARM'den inilen dikin orijine (posterosuperior vertebra köşesi) uzaklığı ve vertebra duvarının uzunluğunu belirtmektedir.

Bunun yanı sıra T2 enstrumantasyonun olup olmaması, servikal sagittal parametreler olarak C2- C7 Sagittal Vertical Aksis(SVA), Üst Servikal Lordoz(ÜSL), Alt Servikal Lordoz(ASL), T1 Eğimi(T1E), global sagittal parametreler olarak SVA, T1 Pelvik Açık(T1PVA) , pelvik parametreler olarak Pelvik İnsidans(Pİ), Sakral Slope(SS), Pelvik Tilt(PT), torakal kifoz ölçütü olarak T1-T5 kifozu ile T5-T12 kifozu, L2 vertebraının altında enstrumantasyonun olup olmaması, üst enstrumantasyonda pedikül vidası – çengel kullanımı ve de eğriliğin tipi tespit edilerek preop postop değerler açısından araştırıldı.

C2-C7 SVA ölçümünde C2 omurunun dens aksis merkezinden indirilen vertikal çekül çizgisinin(plumb line) C7 vertebra gövdesinin posteroinferior köşesine olan uzaklığı

kullanıldı. ÜSL için C0-C2 segmentinin servikal lordozu, ASL için C2- C7 segmentinin servikal lordozu ölçülmüştür. T1PVA ölçümünde T1 vertebranın bifemoral aks ile birleşimin sakral vertebra üst uçplağının orta noktasıyla yaptığı açı alınmıştır. T1 eğimi için T1 vertebra üst uçplağından çizilen çizginin horizontal düzlem ile yaptığı açı belirlendi. C7-S1 SVA ölçümünde C7 vertebra gövdesinden indirilen çekül çizgisinin(plumb line) S1 vertebra posterosuperior köşesine olan uzaklığı ölçüldü. Çizgi S1 vertebra posterosuperior köşesinin anterioruna düşerse pozitif değerler alırken, posterioruna düşerse negatif değerler almaktadır. Pelvik parametre ölçümlerinde kullanılan Pelvik İnsidans(Pİ) için sakral üst uçplağın horizontal düzlemle yaptığı açı olan Sakral Slope(SS) ve bifemoral aksın sakral üst uçplağın orta noktasıyla kesişiminin vertikal düzlemle yaptığı açı olan Pelvik Tilt(PT) ölçülmüş ve bu iki değer toplamı bulunmuştur.

3.1 İstatistiksel Yöntem

Veriler SPSS 22.0 programına girildi. Hastaların normal dağılımı Kolmogorov Smirnov ve Shapiro Wilk testleri ile değerlendirildi ve normal dağılım olduğu tespit edildi . Çalışmamızda istatistiksel analiz amaçlı Wilcoxon işaretli sıralar testi ile hastalarımızın preoperatif - postoperatif ARM'leri, servikal sagittal parametreleri, global spinal parametreleri, pelvik parametreleri ve torakal kifoz dereceleri karşılaştırıldı. ARM değişimlerin yukarıda sayılan diğer parametreler ile karşılaştırılmasında Spearman korelasyon testi uygulandı. T2 enstrumentasyonun karşılaştırılması, L2'nin altında enstrumentasyonun olup olmaması, Lenke subtiplerine göre karşılaştırmada ise Pearson Ki Kare testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlendi. Preop postop filmler üzerinde ölçümler ilk ölçümden 2 hafta sonra randomize bir şekilde tekrar yapıldı. Gözlemci içi iki ölçümün korelasyonu güvenli sınırların üzerinde 0,715 olarak tespit edildi.

4. BULGULAR

Preop ve postop dönemde filmleri çekilen 25 hasta bu çalışmaya dahil edildi. Bu hastalar Lenke subtiplerine göre alt sınıflara ayrıldığında 10 hastanın Lenke Tip 1, 6 hastanın Lenke Tip 2, 4 hastanın Lenke Tip 3, 3 hastada Lenke tip 4, 2 hastada Lenke Tip 2 olduğu tespit edildi. Hastalarımız Preoperatif C4-C5 ARM x ve y koordinatı, ÜSL, ASL, T1-T5 kifoza, T5-12 kifoza, T1E, T1PVA, Pİ, SS, PT, C2-C7 SVA ve SVA değerlerine dair tanımlayıcı istatistiksel veriler olan minimum, maksimum, ortalama değer ve standart sapma değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Preoperatif değişkenler için minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri, üsl (üst servikal lordoz), asl (alt servikal lordoz), preop_t512 (preoperatif T5-T12 kifoza), preop_t15 (preoperatif T1-T5 kifoza), preop_t1e (preoperatif T1 eğimi), preop_t1pva (preoperatif T1 Pelvik Açısı), preop_c2c7 (preoperatif C2-C7 SVA), preop_sva (preoperatif SVA), preop_x (preoperatif C4-C5 segmenti ARM x eksenini yerleşimi), preop_y (preoperatif C4-C5 segmenti ARM y eksenini yerleşimi)

	Sayı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
preop_üsl	25	8,60	54,00	35,4440	10,27595
preop_asl	25	-25,60	33,90	6,5040	14,55039
preop_t512	25	10,10	63,60	32,1400	14,22770
preop_t15	25	-26,50	38,40	13,7960	14,62058
preop_t1e	25	-4,50	35,20	18,3680	11,17970
preop_t1pva	25	-12,80	34,60	6,8764	9,02322
preop_pi	25	29,50	72,30	47,9217	10,85084
preop_ss	25	14,20	48,90	31,9275	9,84405
preop_pt	25	1,40	47,30	15,9942	9,43113
preop_c2c7	25	-10,00	40,70	19,4212	13,70759
preop_sva	25	-141,00	51,00	-32,4408	43,39812
preop_x	25	,31	,78	,5068	,12129
preop_y	25	,16	,88	,4764	,17397

Wilcoxon işaretli sıra testi sonucunda T5 –T12 kifozunda AİS cerrahisi sonrasında 20 hastada kifozda azalma tespit edilmiştir ve bu istatistiksel açıdan anlamlıdır (p:0,002). T1PVA’da 20 hastada postoperatif T1PVA artmıştır ve yine bu da istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (p: 0,003). SS’de postoperatif artış (p:0,049) ve SVA’da global dengenin pozitifte doğru yönelmesi (p:0,02) benzer şekilde istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. C4- C5 ARM merkezinin x ve y eksenlerinde anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. Preop postop ÜSL ve ASL arasında bir değişiklik saptanmamıştır. Yine aynı şekilde T1-5 kifozunda, T1 eğiminde ve C2-C7 SVA değerinde postoperatif anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır(Tablo 2).

Tablo 2 Postoperatif-Preoperatif Wilcoxon işaretli sıra testi sonuçları, üsl (üst servikal lordoz), asl (alt servikal lordoz), t512 (T5-T12 kifozu), t15 (preoperatif T1-T5 kifozu), t1e (T1 eğimi), t1pva (T1 Pelvik Açısı), c2c7 (C2-C7 SVA), sva (SVA), preop_x (preoperatif C4-C5 segmenti ARM x eksen yerleşimi), preop_y (preoperatif C4-C5 segmenti ARM y eksen yerleşimi). Postoperatif olarak T5-T12 kifozunda, Sakral Slope(eğim)’da, T1PVA’da ve SVA’da istatistiksel açıdan anlamlı değişiklikler olduğuna dikkat ediniz. Z değeri Wilcoxon işaretli sıra testinde kullanılan bir ölçüt olup $\pm 1,96$ ’dan büyük olması istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

	post_x - preop_x	post_y - preop_y	post_üsl - preop_üsl	post_asl - preop_asl	post_t512 - preop_t512	post_t15 - preop_t15
Z	-,982 ^b	-,067 ^c	-,579 ^c	-,928 ^c	-3,027 ^b	-,605 ^c
P Değeri	,326	,946	,563	,353	,002*	,545

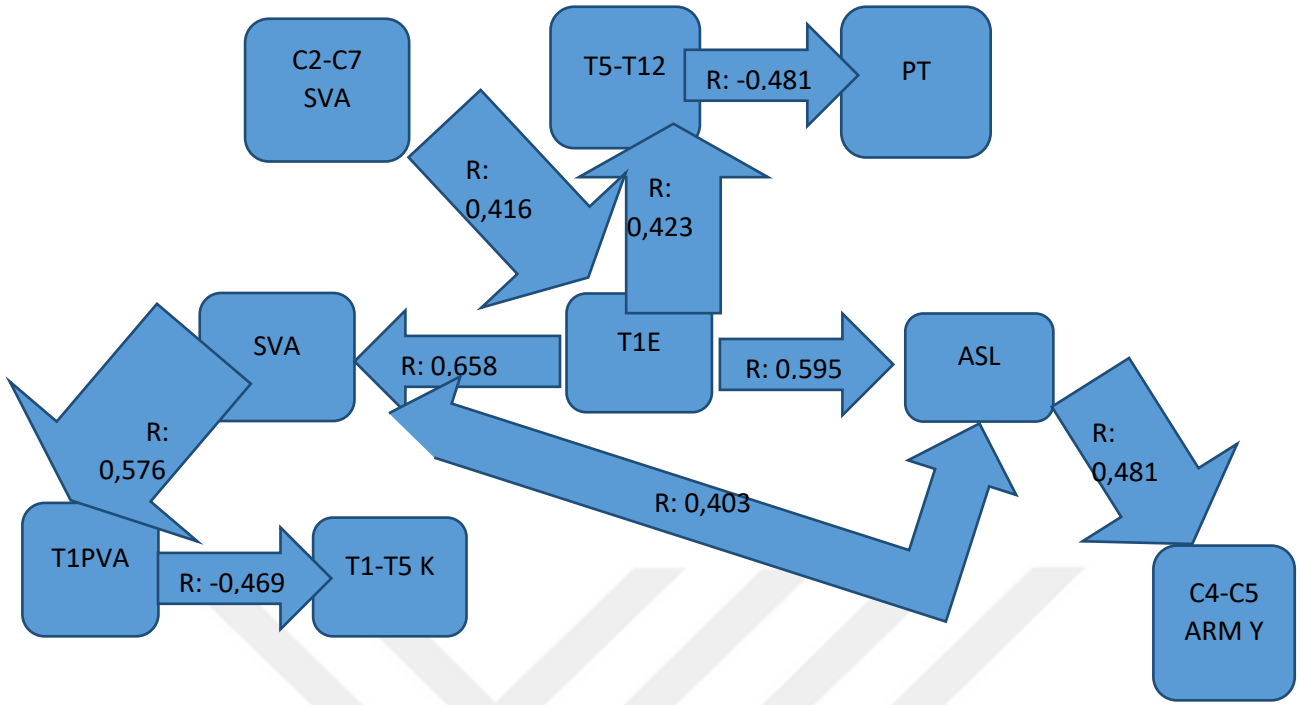
post_pi - preop_pi	post_ss - preop_ss	post_pt - preop_pt	post_c2c7 - preop_c2c7	post_t1e - preop_t1e	post_t1pva - preop_t1pva	post_sva - preop_sva
-,229 ^b ,819	-1,964 ^c ,049*	-1,521 ^b ,128	-1,359 ^b ,174	-,296 ^c ,767	-2,974 ^c ,003*	-2,328 ^c ,020*

Preoperatif ve postoperatif verilerdeki değişimlerin birbiryle ilişkisini test etmek için nonparametrik testlerin korelasyon testi olan Spearman korelasyon testi uygulandı(EK 1). Bir

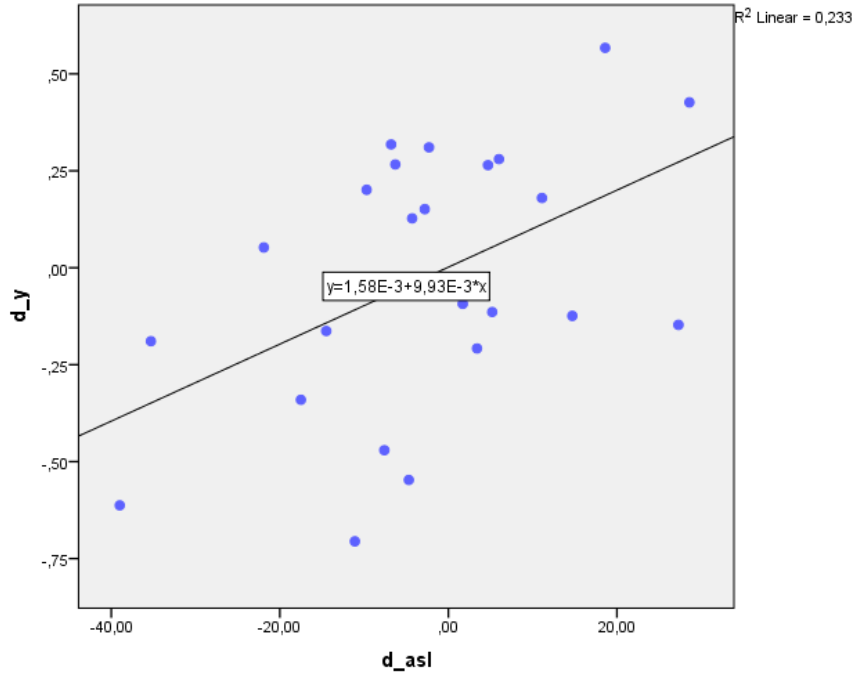
çok parametre bulunması nedeniyle anlamlı ilişki bulunanlar sadeleştirilerek Tablo 3’de özetlenmiştir

Tablo 3: Spearman Korelasyon Analizi Sonuçları. Bu tabloda korelasyon değeri anlamlı olanlar seçilerek eklenmiş olup bütün parametrelerin korelasyon analizi sonuçları için Ek 1’e bakınız.

	dASL	dt5-12	dt1pva	dsva	dt1e
dy	,481 0,015				
dt1e	,595 0,020	,423 0,035		,658 0,000	
dpt		-,481 0,015			
dt1-t5			-,469 0,018		
dt1pva				,576 0,030	
dc2-c7 sva					0,416 0,039
dasl				0,403 0,046	



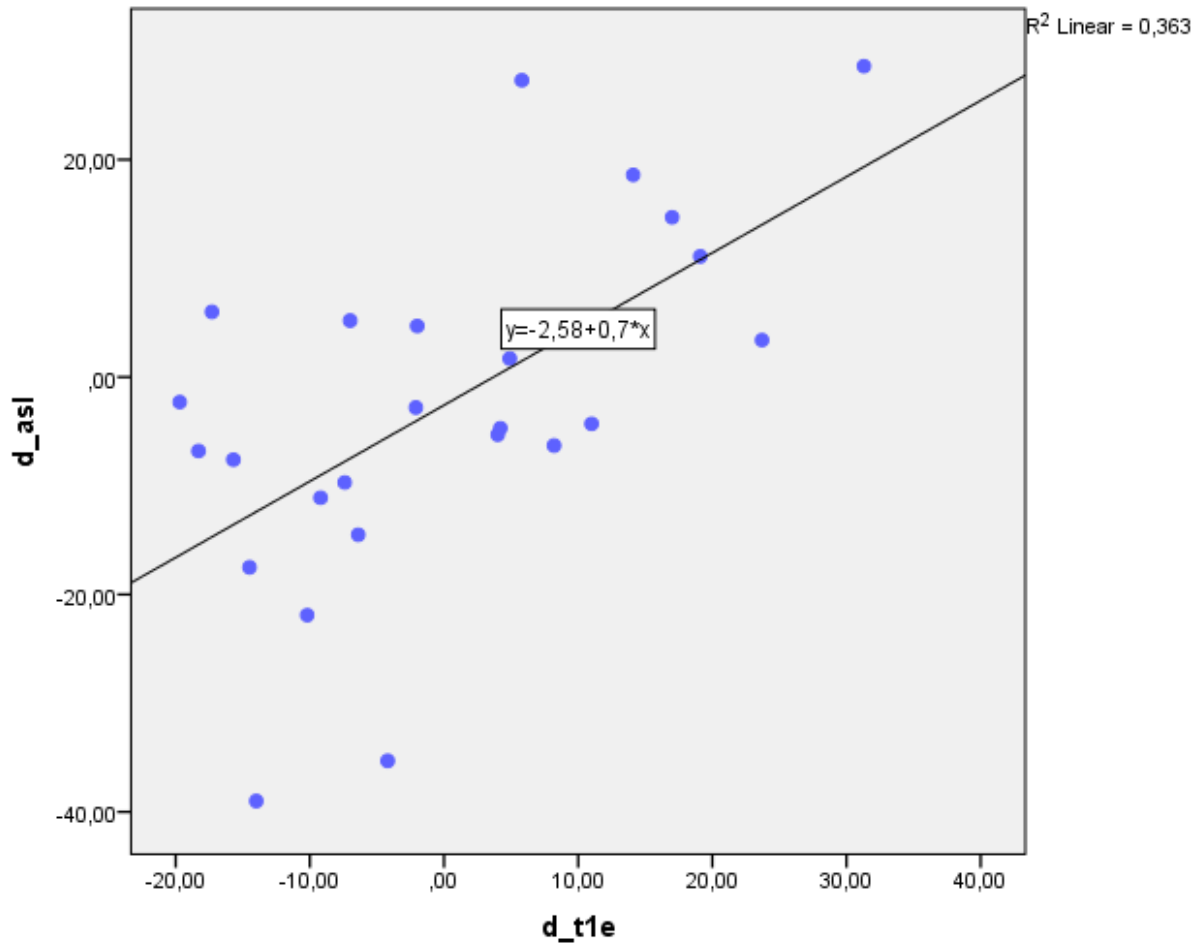
Şekil 9: Değişkenlerin korelasyon analizi sonucu. T1 eğiminin kilit taşı görevi gördüğüne dikkat ediniz. T1 eğimi SVA, C2-C7 SVA, T5-T12 Kifoza, ASL ile pozitif koreledir. SVA ise T1 eğimi, T1 PVA ve ASL ile pozitif koreledir. T1 PVA ve T1-T5 kifoza negatif koreledir. 5-T12 kifoza ile PT’de negatif koreledir.



Şekil 10: ASL(d_{asl}) ve C4-C5 ARM y(d_y) eksenli regresyon çizgisi. Dağılımın üst ve alt uçları dışında regresyon çizgisinin çevresinde gerçekleştiğine dikkat ediniz

Bu sonuçlara göre C4-C5 segmentinin ARM y eksenli hareketi ile ASL arasında pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. ASL(alt servikal lordoz - c3-c7 lordozu) postoperatif artış gösterirken ARM'de y ekseninde inferiora doğru bir yönelim göstermiştir(Şekil 10). Bunu şu şekilde yorumlayabiliriz. C5 sabit tutulurken C4 vertebra'nın C5 üzerindeki hareket arkı postoperatif olarak azalma gösterdiği için ARM daha aşağı yerleşimli bir yerde kesişme eğilim göstermektedir. Ancak bu hasta grubunda ilginç bir şekilde ASL'de artış olmaktadır. Yani lordozu artarken EHA ve kalitesi azalmaktadır. Bu sonuçtan yola çıkarak 2 varsayım üretilebilir. Birinci olarak ASL' de artış ARM'nin inferior yer değişimine neden olabilir. İkinci olarak da EHA'nın ve hareket kalitesinin bir ölçütü olan ARM ile statik anda çekilmiş grafilerde ölçülen lordoz ya da kifoz kavramları arasında bir ilişki yoktur. Yani bir hastanın postoperatif servikal kifozunun varlığı bu hastanın servikal EHA'nın ya da kalitesinin azaldığının bir göstergesi olamaz. Aynı şekilde postoperatif statik anda çekilen lateral grafideki servikal lordozunda artış gözükken bir hastanın postoperatif servikal EHA'nın ve kalitesinin artış gösterdiği düşüncesi de hatalı olabilecektir.

ASL ile T1 vertebra eğimi(dt1e) arasında p değeri 0,01 olarak kabul edildiğinde dahi yüksek korelasyon tespit edilmiştir(Şekil 11). Yani postoperatif T1 vertebra eğimi artış gösterirken alt servikal lordozda da artış görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur. T1 vertebra eğiminin artışı durumunda horizontal bakışın sürdürülebilmesi için alt servikal segmentler kompanzasyon görevi görmektedir. Burada vurgulanması gereken diğer bir nokta ise T1 eğiminin artışının kompanzasyonunda kendisine en yakın hareketli segment olan alt servikal segmentlerin kompanzasyonu gerçekleştirdiği, üst servikal lordoz ile ilgili herhangi bir anlamlı ilişkinin olmayışdır. ASL aynı şekilde SVA ile de pozitif koreledir. Burada artmış olan alt servikal lordoz nedeni ile C7 vertebra'nın daha anteriora yerleşmesi SVA aksını pozitif dengeye doğru yönlendirmektedir



Şekil 11: Alt servikal lordoz(d_asl) T1 eğimi(d_t1e) arasındaki korelasyon. Regresyon çizgisinin etrafında kümeleşmenin olduğuna dikkat ediniz. ASL’de artış olurken T1 eğimide artmakta, azalma olurken azalmaktadır.

T1E ile T5- T12 kifozu arasında da pozitif yönlü bir ilişki vardır. Postoperatif kifoz azalırken T1E de azalma eğilimindeyken, postoperatif kifoz artarken T1E de artma eğilimindedir. Ancak T1-T5 kifozunun bu ilişkiye dahil olmaması şüphe uyandırmaktadır. Bu çelişkiyi açıklamak için şu varsayımdan bahsedilebilir. Torakal segmentlerin göreceli olarak rijid omurga segmentleri olması nedeni ile hareketli bir segmente geçiş bölgesi olan T1 vertebranın uzaysal konumu kısa bir segment olan T1-T5 segmenti yerine genel olarak tüm torakal omurga segmentlerinden etkilenmektedir. Diğer bir açıklaması ise enstrumante olmayan T1-T2 segmentinde geniş bir enstrumentasyon sonrasında segmental bir kifozun oluşması nedeniyle T1 eğiminde artış olması olasılığıdır.

Sagittal Vertikal Aksis(SVA) ile T1E arasında da pozitif yönlü bir ilişki vardır. 25 kişilik AİS popülasyonumuzda postoperatif SVA’nın pozitif yönde istatistiksel açıdan anlamlı bir

şekilde yer değiştirdiğini göstermiştik. SVA'nın pozitif yön değiştirimi esnasında T1 vertebra eğiminde de büyük oranda artış olduğu korelasyon analizi sonucunda ortaya çıktı. T1 eğiminin ASL'de artışa neden olması bu durumu açıklamaktadır. Artan T1E'nin neden olduğu ASL servikal omurgayı lordoz nedeniyle orta hattın önüne almakta bu da C7 vertebra üzerinden ölçülen SVA'nın pozitif yönde yer değiştirmesine yol açmaktadır.

C2-C7 SVA ile T1E arasında da yine pozitif yönlü bir korelasyon bulunmaktadır. Buradaki ilişki de benzer şekilde T1E'de artışın yol açtığı ASL'deki artışın C2-C7 SVA'da artışa yol açmasıdır. Artan servikal lordoz C2 ve C7 vertebra arası mesafeyi açarken , tam tersine kifoz bu mesafeyi azaltacaktır.

T1 PVA(T1 pelvik açısı) ile T1-T5 kifozu arasında negatif bir korelasyon vardır. Burada postoperatif T1-T5 kifozu azalış gösterirken T1 PVA artmaktadır. T1 PVA sagittal denge bağımsız bir göstergesidir ve artışı pozitif sagittal denge ile ilişkilidir ve pelvik kompanzasyondan etkilenmemektedir. Bu negatif korelasyon muhtemelen alt torakal segmentlerin bir şekilde kompanze edilmesiyle ilişkilidir. Çünkü T1PVA'daki artış SVA artışı ile koreledir. T1 PVA artan hastalarımızda dengede pozitif doğru kaymaktadır. Artan pozitif denge kompanzasyonu için T1-T5 segmentinde kifoz azaltılmaktadır.

Preoperatif torakal kifozu 20 °derecenin altında olan hastalar(6 hasta) ile 20° üzerinde olan hastaların Pearson ki kare analizi ile değerlendirilmesinde ASL değişimi ile istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Postoperatif servikal dekompanzasyon gelişen 10 hastanın tamamında preop torakal kifozlar 20°'nin üzerindedir. Diğer bir açıdan ise 6 tane <20° kifozu sahip olan hastaların postoplarında ASL'lerin hepsinde lordoz yönünde artış gösterdiği tespit edilmiştir(Tablo 4). Buradan çıkarılabilecek bir varsayım preop torakal kifozun 20° üzerinde olması durumunda postoperatif servikal lordozun azalma ihtimali gözardı edilmemelidir. Benzer şekilde sayı azlığı nedeni ile istatistiksel anlamlılığa ulaşamasa bile preoperatif 6 tane <20° kifozu sahip olan hastaların postoperatif T1PVA'ları artış göstermiş, global sagittal denge pozitif yönde yer değiştirmiştir.

Tablo 4: Preop T5-12 torakal kifoz- ASL(alt servikal lordoz) ilişkisi. Preop kifozu 20 derecenin altındaki hastalarda postoperatif alt servikal lordoz artmaktadır.

		Lordoz ↓ Lordoz ↑		Toplam
		1,00	2,00	
Kifoz<20°	1,00	0	6	6
Kifoz>20°	2,00	10	9	19
Total		10	15	25

	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	-,459	,105	-2,477	,021
Spearman Korelasyonu	-,459	,105	-2,477	,021
Pearson Ki Kare test				0,022
Toplam Vaka Sayısı	25	25		

T2'nin enstrumante olup olmamasına göre hastalar iki gruba ayrıldığında(sırasıyla 13 ve 12) T2 enstrumentasyonu ile ASL arasında bir korelasyon bulunmuştur.(Tablo 5) Buna göre T2 enstrumante olan vakaların postoperatif ASL azalmaktadır. Aynı şekilde T2'nin altında enstrumante edilen vakalarda ise ASL artma eğilimindedir. Buna karşın T2 enstrumentasyonu ile T1-T5 kifoz açısı değişimi, T1 eğimi değişimi, C2-C7 SVA gibi parametreler ile korelasyon tespit edilmemiştir.

Tablo 5: T2 enstrumentasyonu ASL ilişkisi yüksek oranda koreledir(r: -0,611)

T2 enstrumentasyonu ASL ilişkisi	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	-,605	,089	-3,646	,001
Spearman Korelasyonu	-,611	,130	-3,698	,001
Toplam Vaka Sayısı	25			

L2 ve altında enstrumentasyonun olup(17 hasta) olmamasının(8 hasta) diğer değişkenlerle olan ilişkisinin incelenmesi için Pearson ki kare testi ve Spearman korelasyon testi uygulandı. Hasta sayısının azlığı nedeni ile ki kare testi sonucunda istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın oluşmamasına karşın L2 altındaki enstrumentasyonun ÜSL(üst servikal lordoz) ile korele olduğu tespit edilmiştir(Tablo 6). Enstrumentasyon L2 ve üstünde kaldıkça ÜSL postoperatif artış gösterme eğilimindedir. Bunun yanı sıra enstrumentasyon L2 ve üstünde kaldıkça C4-C5 segmentinin ARM merkezinde ise postoperatif yukarı doğru bir çıkış tespit edilmektedir(Tablo 7). Bu yukarı doğru çıkış bu segmentin EHA'ya olan katkısının arttığını göstermektedir. Buradan çıkarılabilecek varsayım ise torakal ve torakalomber kavşağın enstrumentasyonlarında hem üst hem de alt servikal segment omurganın hareket arkını korumak için kompanzasyon işlevi üstlenmektedir.

Tablo 6: L2'nin altında enstrumentasyon olmasının ÜSL ile korelasyonu

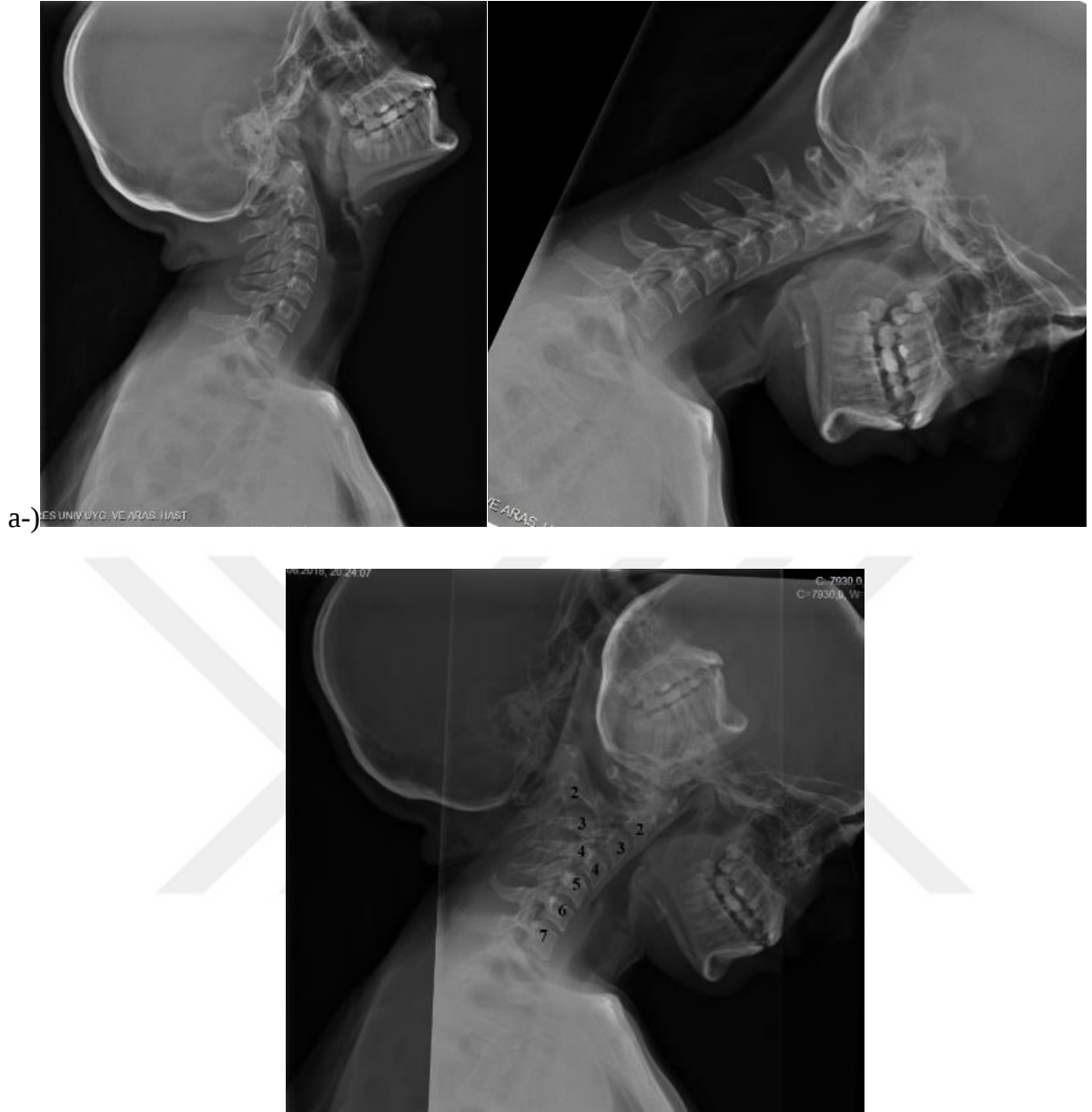
	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	-,534	,132	-3,025	,006
Spearman Korelasyonu	-,523	,160	-2,945	,007
Toplam Vaka Sayısı	25			

Tablo 7: L2'nin altında enstrumentasyon olmasının C4-C5 ARM y eksenine ile ilişkisi

	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	,459	,134	2,475	,021
Spearman Korelasyonu	,452	,158	2,429	,023
Toplam Vaka Sayısı	25			

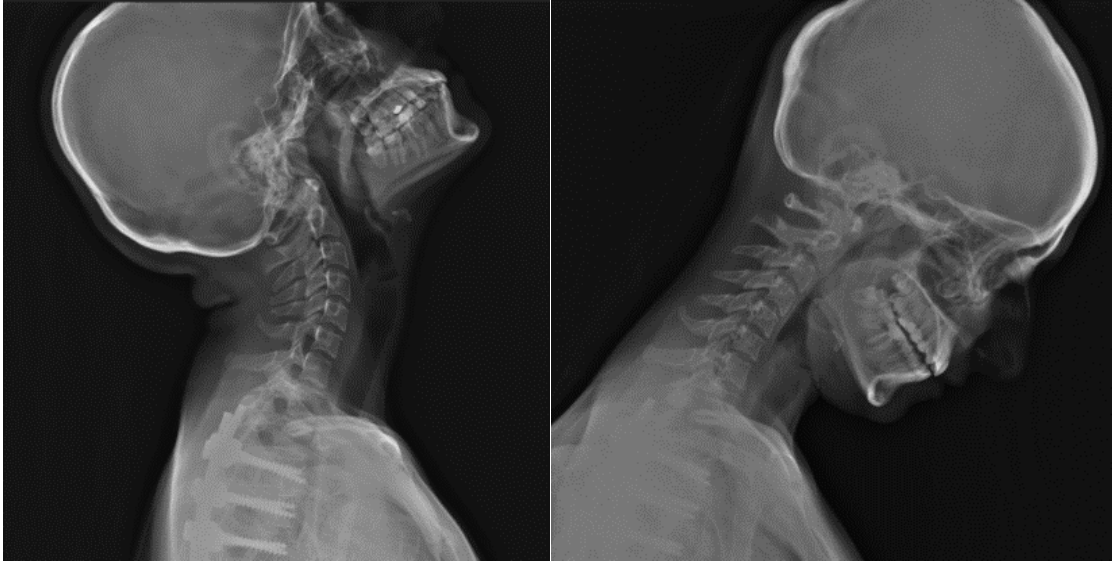
İstatistiksel açıdan yeterli bir fark oluşturmak için yeterli hasta sayısı olmaması nedeni ile üst enstrumentasyonda pedikül ve çengel kullanımı karşılaştırılamadı. Ancak üst enstrumentasyonda çengel kullanılan 3 hastanın T1-T5 kifozlarının postoperatif artış gösterdiği tespit edildi. Bir başka yorumla ise çengel kullanımında T1-T5 segmentinde hipokifotik etki oluşturulmadı.

Servikotorasik kavşağa yakın olması nedeni ile C6-C7 segmentinin ARM merkezinin incelemesi de yapıldı. Ancak ölçümler sırasında C7 vertebraların fleksiyon ve ekstensiyon filmlerinde üst üste düşürülmesinin ardından C6-C7 segmentinin 5 hastada ARM merkezi ölçümü yapılmasına izin verilmeyecek şekilde hareketsiz olduğu görüldü (Şekil 12).



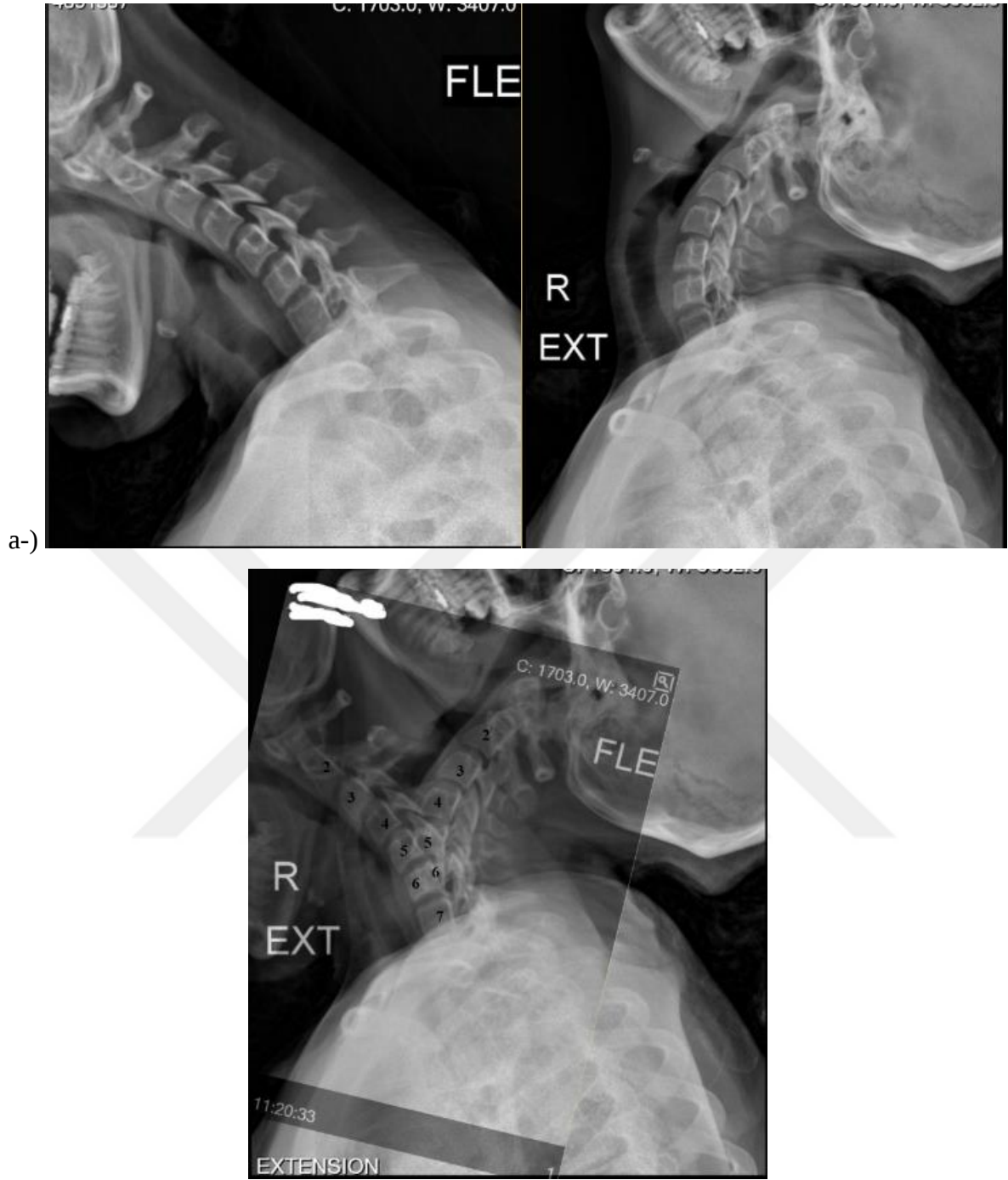
Şekil 12: Preoperatif sırasıyla ekstension, fleksiyon görüntüleri ve bunların C7 vertebra üzerinde düşürülmesiyle oluşan görüntü.

b-)

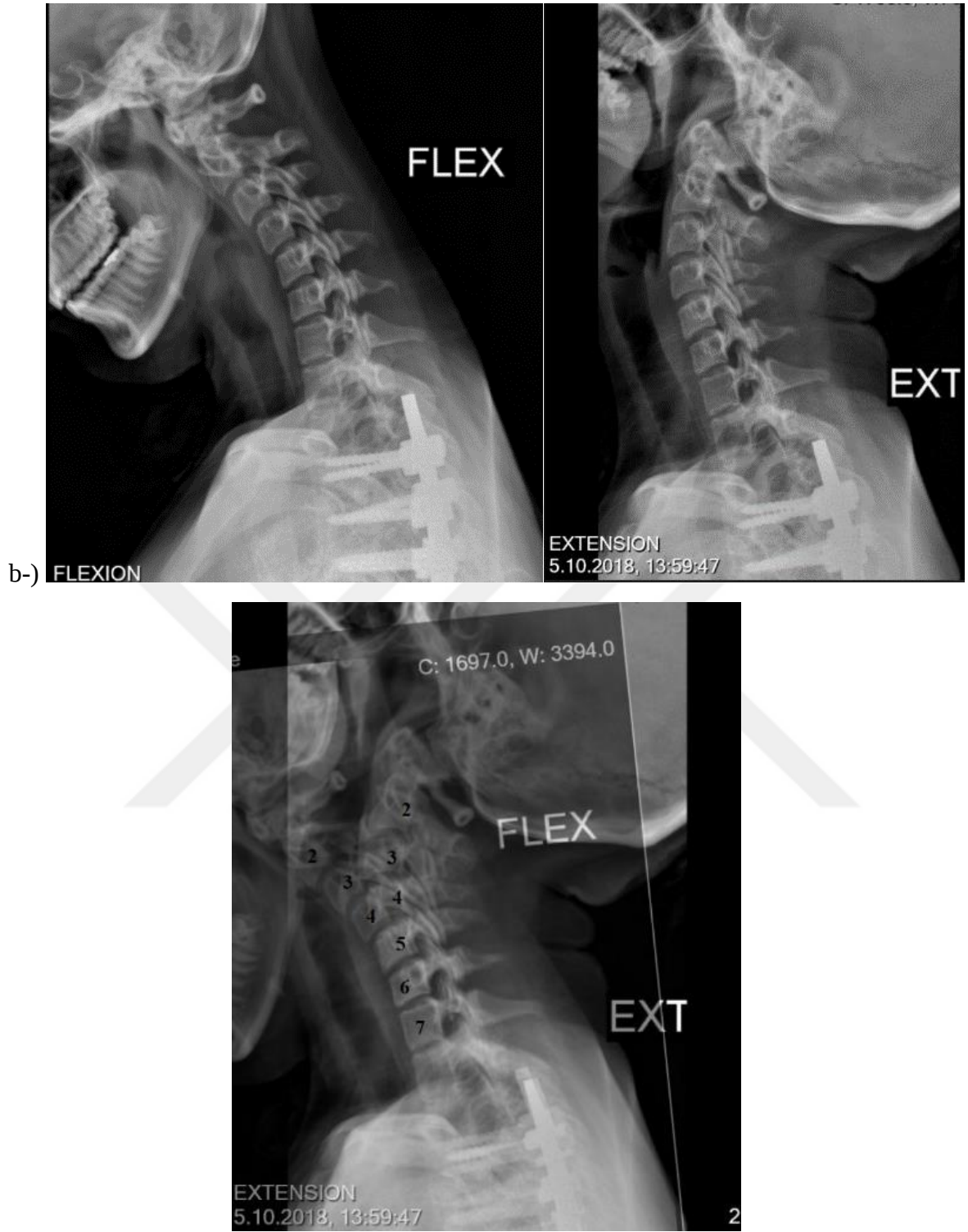


Sekil 12 devamı: Postoperatif sırasıyla ekstension ve fleksiyon görüntüleri ve bunların üst üste düşürülmesiyle oluşan görüntü. Hastanın hem preoperatif hem de postoperatif görüntülerinde C6-C7 segmentinin hareketsiz olduğu görülmektedir.

Bu hastalarda servikal hareket daha üst segmentlerden sağlanmaktaydı. Postoperatif ARM ölçümlerinde ise bu sayı daha da artarak 14'e ulaşmış bulunmaktaydı. Yani 9 hastada daha C6-C7 segmentinde hareket kaybı ARM ölçümüne izin vermeyecek şekilde azaldı(Şekil 13).



Şekil 13: Preoperatif sırasıyla fleksiyon ve ekstensiyon görüntüleri ve bunların C7 vertebra üzerinde düşürülmesi.



Şekil 13 devamı: Postoperatif sırasıyla fleksiyon ve ekstension görüntüleri ve bunların C7 vertebra üzerinde düşürülmesi. Postoperatif alt servikal segmentlerde hareket arkı azalması dikkat çekmektedir.

Bunun yanısıra 5 hastada ise ARM ölçülmesine karşın y ekseninde aşağı kayma tespit edildi. Sonuç olarak preoperatif ARM'si ölçülebilen 20 hastanın 14'ünde ARM y ekseninde inferiora yönelim gösterdi. Yani C6-C7 segmentinde hareket kaybı yaşadı. Ancak bu ARM değişikliği Wilcoxon sıralı testi uygulaması sonucunda istatistiksel açıdan anlamlı düzeye yaklaşmasına rağmen bir değişiklik tespit edilememiştir(Tablo 8).

Tablo 8: Wilcoxon sıralı testi sonucunda preoperatif postoperatif ARM değişimi. İstatistiksel açıdan anlamlılık düzeyine yaklaşmasına rağmen örneklem sayısının az olması nedeni ile bu sonuç elde edilmiştir.

	N	Ortalama Sonuçlar	Toplam Sonuçlar
Postop 6-7 arm y - Preop 6-7 Arm y			
Negatif Sonuçlar	6 ^a	9,83	59,00
Pozitif Sonuçlar	14 ^b	10,79	151,00
Eşit Sonuçlar	0 ^c		
Total	20		

a. Postop 6-7 arm y < Preop 6-7 Arm y

b. Postop 6-7 arm y > Preop 6-7 Arm y

c. Postop 6-7 arm y = Preop 6-7 Arm y

Test İstatistiği^a

	Postop 6-7 arm y - Preop 6-7 Arm y
Z	-1,717 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,086

a. Wilcoxon İşaretli Sıra Testi

b. Negatif sonuçlar üzerinden kurulmuştur.

C6-C7 segmentindeki ARM değişimi ile ASL(alt servikal lordoz) ve ÜSL(üst servikal lordoz) değişimi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır(Tablo 9). Buradan şu varsayıma ulaşabiliriz. Postoperatif C6-C7 segmentinde hareket kaybı gelişen hastalarda servikal dizilimin kifoza ya da hiperlordoza gitmesi ilişkili değildir. Postoperatif servikal kifoz gelişen hastanın servikal hareket arkı da etkilenmiştir gibi bir öngörü yanlış olacaktır. Aynı şekilde servikal lordozu artmış olan bir hastanın da servikal omurgada eklem hareket arkı ve kalitesi artmıştır yorumunu da yapamamaktayız.

Tablo 9: C6-C7 ARM y eksenini değişiminin sırasıyla ÜSL ve ASL ile ilişkisi. Her ikisi ile de korelasyon değerinin (value) -1 ve 1 den uzak olduğuna dikkat ediniz.

C6-C7 Arm y eksenini vs ÜSL değişimi	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	-,274	,252	-1,208	,243 ^c
Spearman Korelasyonu	-,284	,234	-1,256	,225 ^c
Toplam Vaka Sayısı	20			

C6-C7 Arm y eksenini vs ASL değişimi	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	-,027	,247	-,115	,910 ^c
Spearman Korelasyonu	-,057	,238	-,241	,812 ^c
Toplam Vaka Sayısı	20			

T2'nin enstrumante olup olmasının C6-C7 segmenti hareket arkı üzerinde etkinliği örneklem azlığı nedeni ile sağlıklı bir şekilde değerlendirilemedi(Tablo 10). Ancak ilginç olan nokta ise preoperatif C6-C7 hareketinin yokluğu nedeni ile ARM'si ölçülemeyen 5 hastanın 4'ünde üst enstrumentasyon seviyesi T2'yi içermemektedir. Yani servikal hareket arkı üst servikal eklemlerden sağlanan bu hasta grubunda torakal eğriliğin enstrumentasyonu T2 seviyesinin altında kalmaktadır. Örneklem sayısı artırılarak bu ilişki istatistiksel açıdan anlamlı bir düzeye ulaştırılırsa ulaşılabilecek varsayımlardan birini şu oluşturmaktadır. C6-C7 hareket arkı preoperatif olarak da az olan bu hasta grubunda muhtemel geniş bir

servikotorasik geçiş olmakta ve enstrumentasyon T2'nin altında tutulmaktadır. Bunun yanısıra T1 eğimi, T1-T5 kifoz değişimi, ve de diğer sagittal denge parametreleri ile C6-C7 segmenti ARM değişimi açısından istatistiksel açıdan anlamlılık oluşturacak şekilde bir sonuç elde edilememiştir.

Tablo 10: C6-C7 ARM y ekseninde postoperatif inferiora kayma(negatif 1) superiora kayma(pozitif 2) ve T2 enstrumentasyon ilişkisi. Örneklem azlığı nedeni ile istatistiksel açıdan anlamlı bir sonuç elde edilememesine karşın T2 enstrumentasyonu yapılan 12 hastanın 10'nun ARM'nin inferiora doğru yer değiştirdiğine dikkat edilmelidir.

		T2 enstrumentasyonu olanlar 1, olmayanlar 2		Toplam
		1,0	2,0	
negatif 1	1,0	10	4	14
pozitif 2	2,0	2	4	6
Toplam		12	8	20

	R Değeri	Asemp. Std. Hata	Yaklaşık T	P değeri
Pearson R	,356	,214	1,618	,123 ^c
Spearman Korelasyonu	,356	,214	1,618	,123 ^c
Toplam Vaka Sayısı				

Lenke subtiplerine göre de C6-C7 segmentinde ARM değişimi açısından anlamlı bir değişiklik bulunmamıştır. Ancak preop ARM'si ölçülemeyen 5 hastanın 4'ü Lenke Tip 1 eğriliklerden oluşturmaktadır. Üst paragrafta yazıldığı üzere bu hasta grubu T2'nin de enstrumente edilmediği hasta grubudur. Diğer parametreler olan T1 eğimi değişimi, T1-T5 kifoz değişimi ve de sagittal denge parametrelerinde lenke subtipleri açısından anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır.

Tablo 11: C6-C7 segmenti ARM ile Lenke subtiplerinin ilişkisi

		ARMY ölçülemiyorsa 1, negatifse 2, pozitifse 3			Toplam
		1,00	2,00	3,00	
lenke	1	4	2	4	10
	2	1	2	3	6
	3	0	2	2	4
	4	0	2	1	3
	5	0	0	2	2
Toplam		5	8	12	25

5. TARTIŞMA

EHA ile bir planda anormallilği tespit edebilirken ARM'nin merkez kayması ile değişik planlardaki anormallikleri tespit edebiliriz. Bu durum bize bir nicel veriden ziyade hareketin niteliği, hareket kaybının nedeninin spesifikleştirilmesi için katkı sağlamış olacaktır. 3 boyutlu sistemler aracılığıyla ölçülecek ARM merkezleri postoperatif patolojilerin değerlendirilmesinde fayda sağlayabilecektir. Örneğin hastanın skolyoz cerrahisi sonrası boyun ağrısı var ve başına yayılıyor, boyun hareketleri kısıtlı ancak biz EHA ile sadece bunu tespit edebiliyoruz, ancak hastanın servikal ARM'lerinin bulunması ile patolojinin yerleştiği segmenti ve bölgesini tespit edebiliriz. Bu hastanın ARM'si postoperatif bir tarafa kaymışsa, acaba skolyoz cerrahisi esnasında karşı tarafta ligamentlerde, disklerde bir probleme mi neden olduğu irdelenmesi gerekmektedir. Ya da uzun dönem sonuçlarında disklerde sekonder değişiklikler olursa bunlarda ARM'yi etkileyeceği için teşhis adına faydalı bir gereç olacaktır. ARM' de tespit edilen değişikliklerin yorumlanması ise komplike bir süreçtir. Bir çok faktör göz önüne alınmalı ve dikkatlice irdelenmelidir.

ARM bize eklem hareket arkının kalitesi, EHA ölçümleri ile tespit edilemeyebilecek hareket kaybını göstermede kullanışlı bir yöntemdir. Ancak gerek günlük klinik pratikte kullanım zorluğu nedeni ile gerekse de EHA ölçümünün basit kullanımı nedeni EHA ölçümleri pratikteki yerini korumaktadır. Williams ve ark. aktif ve pasif servikal eklem hareket açıklığının ölçülmesinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırdıkları sistematik meta-analizlerinde servikal eklem hareket açıklığı üzerine 56 makaleyi incelemişlerdir. Vardıkları güvenilirlik ve geçerlilik sonuçları içerisinde en iyi sonuçları servikal eklem hareket açıklığı ölçümü cihazlarıyla alındığını (CROM) bunlardan sonra da Spin-T gonyometre ve de tek inklinometre ölçümlerinin geldiğini göstermişlerdir(46).

Erişkin popülasyonunda yaş gruplarına göre ARM merkezlerinin tespitini Liu ve ark bildirmiştir. 680 kişilik asemptomatik popülasyonda altı farklı yaş grubunun (20-79) ARM merkezleri tespit edilmiştir. Asemptomatik popülasyonda ARM ilgili servikal segmentin alt vertebra gövdesinin üst ve arka yarısına denk düştüğünü gösterdiler. 50 yaş ve üstü popülasyonda ARM nin C5-C6 segmentinde daha anterior ve superiora yer değiştirdiğini tespit etmişlerdir. Bu değişim aynı zamanda disk dejenerasyonun röntgen sınıflaması ile korele

bulunmuştur. Disk dokusunun içerisindeki dejeneratif değişiklikler, anterior skleroz ve osteofit oluşumu kuvvetle muhtemel bu patogeneizde rol oynamıştır(7).

ARM'nin subaksiyel omurgada eklem hareket arkını ve kalitesini ölçmede kullanılmasına karşın üst servikal segmentde yetersizliği bu seviyenin test edilmesi için diğer testlerin ve ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Dvorak ve ark. tanımladıkları fleksiyon-rotasyon testi ile fleksiyonun son derecelerinde rotasyonun sadece C1-C2 segmentinden yapıldığını bu nedenle C1-C2 segmenti kaynaklı problemlerde bu hareketin azalacağını bildirmişlerdir(47). H.Takasaki ve ark ise bu bilgiyi in vivo göstermek için yaptıkları bir çalışmada flexion rotasyon testi kullanarak servikal ünitenin MRI görüntülemelerini yapmışlardır. Bu çalışmada flexionla birlikte posterior yapıların gerginleşmesine bağlı olarak c1-c2 segmenti aşağısındaki omurga segmentlerinde rotasyon hareketlerinde ciddi miktarda düşüşün olduğunu flexiondaki rotasyonun asıl olarak atlantoaksial bölgeden kaynak aldığını doğrulamışlardır(48).

Çalışmamızın kısıtlayıcı yönlerinden bir servikal omurga kinematiği incelerken statik incelemeler kullanmış olmamızdır. Statik radyografik ölçümlerin servikal omurların kinematiğinin incelenmesinde kullanımı tartışma konusu olmuştur. Hareketin son noktalarında çekilen görüntülemelerin dinamik harekete dair bilgi verememesi ve günlük hayatta en çok kullanılan hareketin orta düzeyinin (mid-range) değerlendirilememesi nedeniyle eleştirilmiştir(49, 50). Anderst ve ark başın hareket arkına göre servikal bölgedeki intervertebral kinematiklerin değişimini inceledikleri çalışmalarında başın ekstensiyonu esnasında servikal hareket segmentlerinin daha fleksiyon pozisyonunda, başın fleksiyonu sırasında ise daha ekstensiyon pozisyonunda olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle statik bir anda çekilen direk grafi incelemeleri servikal omurların orientasyonuna dair sağlıklı bir veriye ulaşılamayacağını bildirmişlerdir(51). Yine aynı ekibin bir başka makalesinde servikal artrodez yaptıkları 6 hastayı 18 kişilik kontrol grubu ile karşılaştırmışlar, incelemeleri de dinamik devamlı x ray incelemeleri üzerinden yapmışlardır. Bu x ray'lerden elde edilen verileri geçerliliği önceden onaylanmış bir hareket takip sistemi ile 3d hareket analizine dönüştürerek intervertebral kinematikleri incelemişlerdir. Statistik incelemelerde tespit edilemeyecek intervertebral kinematik değişiklikler bulmuşlardır. Örneğin C5- C6 artrodezi olan hastalarda statik x ray incelemesi kullanılarak fleksiyon ve ekstensiyon EHA'nın sonlarında alınan x ray görüntülerine göre yorum yapıldığında, iki grubun EHA açıklığının bu segmentde aynı olması nedeni ile kontrol grubu ile cerrahi grubu arasında C4-C5 segmentinde intervertebral kinematik açısından bir anomallik saptanmamıştır. Ancak dinamik incelemelerde cerrahi grubunda bu segmentin

daha fazla ekstensiyon orientasyonunda olduğunu tespit etmişlerdir. Bu da komşu segment hastalığının patogenezi için açıklayan bir görüntüleme bulgusudur(52).

Zhang ve ark yaptıkları servikal omurga sonlu eleman analizinde en fazla hareketi ekstansiyon hareketinde sağlanırken en az lateral eğilme durumunda sağlanıyor.Yine aynı analizde üst servikal segmentin alt servikal segmentlere göre daha fleksibl olduğu bildirilmiştir. Sagittal plan hareket arkının yarısının C0-C1 ve C1-C2 segmentlerinden sağlandığını göstermişlerdir. Bu sonuçları daha önceki deneysel çalışmalarla uyumlu çıkmıştır(53). Bizim çalışmamızda her ne kadar hareket arkı bilgisi olmasada preoperatif AİS(Adölesan İdiopatik Skolyoz) populasyonunda ÜSL(C1-C2 lordozu) ortalaması 35,4° bulunmuşken ASL(C2-C7 lordozu) 6,50° bulunmuştur.

Hwan ve ark. yaptıkları çalışmada yumuşak doku hasarı oluşan servikal travmaların tespitinde fleksiyon ekstensiyon grafipleri ile elde edilecek instabilite tespiti için en az 60°'lik bir hareket arkının gerekliliğini 12 kadavra üzerinde göstermişlerdir. Bununla birlikte ARM'nin bu hareket arkından öncesinde bile servikal travmayı sensitif bir şekilde göstermektedir. ARM'nin ise düşük derecelerde bile daha sensitif ve spesifik olduğu bildirilmiştir(54).

Schneider ve ark yaptıkları spondilolistezisli hasta grubunda anormal hareketler isimli çalışmada ARM'nin anormal hareketi göstermedeki duyarlılığını bildirmişlerdir.Statik incelemeler ile saptanamayacak dinamik problemlerin ARM ile tespit edilebildiğini göstermişlerdir. 13 spondilolistezisli hasta grubunda 1'i hariç en az 1 lomber segmentde anormal hareket tespit etmişlerdir. 6 hastada ise litik segment olan L5-S1 segmentinde paradoksikal hareket görmüşler bunu da ARM le birlikte reaksiyon merkezinin ölçülmesiyle tespit etmişlerdir. Fleksiyonla birlikte L5 vertebranın arkaya doğru hareket ettiğini göstermişlerdir(5). Moorehead ve ark. ise yaptıkları çalışmada Reuleaux'un tanımladığı ARM ölçüm tekniği yerine Lateral Extrapolation Tekniği adını verdikleri ölçüm ile özellikle dönme ile birlikte kayma hareketinin de olduğu eklemlerde (özellikle diz) ARM tespitinin daha doğru sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir(55).

Wattananon ve ark lomber ARM'leri inceledikleri çalışmalarında normal populasyon grubu , bel ağrısı öyküsü olan populasyon grubu ve de güncel bel ağrısı olan hastalardan oluşan grupları karşılaştırdıkları çalışmalarında, güncel bel ağrısı olan hasta grubunda lomber segmentin mutemmel kas spazmına sekonder azalmış hareketi nedeniyle öne eğilmenin değişik derecelerindeki ARM'sinde diğer gruplara göre daha az oynama tespit edilmiştir(56).

Schmidt ve ark yaptıkları sonlu eleman analizinde ARM ve de faset eklemlere binen yüklenmeleri incelemişlerdir. Değişik hareket derecelerinçe farklı ARM'ler tespit etmişlerdir. Fleksiyonla birlikte anteriora doğru yönelen ARM'nin intervertebral disk aralığında yerleşimi devam ederken ekstansiyonla birlikte posteriora doğru yöneliyor. Lateral eğilme ile eğilme tarafına doğru giden ARM asıl değişimi ise aksiyel rotasyonla yaşıyor. Aksiyel rotasyonla birlikte dönmenin olduğu tarafa yönelen ARM intervertebral disk aralığının dışına çıkıp ilgili taraf facet eklemine doğru yöneliyor bu da o facet ekleminde artmış bir yüklenme ile uyumlu bulunmuştur(57).

Servikal lordozun genç popülasyonda yetişkin popülasyona göre daha kifotik olması literatürde bildirilmiştir(58). AİS popülasyonunda ise kontrol grubu adölesanlara göre daha kifotik bir servikal omurga mevcuttur(59, 60). Bir çalışmada AİS popülasyonun % 50 sinde hipolordotik (5° lordoz) % 34,4 kifotik (11° kifoz) servikal omurga tespit edilmiştir(59). Bizim çalışmamızdaki dar örneklemimizde hastaların %24'ünde preoperatif olarak servikal kifoz bulunurken %20'si de hipolordotiktir. Yukawa ve ark üç ve sekizinci dekat arasındaki 1200 kişilik asemptomatik gönüllü popülasyonunda servikal morfometre, dizilim, EHA'larının incelenmesine dair yaptıkları çalışmalarında ise yaşla birlikte servikal lordozun arttığını, özellikle bunun kadınlarda gelişen torakal kifozun kompenzasyonu için daha sık görüldüğünü bildirmişlerdir. Yaşla birlikte özellikle ekstensiyon eklem hareket açıklığında azalma olduğunu bildirmişlerdir.(58)

Torasik kifozdaki azalma sekonder olarak servikal lordozu azaltmaktadır. Bunun yanı sıra maturasyonla birlikte insan omurgasının tensil, kompresyon ve ekstensiyon kuvvetlerine karşı toleransı artmaktadır. Nuckley ve ark. değişik gelişim evrelerindeki insan servikal vertebraşı kadavraları üzerinde yaptıkları biomekanik çalışmada servikal spinal segmentin toleransının yaşla birlikte değiştiğini ; C1-C2 segmentinde tensil, C3-C5 segmentinde kompresif ve C6-C7 segmentinde ekstensiyon kuvvetlerinde yaşla birlikte yetmezlik oluşması için gelişmesi gereken gücün arttığını bildirmişlerdir(61).

AİS cerrahisinde uzun dönemde sagittal denge problemlerinden kaçınmak için global sagittal dengenin sağlanması gerekmektedir(PT<25°, SVA<50 mm, PI-LL<10°). Bu nedenle normal sınırlar içerisinde torasik kifozun sağlanması gerekmektedir. Blondel ve ark AİS popülasyonunda torasik eğriliğin sağlanmasında monoaksiyel ve poliaksiyel vidaların kullanımı karşılaştırdıkları çalışmada gösterdikleri üzere poliaksiyel vida kullanımının torasik kifozu düzeltmedeki gücü monoaksiyel vidalara göre anlamlı derecede yüksektir. Poliaksiyel vidaların torasik kifozu korumada daha iyi olmalarının nedeni ise prebend edilmiş rodu eğimini

pek fazla bozmadan vida rod yapısını kurması olarak bildirilmiştir. Blondel ve ark yaptıkları bu çalışmada çıkan sonuçlara göre günlük pratik uygulamalarında eğriliğin kaudal kısmında poliaksiyel vida kullanırlarken, kraniyalinde çengel, reduksiyon amaçlı apeksde sublaminar kablo kullanarak kifozu ve de sagittal dengeyi ön plana alan bir hibrid sistem uygulamaktadırlar(39).

Winter ve Cruickshank torasik skolyozu olan populasyonda servikal sagittal eğriliklerde değişiklikler tespit etmişlerdir(62, 63). Cruickshank 95 hastanın 49'unda servikal eğrilikte düzleşme ya da kifoz olduğunu bildirmişlerdir. Smith ve arkadaşları torasik skolyozu olan yetişkin popülasyonunda servikal deformitler ile C7-S1 SVA, PT, PI ve LL arasında ilişki olduğunu vurgulamıştır (64)

Wang ve arkadaşları AİS popülasyonunda servikal parametreleri inceledikleri çalışmalarında C2-C7 SVA'sı > 3 cm olan grupta servikal Cobb açısı ile pelvik parametrelerin ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada servikal sagittal dizilimin torasik kifoz ve de lomber lordozla ilişkili olduğunu , koronal plandaki eğrilikler ya da pelvik parametreler ile ilişkili olmadığını bildirmişlerdir(44)

Shwab ve arkadaşlarının da yaptıkları bir çalışmada gösterdikleri üzere SVA'nın öne gittiği pozitif sagittal denge durumlarında pelvik tilt artarak retroversion artırılır, böylece ağırlık merkezi çizgisi nötral pozisyona alınmaktadır(65).

AİS popülasyonunda servikal sagittal parametreler son zamanlarda artan sayıda literatürde yer bulmaktadır. Pesenti ve ark 29 hipokifotik ($TK < 20^\circ$) AİS grubunda hibrid sistem uygulaması ile TK(torasik kifoz) ve SL(servikal lordoz) derecelerinde anlamlı iyileşmeler sağlarken, T1 eğiminin de bu düzelmeler ile korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Akihiko ve ark. AİS(Lenke Tip 1) popülasyonunu kontrol grubu ile karşılaştırdıkları çalışmalarında AİS popülasyonunda torasik kifozdaki azalmanın kompanzatuvar olarak servikal kifozu sebep olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada torasik kifozun azalmasındaki ana unsur olarak vertebral rotasyon ve de kamalaşma nedeni ile gerçek lateral skolyoz grafisinde göreceli bir hipokifozun oluşmasını bildirmişlerdir(60). Fiksasyonda hibrid sistem kullanmaları nedeni ile torakal kifozun kazanımı daha fazla elde ettiklerini iddia etmişlerdir. Bizim çalışmamızı daha geniş bir serinin erken sonuçları olarak kabul edip hibrid sistemlerinde eklendiği bir analiz yapılması gerekliliği oluşmuştur. Güncel verilerde 22 hastada tamamı pedikül vidalı ve 3 hastada çengel uygulamasının yapıldığı hibrid sistemler kullanılmıştır.

Proksimal eğriliği olan lenke tiplerinde rotasyonel bir problemde olduğu için servikal lordozun sağlanmasında problemler yaşanabileceği düşünülmektedir. Ancak bizim serimizdeki 6 adet Lenke tip 2 olan hastamızın 3'ünde ASL postoperatif artış gösterirken 3 hastada ise azalmaktadır. Zhao ve ark. Lenke 1 hastalarda üst torasik enstrumentasyonun seviyesini inceledikleri çalışmalarında 68 Lenke Tip1 hastada T2 - T3 ve T4 enstrumentasyonun servikal lordoz üzerine etkilerini karşılaştırmışlar ve takipler sonucunda bu 3 seviye arasında anlamlı bir farklılık elde edememişlerdir(66). Ketenci ve ark yaptıkları çalışmada Lenke Tip 1 eğriliklerde üst enstrumentasyon seviyesinin servikal dizilime etkisini incelemişlerdir. T2 ve T3 enstrumante olan grupta servikal lordozda azalma tespit etmişlerdir. Bu azalmayı T1 eğimindeki azalma ve de T1- T5 kifozundaki azalmaya bağlamışlar ancak bu lordoz azalmasının klinik bir yansımasının olmadığını bildirmişlerdir. Bizde çalışmamızda T2 enstrumante hastalarımızda ASL'de azalma tespit ettik(67). Yine aynı merkezden çıkan başka bir çalışmada Yanık ve ark Lenke 3c ve 6c eğriliklerde yapmış oldukları çalışmalarda üst torasik enstrumentasyonun servikal sagittal dizilime etkisini irdelenmiştir. Postoperatif servikal lordoz, T1 eğimi ve de T5-T12 kifozu'nda istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler tespit etmişlerdir(68). Ancak üst enstrumentasyon seviyesinin birbirleriyle(T2-T3-T4) karşılaştırılmasında anlamlı bir fark görülmemiştir. T1-T5 kifozunda postoperatif anlamlı bir değişiklik bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda da T5-T12 kifozu ile T1 eğimi ve ASL ilişkiliyken, T1-T5 kifozu korele değildi.

Lenke Tip 1(ana torasik) ve Tip 5 eğriliklerin(ana torakolomber) pelvik parametreler açısından normal populasyon ile karşılaştırıldıkları çalışmada her iki eğrilik tipinde de Pİ normal populasyona göre artmış bulunmuş(69). Tip 1 eğriliklerde artmış Pİ ve LL seviyelerine rağmen torakal hipokifozun bulunması skolyozun etiyogenezindeki anterior aşırı büyüme teorisini destekler niteliktedir. Ancak bizim çalışmamızda Lenke subtipleri içinde 20°'nin altında torakal kifoz açısından anlamlı bir değişiklik bulunmamaktadır.

Pozitif sagittal denge torasik hipokifoz ve de pelvik retroversion ile kompanse edilmeye çalışılır. Pelvis retroversionu ile kalça eklemine ekstension daha kolaylaşırken erekt postürü de sağlanmış olur. Lafage ve ark yaptıkları torasik kifozdaki değişimin postoperatif sagittal dengeye etkisi araştırmasında , yaşlı ,pelvik insidansı yüksek ve kötü T1SPi sahip hastaların postoperatif dönemde sagittal dengelerinin bozulmaya açık olma açısından risk teşkil eden grubu oluşturduklarını bildirmişlerdir(70).

Erişkin dönem idiopatik skolyoza hastalarına dair yapılan bir çalışmada Ofiram ve ark füzyon yapılmış idiopatik skolyoz hastalarının servikal dejenerasyonunu füzyon yapılmamış

skolyoz grubu ve de skolyozu olmayan normal popülasyon ile karşılaştırmıştır. Halihazırda preop artmış görülen servikal dejenerasyonun füzyon cerrahisi ile birlikte anlamlı bir şekilde artışına devam ettiğini göstermişlerdir. Preop servikal dejenrasyonun varlığı skoliotik torakal eğriliklerin ve sagittal denge bozukluklarının uzun dönemde sonuçlarını göstermek için değerli olmuştur (71).

Torasik omurganın dizilimi servikal sagittal hareketi etkilemektedir. T6-T12 arası torakal omurgalar servikal hareketin %10'una katkıda bulunmaktadır(72). Torakal hipokifozun düzeltilmesinin servikal hipolordoza düzeltilmesi beklenmektedir. Ancak bilim her zaman karşıtların varlığını da içinde barındırmaktadır. Canavase ve ark. yaptıkları çalışmada AİS cerrahisi sonrası servikal sagittal dizilimin torakal eğrilik düzelme oranından etkilenmediği hatta üst enstrumante vertebra seviyesinin anlamlı bir farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir. Servikal omurganın günbegün daha rijid hal almasının ana etken olduğu öne sürmüşlerdir(59). Bizim çalışmamızda ise preoperatif 20°'nin altında kifoza olan hastaların tamamında postoperatif ASL'de artış tespit edilmiştir. Ayrıca T2 enstrumentasyonu olan hastalarda postoperatif ASL'de azalma tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada da servikal kifozun prevalansına dair eşit sayıda akut boyun ağrılı, kronik boyun ağrılı ve de asemptomatik popülasyon karşılaştırılmış ve 3 grup arasında servikal hipolordoz açısından herhangi bir fark bulunmamıştır. Bu durum da servikal lordozun klinik bir yansımadan ziyade radyolojik pozisyonel bir durum olduğu kanısına araştırmacıları yöneltmiştir(73)

Hwang ve ark yaptıkları çalışma ile lenke 1 ve de lenke 2 eğriliklerde tamamım pedikül vidalı sistemlerle yapılan füzyonun torakal hipokifotik etkisi nedeni ile servikal dekompanasyona yol açtığını göstermişlerdir. Aynı çalışmada üst enstrumante vertebranın servikal dekompanasyon istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yaratmadığı ancak yine de üst enstrumante vertebra seviyesi yükseldikçe servikal dekompanasyonun oluşma trendinin olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmayı dikkatle yorumlamak gerekmektedir. Çünkü yazarlar Lenke tip 2 eğrilikleri de kattıkları çalışmalarında proksimal torasik eğriliğin rotatuvar komponentinin hipokifotik etkisi ve de servikal omurga sagittal düzlemini etkileme ihtimaline açıklık getirmemişlerdir(27).

Ferrero ve ark. 365 hastadan oluşan Lenke Tip 1 ve Tip 2 AİS popülasyonunda proksimal kavşak kifozunu (KK) irdeledikleri çalışmalarında kavşak kifozu gelişimi açısından preoperatif ve postoperatif bazı farklılıklar tespit etmişlerdir. 57 hastada (%15,6) KK gelişmiştir. KK gelişen hasta grubunda preoperatif pelvik insidansın, lomber lordozun ve de C7 eğiminin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Postoperatif dönemde ise bu grupta torakal kifozun

değişmediğini, C7 eğiminin azaldığını ve de lomber lordozun artış gösterdiğini bildirmişlerdir. KK gelişen grupta postoperatif lordozdan kifoza geçiş noktasının (inflection point) yukarıya kaydığını bildirmişlerdir. KK gelişmeyen grupta ise torakal kifoz artmış lomber lordoz değişmemiştir. Sonuç olarak postoperatif KK gelişimi riskleri açısından artmış lomber lordoz nedeniyle gelişen posteriora sagittal denge kaybı, bu durumu tolere edemeyen torakal kifoz dereceleri ve lordoz-kifoz geçiş noktasının yukarıya doğru yer değiştirmesi olarak bildirmişlerdir(74).

Kariman ve ark.(75) AIS popülasyonunda sagittal eğrilikleri baz alan yeni bir sınıflama geliştirmişlerdir. Buna göre Tip 1 normal sagittal eğrilikleri (normal torakal kifoz, düz torakolomber geçiş, normal lordoz vs) , Tip 2a torakal hipokifoz – Tip 2b torakal hipokifoz + torakolomber kifoz, tip 3 servikotorasik kifoz + torakolomber lordozdan oluşan 2 eğrilikli omurga sagittal plan eğriliklerini belirtmektedir. Bu sınıflamanın tedaviyi yönlendirici etkisinin olmasının Lenke Sınıflamasının sagittal profil kısmına üstünlüğü olarak belirtmişlerdir. Buna göre Tip 1 eğriliklerde mevcut sagittal planın eğriliğinin korunması, Tip 2a’ da torakal kifozun yeniden yaratılması, Tip 2b eğriliklerde torakolomber geçiş kifozunun düzleştirilmesinin de eklenmesini, Tip 3’de ise torakolomber geçişin düzleştirildiği, torakal kifozun uzunluğunun artırıldığı, lordozdan kifoza geçiş noktasının (inflection point) tekrardan torakolomber geçiş bölgesine alınmasını (T12-L1 seviyesi) tavsiye etmektedirler.

Hilibrand ve ark AIS popülasyonunda servikal sagittal dizilimi inceledikleri çalışmalarında ortalama servikal sagittal Cobb açısını preop $6\pm 11^\circ$ olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma gruplarını 3 altgruba indirdiklerinde torakal hipokifozu bulunan grupta ($TK < 20^\circ$) postoperatif servikal Cobb açısında değişiklik olmadığını ancak , normokifotik ve hiperkifotik olanlarda cerrahi sonrasında servikal kifoz açısında ilerleme olduğunu bildirmişlerdir. Son iki grubun kifoz açısında cerrahi sonrasında normal sınırlar içerisinde olmasına rağmen servikal kifoz deformitesinin gelişimi idiopatik skolyoz grubunda servikal postoperatif servikal kifoz gelişim potansiyelini göstermektedir(76).

Smith ve ark yaptıkları çalışmada global pozitif sagittal dizilim kusuru olan hasta popülasyonunda kompanzasyon amacıyla servikal lordozda artış olduğunu göstermişlerdir. Global dengenin cerrahi sonrasında düzeltilmesiyle servikal lordoz açısından da anlamlı düzeltilmeler olduğunu bildirmişlerdir. Servikal lordoz düzeltilmesiyle en iyi korelasyon gösteren parametrelerin ise lineer regresyon analizi sonucunda T1 eğimi ve de C2-C7 şakül çizgisi olduğunu tespit etmişlerdir. Buradaki T1 eğimi servikal lordoz ilişkisini pelvik insidans lomber lordoz ilişkisine benzetmişlerdir. Artmış bir T1 eğimi horizontal bakışı korumak için artmış

servikal lordoz ile sonuçlanmaktadır(43). Bizim çalışmamızda da T1 eğiminin hem ASL ile hem de SVA ile korele olduğu tespit edilmiştir. Postoperatif artan T1 eğimi ASL' yi artırırken dolayısıyla C7 vertebrayı öne doğru yerleştirmekte, C7 vertebra gövdesinden çizilen SVA'yı da dolaylı olarak pozitif yönde etkilemektedir.

Boissiere ve ark. yaptıkları erişkin skolyoz hastalarında servikal spinal balans çalışmasında, 29 hastanın preop ve postoperatif global spinal dengelerini ve servikal sagittal dengelerini incelemişler. Burada artan torakal kifoz ve lomber lordoz parametrelerine uyumlu olarak servikal lordozda da artışa tespit etmişler. Bu artışın temel olarak alt servikal segmentden kaynaklandığını, üst servikal segmentin lordoz derecelerinde bir değişiklik olmadığını, bunun horizontal bakışı sağlamak için alt segmentden yapılan son bir adaptasyon olduğunu bildirmişlerdir. C7 eğiminin hem servikal lordoz düzelimiyle hem de global spinal dengenin düzelmesiyle yüksek oranda korele olması nedeni ile servikal sagittal dengenin ve global dengenin ilişkisinde kilit rol oynadığını bildirmişler(77). Bizim çalışmamızda ise postoperatif olarak 15 hastada ASL'de artış olurken 14 hastada ise ÜSL'de artış oluşmuştur. Ancak bu artışların birbirleriyle ya da torakal kifoz parametreleri ile bir ilişkisi tespit edilememiştir.

Ilharreborde ve ark yaptıkları çalışmada posteromedial translasyon tekniği ile uygulanan hibrid sistemlerin servikal spinal dizilimi tamamı pedikül vidası ile kurulan sistemlere göre daha iyi düzelttiğini bildirmişlerdir. Bunun yanısıra servikal lordozdaki düzelmenin devamlı olduğunu ve 2 yıl içerisinde giderek artan servikal lordoz kazanımının olduğu belirtilmiştir(78).

Vidal ve ark yaptıkları çalışmada adolesan idiopatik skolyozunda servikal lordoz ve global spinal balansın güvenilirliğine yönelik intraobserver incelemelerde external auditör kanal(CAE)'ı global spinal balansın güvenilir bir ölçütü olarak bulmuşlardır(79).

Yagi ve ark yaptıkları çalışmada ağırlık merkezi çizgisi ile C7 şakül çizgisinin örtüşmediği durumların sıklıkla olduğunu, bu nedenle sagittal imbalans üzerinden ölçümler yapıp cerrahi planlama yapılırken yer reaksiyon kuvveti ile daha korele olan ağırlık merkezi çizgisinin kullanılmasının daha doğru olacağını bildirmişlerdir. Normal popülasyonda ağırlık merkezi çizgisi ile C7 şakül çizgisi benzer yerlerden geçmektedir. Bu çalışmada ayrıca T2 eğiminin 30°'den fazla olmasının da spinoplevik parametrelere göre Occiput-Gövde uyumsuzluğunun başlıca faktörü olduğunu bildirmişlerdir(80).

Pereira ve ark. yaptıkları çalışmada servikal sagittal dengenin ölçümünde oksipitosevikal parametreler ve de spinopelvik parametreler ile korelasyon gösteren C7 eğimini tanımlamışlardır. C7 eğiminin global spinal dengenin iyi bir göstergesi olduğunu

bildirmişlerdir. Bunun yanısıra servikal grafide bile ölçülebilir olması servikal grafi üzerinden global spinal denge üzerine yorum yapılmasını elverişli kılmaktadır(81).

Legarreta ve ark. yaptıkları çalışmada hibrid sistemlere göre tamamı pedikül vidalı sistemlerin servikal kifotik etkilerinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu noktada 2 reduksiyon manverası arasında (VCA-vertebra coplanar alignment CD-Concave Derotation) anlamlı bir fark tespit etmemişlerdir. Üst enstrumante vertebra seviyesinin T4 ve üzerinde olmasının da servikal kifotik etki yarattığı bu nedenle mümkünse kaçınılması gerektiğini bildirmişlerdir(82).

Ito ve ark. yaptıkları çalışmada adölesan idiopatik skolyoz hastalarında servikal sagittal dizilim öncelikle servikal lordoz $>4^{\circ}$ servikal kifoz $<-4^{\circ}$ ve servikal sigmoid(kranial ya da kaudalden bir kifoz biri lordoz) şeklinde ayırmıştır.Daha sonra servikal kifoz grubunu da torakal kifozun apeksine göre High(T4 üzeri) Middle(T4-T9 arası) Low(T9 altı) olarak ayırmıştır. CK-H grubunun torasik hipokifoz zemininde gelişmiş bir kompensasyon kifozu olduğunu belirtmişlerdir. CK-M grubunun iyi bir dengeye sahip bir omurganın horizontal bakış kifozu olduğunu belirtmişlerdir.CK-L grubu ise C2SVA ve de C7SVA nın öne gitmesine neden olan global bir servikotorasik kifoz olduğunu belirtmişlerdir(83).

Charles ve ark AİS'de servikal sagittal dizilimi inceledikleri çalışmalarında servikal sagittal dizilimi 5 şekilde tanımlıyorlar; lordotik($<-20^{\circ}$),hipolordotik(0° - -20°),kifotik ($>0^{\circ}$) kranyal lordozlu sigmoid , ve de son olarak kranyal kifozlu sigmoid. Sigmoid şekilli servikal dizilen omurgalarda infleksiyon noktası olarak C4 vertebrayı tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada postoperatif adaptif servikal değişikliklerin C2 ve C7 segmentlerinde anterior ya da posterior kayma ile oluştuğunu bildirmişlerdir(84).

Protopsaltis ve ark. global spinal denge ile SSD'nin birlikte değerlendirildiği yeni bir radyolojik ölçüm metodu olan cervical-thoracic pelvic angel (CTPA) tanımlamışlar ve bunun standart kullanım olan servikal şakül çizgisi (cervical plumb line) ile korele olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada T1 pelvik açısı(TPA)' nın da SVA ile korele olduğunu bildirmişlerdir(85)

Çalışmamızın ana kısıtlayıcı faktörü çalışmaya dahil edilen hasta sayısının az olmasıdır. Dahil edilme kriterlerinin sıkı olması ve verilerin prospektif olarak toparlanması bu süre zarfında hasta kaybına yol açmaktadır. Dolayısıyla çalışmamızın Tip 2 hataya ve seçim biasına sahip olma ihtimali vardır. Örneklemin dar olması nedeni ile kesin sonuçlar vermek zor olmaktadır. Ancak istatistiksel açıdan anlamlılık düzeyine ulaşan sonuçlarda elde edilmiştir.

ARM'nin ölçülmesinde kullanılan radyografik yöntemlerin de ölçüm hassasiyeti soru işareti uyandırmaktadır. 3 boyutlu ölçümlerle daha anlamlı değişiklikler elde edilebilme ihtimali mevcuttur. Bir diğer kısıtlayıcı faktör radyografik değişikliklere klinik değişkenlerin eşlik etmemesidir. SF 36, Oswestry Özürlülük İndeksi(ODI) ve Görsel Analog Ölçeği(VAS) skorları gibi ölçütlerin çalışmaya dahil edilmemesi sonuçların yorumlanmasında klinik verilerin ışığından yoksun olunmasına neden olmaktadır. Diğer bir kısıtlayıcılık ise hastalara x ray çekilirken bir önceki literatürün ışığında uygulanan yapabildikleri kadar fleksiyon ve ekstension ile servikal x ray çekilmesi uygulaması, her çekim öncesinde hastalara bildirilmesine karşın hasta bağımlı bir sonuç olması nedeni ile objektifliği konusunda şüphe uyandırmaktadır. Çalışmamızda hastalarımızın postoperatif servikal fleksiyon ve ekstensiyon grafiğini çekerken ağrılı dönemlerinin sonlandığı, tek başlarına mobilize olup sosyal hayata katıldıkları döneme denk gelen poliklinik kontrollerinde bu uygulamanın yapılması her ne kadar postoperatif ağrıya bağımlı olarak değişebilecek ARM değerlerini ekarte etse de, hasta popülasyonu içinde bir standardizasyondan yoksundur. Çalışmamızı erken dönem sonuçları olarak kabul edilip en az 1 yıl süre ile uzun dönem sonuçlarına dair de planlama yapmış bulunmaktayız. Son olarak gözlemci içi test ölçümleri korelasyonunun 0,715 olması her ne kadar güvenilirlik için yeterli olsada bu değer 0,80 ve üzerinde olması ölçümler arasında güvenilirliğin kuvvetli olduğunu gösterebilirdi.

6. SONUC

* Öncelikli olarak hipotezimiz reddedildi. Çalışmamızın hipotezi olan AIS cerrahisi servikal anlık rotasyon merkezini etkiliyordur iddiası preoperatif ve postoperatif C4-C5 segmentinde ve C6-C7 segmentinde istatistiksel açıdan anlamlı bir değişiklik olmaması nedeni ile kabul edilmedi.

* Örneklemimizdeki 25 hastanın 20'sinde postoperatif T5-T12 kifozunda azalma tespit edilmiştir ve bu istatistiksel açıdan anlamlıdır. Yine aynı şekilde postoperatif T1PVA, SVA ve de SS'da da istatistiksel açıdan anlamlı artışlar gerçekleşmiştir.

* C4-C5 segmentindeki ARM'nin y eksenini ile ASL arasında bir korelasyon saptanmıştır. ASL artarken ARM aşağı doğru kaymaktadır. Bu segmentte hareket arkının azalmasının bir göstergesi olan ARM değişimine karşın servikal lordoz artışı ilgili segmentin eklem hareket açıklığı ve kalitesi ile omurganın kifotik ya da lordotik olmasının bir ilişkisinin olmadığı göstermiştir.

* ASL ile T1E arasında korelasyon görülmüştür. Postoperatif olarak T1 vertebra eğimi artan hasta popülasyonunda alt servikal lordozda artmaktadır. Bu ilişki artmış T1 eğiminin alt servikal bölgeden kompanze edilmesi gibi gözükmektedir.

* T1E ile T5-T12 kifozu, SVA ve de C2-C7 SVA arasında da korelasyon tespit edilmiştir. T1 vertebra eğiminin servikal, torakal omurgalar ve global denge için kilit taşı görevi üstlendiği tespit edilmiştir.

* Preop T5-12 kifozu 20°'nin altında olanlarda postoperatif olarak ASL'de artış görülmektedir. Preop hipokifotik olanlarda postoperatif servikal lordozda artış tespit edilmektedir.

* T2 enstrümantasyonu olan vakalarda postoperatif ASL azalmaktadır. Aynı şekilde T2'nin altında enstrümente edilen vakalarda ise ASL artma eğilimindedir.

* Enstrümantasyon L2 ve üstünde kaldıkça ÜSL postoperatif artış gösterme eğilimindedir. Bunun yanı sıra enstrümantasyon L2 ve üstünde kaldıkça C4-C5 segmentinin ARM merkezinde de postoperatif yukarı doğru bir çıkış tespit edilmektedir. Bu yukarı doğru çıkış bu segmentin hareketliliğinin arttığını, EHA'ya olan katkısının arttığını göstermektedir.

* C6-C7 segmentindeki ARM değişimi ile ASL(alt servikal lordoz) ve ÜSL(üst servikal lordoz) değişimi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. Buradan

şu varsayıma ulaşabiliriz. Postoperatif C6-C7 segmentinde hareket kaybı gelişen hastalarda servikal dizilimin kifoza ya da hiperlordoza gitmesi ilişkili değildir.

* Lenke subtiplerine göre de C6-C7 segmentinde ARM değişimi açısından anlamlı bir değişiklik bulunmamıştır.

EK-1 Korelasyon Tablosu

Korelasyonlar

			d_x	d_y	d_üsl	d_asl	d_t51 2	d_t15	d_t1e	d_t1p va	d_pi	d_ss	d_pt	d_c2 c7	d_sv a
Kendall's tau_b	d_x	Korelasyon Katsayısı	1,00 0	,113	-,157	,080	-,007	-,057	,100	,084	,041	,167	-,160	-,244	,023
		Sig. (2- kuyruklu)	.	,427	,272	,575	,963	,691	,484	,559	,779	,243	,262	,088	,870
		N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_y	Korelasyon Katsayısı	,113	1,000	-,164	,313*	-,080	,104	,093	-,057	,149	-,013	,007	-,023	-,110
		Sig. (2- kuyruklu)	,427	.	,252	,028	,575	,469	,513	,691	,303	,926	,963	,870	,441
		N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_üsl	Korelasyon Katsayısı	-,157	-,164	1,000	-,063	,037	,127	,083	,000	,051	,010	,050	,147	,107
		Sig. (2-tailed)	,272	,252	.	,657	,797	,375	,559	1,000	,725	,944	,726	,304	,455
		N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_asl	Korelasyon Katsayısı	,080	,313*	-,063	1,000	,260	,097	,393*	,157	,169	,100	-,120	,197	,257
		Sig. (2- kuyruklu)	,575	,028	,657	.	,069	,498	,006	,272	,242	,483	,400	,168	,072
		N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_t51 2	Korelasyon Katsayısı	-,007	-,080	,037	,260	1,000	,184	,333*	-,023	,122	,134	-,260	,164	,290*

	Sig. (2- kuyruklu)	,963	,575	,797	,069	.	,199	,020	,870	,399	,350	,069	,252	,042
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t15	Korelasyon Katsayısı	-,057	,104	,127	,097	,184	1,000	,170	-,242	,146	,204	-,170	,120	-,207
	Sig. (2- kuyruklu)	,691	,469	,375	,498	,199	.	,233	,092	,314	,154	,233	,400	,147
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t1e	Korelasyon Katsayısı	,100	,093	,083	,393* *	,333* *	,170	1,000	,251	,074	,254	-,273	,284* *	,477* *
	Sig. (2- kuyruklu)	,484	,513	,559	,006	,020	,233	.	,080	,606	,076	,055	,047	,001
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t1p va	Korelasyon Katsayısı	,084	-,057	,000	,157	-,023	-,242	,251	1,000	-,024	-,178	,231	-,195	,430* *
	Sig. (2- kuyruklu)	,559	,691	1,000	,272	,870	,092	,080	.	,870	,215	,107	,175	,003
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_pi	Korelasyon Katsayısı	,041	,149	,051	,169	,122	,146	,074	-,024	1,000	,190	-,209	,193	-,051
	Sig. (2- kuyruklu)	,779	,303	,725	,242	,399	,314	,606	,870	.	,190	,147	,182	,725
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_ss	Korelasyon Katsayısı	,167	-,013	,010	,100	,134	,204	,254	-,178	,190	1,000	-,776* *	,211	,164
	Sig. (2- kuyruklu)	,243	,926	,944	,483	,350	,154	,076	,215	,190	.	,000	,141	,252
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_pt	Korelasyon Katsayısı	-,160	,007	,050	-,120	-,260	-,170	-,273	,231	-,209	-,776* *	1,000	-,210	-,170

	Sig. (2- kuyruklu)	,262	,963	,726	,400	,069	,233	,055	,107	,147	,000	.	,141	,233
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_c2 c7	Korelasyon Katsayısı	-,244	-,023	,147	,197	,164	,120	,284*	-,195	,193	,211	-,210	1,000	,161
	Sig. (2- kuyruklu)	,088	,870	,304	,168	,252	,400	,047	,175	,182	,141	,141	.	,262
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_sv a	Korelasyon Katsayısı	,023	-,110	,107	,257	,290*	-,207	,477* *	,430* *	-,051	,164	-,170	,161	1,00 0
	Sig. (2- kuyruklu)	,870	,441	,455	,072	,042	,147	,001	,003	,725	,252	,233	,262	.
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Spearman' s rho	d_x Korelasyon Katsayısı	1,00 0	,174	-,206	,118	-,032	-,057	,112	,148	,053	,225	-,246	-,344	,077
	Sig. (2- kuyruklu)	.	,406	,324	,573	,878	,787	,593	,481	,801	,279	,236	,092	,715
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_y Korelasyon Katsayısı	,174	1,000	-,282	,481*	-,107	,140	,132	-,087	,215	-,008	,009	-,068	-,169
	Sig. (2- kuyruklu)	,406	.	,171	,015	,611	,503	,528	,679	,303	,969	,965	,748	,420
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_üsl Korelasyon Katsayısı	-,206	-,282	1,000	-,031	,053	,165	,135	,002	,087	,013	,040	,246	,146
	Sig. (2- kuyruklu)	,324	,171	.	,884	,800	,429	,520	,994	,679	,949	,851	,236	,487
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	d_asl Korelasyon Katsayısı	,118	,481*	-,031	1,000	,387	,138	,575* *	,232	,228	,105	-,189	,230	,403*

	Sig. (2- kuyruklu)	,573	,015	,884	.	,056	,510	,003	,263	,274	,616	,365	,269	,046
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t51 2	Korelasyon Katsayısı	-,032	-,107	,053	,387	1,000	,260	,425*	-,043	,147	,214	-,410*	,238	,371
	Sig. (2- kuyruklu)	,878	,611	,800	,056	.	,210	,034	,838	,484	,305	,042	,252	,068
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t15	Korelasyon Katsayısı	-,057	,140	,165	,138	,260	1,000	,247	-,335	,209	,262	-,245	,185	-,243
	Sig. (2- kuyruklu)	,787	,503	,429	,510	,210	.	,234	,102	,315	,205	,237	,377	,242
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t1e	Korelasyon Katsayısı	,112	,132	,135	,575* *	,425*	,247	1,000	,343	,134	,376	-,375	,416*	,658* *
	Sig. (2- kuyruklu)	,593	,528	,520	,003	,034	,234	.	,094	,522	,064	,064	,039	,000
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_t1p va	Korelasyon Katsayısı	,148	-,087	,002	,232	-,043	-,335	,343	1,000	-,047	-,256	,315	-,279	,587* *
	Sig. (2- kuyruklu)	,481	,679	,994	,263	,838	,102	,094	.	,823	,217	,125	,177	,002
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_pi	Korelasyon Katsayısı	,053	,215	,087	,228	,147	,209	,134	-,047	1,000	,242	-,274	,303	-,073
	Sig. (2- kuyruklu)	,801	,303	,679	,274	,484	,315	,522	,823	.	,244	,184	,142	,729
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_ss	Korelasyon Katsayısı	,225	-,008	,013	,105	,214	,262	,376	-,256	,242	1,000	-,919* *	,264	,249

	Sig. (2- kuyruklu)	,279	,969	,949	,616	,305	,205	,064	,217	,244	.	,000	,202	,230
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_pt	Korelasyon Katsayısı	-,246	,009	,040	-,189	-,410*	-,245	-,375	,315	-,274	,919*	1,000	-,269	-,262
	Sig. (2- kuyruklu)	,236	,965	,851	,365	,042	,237	,064	,125	,184	,000	.	,194	,206
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_c2 c7	Korelasyon Katsayısı	-,344	-,068	,246	,230	,238	,185	,416*	-,279	,303	,264	-,269	1,000	,242
	Sig. (2- kuyruklu)	,092	,748	,236	,269	,252	,377	,039	,177	,142	,202	,194	.	,244
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
d_sv a	Korelasyon Katsayısı	,077	-,169	,146	,403*	,371	-,243	,658*	,587*	-,073	,249	-,262	,242	1,00 0
	Sig. (2- kuyruklu)	,715	,420	,487	,046	,068	,242	,000	,002	,729	,230	,206	,244	.
	N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

* Korelasyon istatistik katsayısı 0.05 seçildiğinde anlamlıdır (2- kuyruklu)

** Korelasyon istatistik katsayısı 0.01 seçildiğinde anlamlıdır (2- kuyruklu)

EK-2: Veri Tablosu

Hasta No	Preop ARMC4-C5X(	Postop ARMC4-C5X (	FARK C4-C5 X	Preop ARMC4-C5Y €	Postop ARMC4-C5 Y €
1	0,4467	0,4003	0,0464	0,7198	0,4093
2	0,5861	0,6273	-0,0412	0,4273	0,5415
3	0,5147	0,6526	-0,1379	0,1923	0,2853
4	0,4273	0,3449	0,0824	0,2057	0,8184
5	0,6858	0,3911	0,2947	0,8832	0,3162
6	0,6061	0,5587	0,0474	0,5882	0,3236
7	0,6478	0,3168	0,331	0,6733	0,3932
8	0,5275	0,4268	0,1007	0,1625	0,352
9	0,3739	0,5113	-0,1374	0,4774	0,2975
10	0,5001	0,1769	0,3232	0,6519	0,5246
11	0,3834	0,3495	0,0339	0,4758	0,6
12	0,305	0,5014	-0,1964	0,429	0,8995
13	0,319	0,7897	-0,4707	0,477	0,8175
14	0,5306	0,5591	-0,0285	0,2308	0,9364
15	0,4211	0,522	-0,1009	0,5601	0,4089
16	0,7777	0,8946	-0,1169	0,6489	0,812
17	0,619	0,4479	0,1711	0,4375	0,5
18	0,5443	0,3907	0,1536	0,497	0,6444
19	0,5147	0,2227	0,292	0,4871	0,286
20	0,3848	0,4296	-0,0448	0,5354	0,2174
21	0,6296	0,4132	0,2164	0,5154	0,7234
22	0,4256	0,7209	-0,2953	0,5175	0,091
23	0,4738	0,2169	0,2569	0,4358	0,1694
24	0,6397	0,4047	0,235	0,2459	0,7931
25	0,3845	0,4887	-0,1042	0,4345	0,3823

FARK C4-C5 Y	PreopÜSL(	Postop ÜSL	FARK ÜSL	Preop ASL(	Postop ASL	FARK ASL	Preop T5-12K(
0,3105	8,6	15,2	-6,6	12,6	14,9	-2,3	23,2
-0,1142	34,5	37,2	-2,7	23,2	18	5,2	30,1
-0,093	50,1	50,9	-0,8	13,7	12	1,7	35
-0,6127	32,6	27,3	5,3	9,4	48,4	-39	38
0,567	19,7	29,4	-9,7	7,3	-11,3	18,6	22,6
0,2646	34,9	49,4	-14,5	12,1	7,4	4,7	28,4
0,2801	24	27,3	-3,3	7	1	6	20,9
-0,1895	43,1	46,4	-3,3	-9,6	25,7	-35,3	22,8
0,1799	25,4	31,8	-6,4	11,6	0,5	11,1	36,4
0,1273	49,1	40,2	8,9	-11,3	-7	-4,3	19,6
-0,1242	28	46,5	-18,5	19,2	4,5	14,7	60,2
-0,4705	30,9	30,5	0,4	28,4	36	-7,6	55,4
-0,3405	36,5	32,1	4,4	25,6	43,1	-17,5	47,5
-0,7056	32,7	32,8	-0,1	0,9	12	-11,1	18,3
0,1512	51,1	31,5	19,6	-3,8	-1	-2,8	44,8
-0,1631	54	52	2	0	14,5	-14,5	10,1
-0,0625	34,6	33,4	1,2	-25,6	-20,3	-5,3	17,5
-0,1474	32,6	14,9	17,7	33,9	6,6	27,3	31,1
0,2011	33,1	53	-19,9	-21	-11,3	-9,7	19,7
0,318	38,6	35,3	3,3	0	6,8	-6,8	14,1
-0,208	46,8	42,2	4,6	8,8	5,4	3,4	34
0,4265	40	28,2	11,8	18,7	-9,9	28,6	37,3
0,2664	35,1	39	-3,9	0,4	6,7	-6,3	63,6
-0,5472	37,9	40,3	-2,4	5,2	9,9	-4,7	42,9
0,0522	32,2	48,3	-16,1	-4,1	17,8	-21,9	30

Postop T5-12K	FARK T5-12K	Preop T1-5 Kif	Postop T1-5 k	Fark T1-5K	PREOP KİFOZ <Preop T1 Eİ	Postop T1 Eİ
40,5	-17,30	3,8	28	-24,20	2	2,8
33,1	-3,00	36,3	25,8	10,50	2	19,6
22	13,00	13,7	10,9	2,80	2	12,8
32,6	5,40	-26,5	45,9	-72,40	2	26,1
13,2	9,40	13,6	2,8	10,80	2	22,1
20	8,40	6,2	18,6	-12,40	2	25,8
4,8	16,10	38,4	38,5	-0,10	2	4,5
30,6	-7,80	18,2	23,2	-5,00	2	22,8
5,8	30,60	16,9	6,3	10,60	2	28,4
12,3	7,30	2,6	-2,1	4,70	1	16,5
30,2	30,00	5,2	42,2	-37,00	2	30,5
20	35,40	36,9	23,3	13,60	2	35,2
26,9	20,60	7,1	11,7	-4,60	2	25,1
12,8	5,50	0,9	17	-16,10	1	4,5
24,5	20,30	23,7	12,5	11,20	2	10,7
31	-20,90	16,7	19,2	-2,50	1	24,3
6,2	11,30	-0,6	7,9	-8,50	1	8,2
6,7	24,40	22,9	16,8	6,10	2	16,8
9,1	10,60	0,4	19,5	-19,10	1	0,7
23	-8,90	7,6	4,7	2,90	1	-4,5
18,2	15,80	31,6	10,4	21,20	2	32,3
24,1	13,20	8,6	21	-12,40	2	31,3
35,6	28,00	30,6	15,4	15,20	2	30,7
19	23,90	11,9	29,9	-18,00	2	21,1
26	4,00	18,2	5,5	12,70	2	10,9

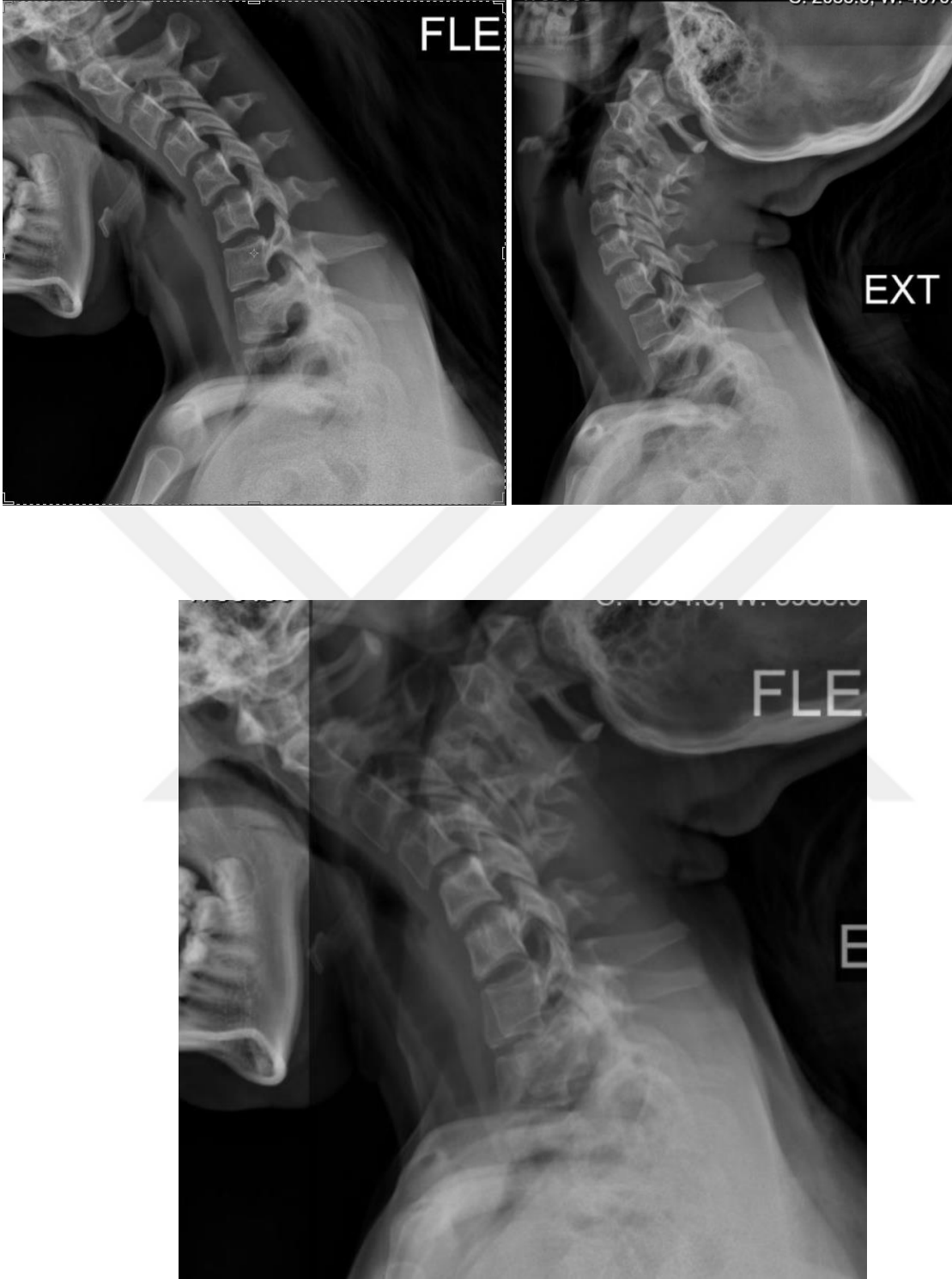
FARK T1 E	Preop T1P'	Postop T1P'	FARK T1Pv	Preop PI	Postop PI	FARKI PI	Preop SS	Postop SS	FARK SS
-19,7	0,2	8,2	-8	29,5	30,2	-0,7	14,2	23	-8,8
-7	6,7	11,4	-4,7	65,5	66,1	-0,6	46,1	60	-13,9
4,9	10,7	9,5	1,2	50	49,2	0,8	30,2	32,4	-2,2
-14	19,3	12,9	6,4	44,8	47,3	-2,5	15,1	33,9	-18,8
14,1	10	10,6	-0,6	52,7	52,6	0,1	38,1	40,4	-2,3
-2	3,81	6,1	-2,29	46,7436	48,53	-1,7864	33,688	37,12	-3,432
-17,3	-6,6	-1,3	-5,3	42	49	-7	40,6	46,9	-6,3
-4,2	8,7	3	5,7	54	52,4	1,6	37,1	39,8	-2,7
19,1	5,1	14,4	-9,3	32,5	35	-2,5	23,5	22,1	1,4
11	2,3	8,3	-6	38,3	38,4	-0,1	32,7	25,6	7,1
17	14,2	7,4	6,8	57	64,2	-7,2	38,4	44,5	-6,1
-15,7	34,6	45,9	-11,3	72,3	76,3	-4	25	34,2	-9,2
-14,5	12,5	18,6	-6,1	38,6	39,9	-1,3	22,3	20,9	1,4
-9,2	9,1	20,3	-11,2	47,2	46,4	0,8	31,2	21,8	9,4
-2,1	10	12,9	-2,9	64	70,3	-6,3	46,2	60,2	-14
-6,4	8,8	11,68	-2,88	50,5	50,2	0,3	28,3	48,1	-19,8
4	8,7	20,3	-11,6	31,9	29,8	2,1	17,3	11,7	5,6
5,8	7,4	6,7	0,7	37,5	36,2	1,3	28,8	26,2	2,6
-7,4	-6,2	-4	-2,2	43,1	45,1	-2	39,4	44,1	-4,7
-18,3	8,7	14,8	-6,1	63,2	65,7	-2,5	40,1	48,5	-8,4
23,7	11,9	14,3	-2,4	50,7	49	1,7	37,2	27,8	9,4
31,3	5,9	7,4	-1,5	45,2	45,2	0	26,9	31	-4,1
8,2	-12,8	-1,8	-11	52	50,3	1,7	48,9	44,2	4,7
4,2	5,8	7,4	-1,6	40,6	41,7	-1,1	18,5	27,5	-9
-10,2	1	7,1	-6,1	48,2	48	0,2	38,4	38,9	-0,5



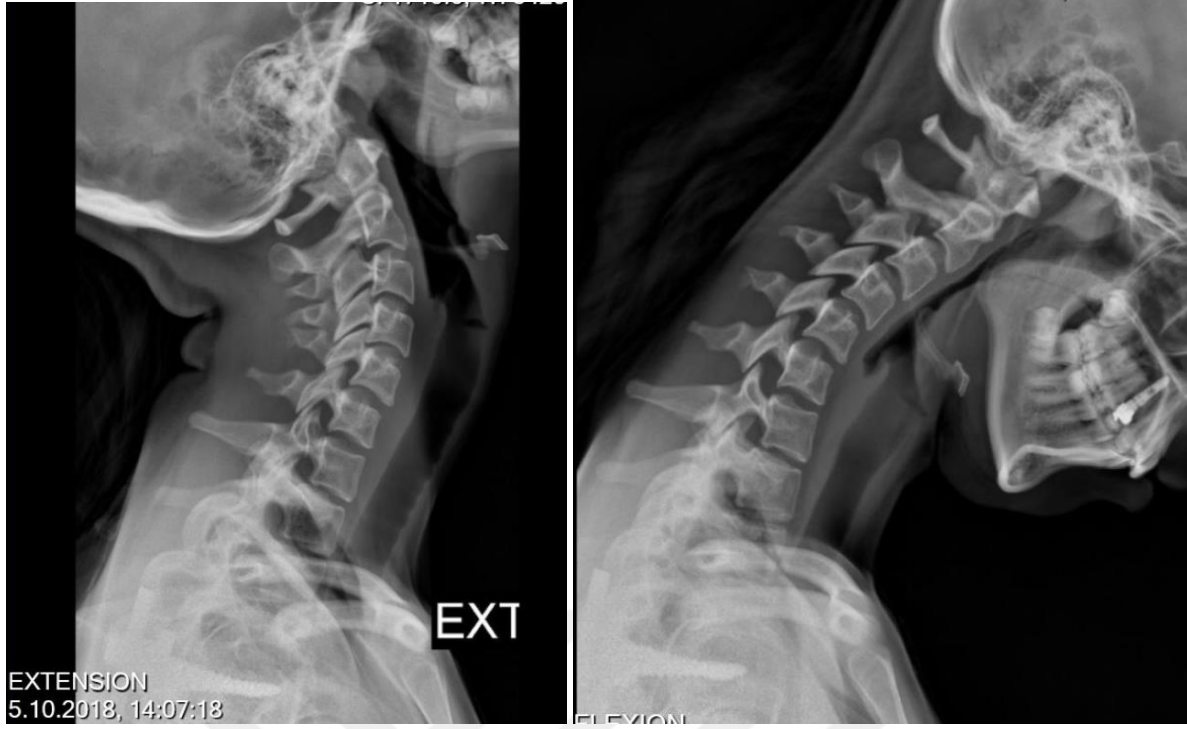
Preop PT	Postop PT	FARK PT	Preop C2- C7 SVAn	Postop C2-C7SVA	FARK C2-C7 SVA	Preop SVA
15,3	7,2	8,1	4,6	12	-7,4	-104
19,4	6,1	13,3	29	10	19	-39
19,8	16,8	3	23	20,3	2,7	51
29,7	13,4	16,3	-10	4,2	-14,2	-25,3
14,6	12,2	2,4	3,4	10,4	-7	-13
13,0556	11,41	1,6456	22,33	19,25	3,08	38,88
1,4	2,1	-0,7	-3,4	15,1	-18,5	-78
16,9	12,6	4,3	22	29	-7	-48
9	12,9	-3,9	29	5,7	23,3	-18
5,6	12,8	-7,2	21,8	23	-1,2	-23,5
18,6	19,7	-1,1	17	8,3	8,7	8,5
47,3	42,1	5,2	39	48	-9	0
16,3	19	-2,7	17,8	5,7	12,1	12
16	24,6	-8,6	28	13	15	-28
17,8	10,1	7,7	40	23,9	16,1	-36
22,2	2,1	20,1	37	26,1	10,9	-28,8
14,6	18,1	-3,5	17	-2,2	19,2	-42
8,7	10	-1,3	22,7	9,2	13,5	24,9
3,7	1	2,7	7,9	23,2	-15,3	-77,6
23,1	17,2	5,9	9,9	9,6	0,3	-73,6
13,5	21,2	-7,7	31,3	38	-6,7	-17,5
18,3	14,2	4,1	4,5	-5,9	10,4	-51
3,1	6,1	-3	40,7	25	15,7	-141
22,1	14,2	7,9	24	21,5	2,5	-46
9,8	9,1	0,7	7	13,9	-6,9	-56

Postop SVA	FARK SVA	Lenke	Risser	T2 enstrun	L2 nin altır	üst enstrumentasyon	pedikülse 1
80	-184	1	4	1	2	2	
67	-106	1	2	1	1	1	
45	6	1	4	1	1	1	
-16	-9,3	3	4	2	1	1	
0	-13	2	4	1	2	1	
-2,66	41,54	1	4	2	2	1	
-22,3	-55,7	1	5	1	1	1	
-43	-5	5	4	2	1	1	
-17,8	-0,2	1	5	1	2	1	
-11,4	-12,1	1	4	2	1	1	
-70,3	78,8	2	2	1	2	2	
149	-149	4	1	1	1	1	
47,6	-35,6	1	1	2	1	1	
15,1	-43,1	3	4	2	1	1	
-32	-4	3	2	2	1	1	
21,7	-50,5	2	4	1	2	2	
-44	2	3	4	2	1	1	
-16	40,9	1	0	1	1	1	
-39,3	-38,3	1	1	2	2	1	
-3	-70,6	2	4	1	2	1	
-20	2,5	4	4	1	1	1	
-53	2	2	4	1	1	1	
-64	-77	5	4	2	1	1	
-56	10	4	5	2	1	1	
0	-56	2	3	2	1	1	

EK-3: Hasta Örnekleri



Şekil 14: Preoperatif C4-C5 segmenti için fleksiyon ve ekstensiyon grafilerinin C5 vertebra üzerinde üst üste düşürülmesi.



Şekil 15: Postoperatif C4-C5 segmenti için C5 vertebra üzerinde fleksiyon ve ekstension graflerinin üst üste düşürülmesi

7. KAYNAKLAR

1. Aa W, Mm P. Clinical Biomechanics of the Spine, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott. 1990;2:18-20.
2. Moskowitz A, Moe JH, Winter RB, Binner H. Long-term follow-up of scoliosis fusion. J Bone Joint Surg Am. 1980;62:364-76.
3. Edgar MA, Mehta MH. Long-term follow-up of fused and unfused idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Br. 1988;70:712-6.
4. Bogduk N, Mercer S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. Clinical Biomechanics. 2000;15:633-48.
5. Schneider G, Percy MJ, Bogduk N. Abnormal motion in spondylolytic spondylolisthesis. Spine (Phila Pa 1976). 2005;30:1159-64.
6. Rousseau MA, Bradford DS, Bertagnoli R, Hu SS, et al. Disc arthroplasty design influences intervertebral kinematics and facet forces. Spine Journal. 2006;6:258-66.
7. Liu B, Liu Z, VanHoof T, Kalala J, et al. Kinematic study of the relation between the instantaneous center of rotation and degenerative changes in the cervical intervertebral disc. Eur Spine J. 2014;23:2307-13.
8. Baillargeon E, Anderst WJ. Sensitivity, reliability and accuracy of the instant center of rotation calculation in the cervical spine during in vivo dynamic flexion-extension. J Biomech. 2013;46:670-76.
9. Amevo B, Aprill C, Bogduk N. Abnormal instantaneous axes of rotation in patients with neck pain. Spine (Phila Pa 1976). 1992;17:748-56.
10. Anderst W, Baillargeon E, Donaldson W, Lee J, et al. Motion Path of the Instant Center of Rotation in the Cervical Spine During In Vivo Dynamic Flexion-Extension: Implications for Artificial Disc Design and Evaluation of Motion Quality Following Arthrodesis. Spine (Phila Pa 1976). 2013;38:E594-E601.
11. Powell JW, Sasso RC, Metcalf NH, Anderson PA, et al. Quality of spinal motion with cervical disk arthroplasty: computer-aided radiographic analysis. Journal of spinal disorders & techniques. 2010;23:89-95.
12. Amevo B, Worth D, Bogduk N. Instantaneous axes of rotation of the typical cervical motion segments: a study in normal volunteers. Clin Biomech (Bristol, Avon). 1991;6:111-7.
13. Galbusera F, Bellini CM, Raimondi MT, Fornari M, et al. Cervical spine biomechanics following implantation of a disc prosthesis. Med Eng Phys. 2008;30:1127-33.
14. Qiu TX, Teo EC, Lee KK, Ng HW, et al. Kinematics of the thoracic T10-T11 motion segment: locus of instantaneous axes of rotation in flexion and extension. Journal of spinal disorders & techniques. 2004;17:140-6.
15. Panjabi M, Chang D, Dvorak J. An analysis of errors in kinematic parameters associated with in vivo functional radiographs. Spine (Phila Pa 1976). 1992;17:200-5.
16. Dvorak J, Panjabi MM, Novotny JE, Antinnes JA. In vivo flexion/extension of the normal cervical spine. J Orthop Res. 1991;9:828-34.
17. Percy MJ, Bogduk N. Instantaneous axes of rotation of the lumbar intervertebral joints. Spine (Phila Pa 1976). 1988;13:1033-41.
18. Kim CH, Park TH, Chung CK, Kim KT, et al. Changes in cervical motion after cervical spinal motion preservation surgery. Acta Neurochir (Wien). 2018;160:397-404.
19. Mayer ET, Herrmann G, Pfaffenrath V, Pöllmann W, et al. Functional radiographs of the craniocervical region and the cervical spine. A new computer-aided technique. Cephalalgia. 1985;5:237-43.
20. Liu B. Kinematic Study of the Cervical Spine : the instantaneous center of rotation. 2015.
21. Subramanian N, Reitman CA, Nguyen L, Hipp JA. Radiographic assessment and quantitative motion analysis of the cervical spine after serial sectioning of the anterior ligamentous structures. Spine (Phila Pa 1976). 2007;32:518-26.

22. Kaneoka K, Ono K, Inami S, Hayashi K. Motion analysis of cervical vertebrae during whiplash loading. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24:763-9; discussion 70.
23. Haheer TR, O'Brien M, Felmly WT, Welin D, et al. Instantaneous axis of rotation as a function of the three columns of the spine. 1992. p. S149-54.
24. Haheer TR, Bergman M, O'Brien M, Felmly WT, et al. The effect of the three columns of the spine on the instantaneous axis of rotation in flexion and extension. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16:S312-8.
25. Bradford DS. Kyphosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1977;2-4.
26. Scheer JK, Tang JA, Smith JS, Acosta FL, Jr., et al. Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: a review. *J Neurosurg Spine*. 2013;19:141-59.
27. Hwang SW, Samdani AF, Tantorski M, Cahill P, et al. Cervical sagittal plane decompensation after surgery for adolescent idiopathic scoliosis: an effect imparted by postoperative thoracic hypokyphosis. *J Neurosurg Spine*. 2011;15:491-96.
28. Patwardhan AG, Khayatzadeh S, Havey RM, Voronov LI, et al. Cervical sagittal balance: a biomechanical perspective can help clinical practice. *Eur Spine J*. 2018;27:25-38.
29. McAviney J, Schulz D, Bock R, Harrison DE, et al. Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005;28:187-93.
30. Lau KT, Cheung KY, Chan KB, Chan MH, et al. Relationships between sagittal postures of thoracic and cervical spine, presence of neck pain, neck pain severity and disability. *Man Ther*. 2010;15:457-62.
31. Villavicencio AT, Babuska JM, Ashton A, Busch E, et al. Prospective, randomized, double-blind clinical study evaluating the correlation of clinical outcomes and cervical sagittal alignment. *Neurosurgery*. 2011;68:1309-16; discussion 16.
32. El Fegoun AB, Schwab F, Gamez L, Champain N, et al. Center of gravity and radiographic posture analysis: a preliminary review of adult volunteers and adult patients affected by scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:1535-40.
33. Lee SH, Kim KT, Seo EM, Suk KS, et al. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2012;25:E41-7.
34. Suk KS, Kim KT, Lee SH, Kim JM. Significance of chin-brow vertical angle in correction of kyphotic deformity of ankylosing spondylitis patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:2001-5.
35. Tang JA, Scheer JK, Smith JS, Deviren V, et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. *Neurosurgery*. 2012;71:662-9; discussion 69.
36. Bao H, Varghese J, Lafage R, Liabaud B, et al. Principal Radiographic Characteristics for Cervical Spinal Deformity: A Health-related Quality-of-life Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:1375-82.
37. Knott PT, Mardjetko SM, Tschy F. The use of the T1 sagittal angle in predicting overall sagittal balance of the spine. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2010;10:994-8.
38. Park MS, Moon S-H, Lee H-M, Kim SW, et al. The Effect of Age on Cervical Sagittal Alignment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38:E458-E63.
39. Blondel B, Lafage V, Farcy JP, Schwab F, et al. Influence of screw type on initial coronal and sagittal radiological correction with hybrid constructs in adolescent idiopathic scoliosis: Correction priorities. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. 2012;98:873-78.
40. 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.
41. Mac-Thiong JM, Berthodnaud E, Dimar JR, 2nd, Betz RR, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29:1642-7.
42. Legaye J, Duval-Beaupere G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. *Acta Orthop Belg*. 2005;71:213-20.

43. Smith JS, Shaffrey CI, Lafage V, Blondel B, et al. Spontaneous improvement of cervical alignment after correction of global sagittal balance following pedicle subtraction osteotomy. *J Neurosurg Spine*. 2012;17:300-07.
44. Wang L, Liu X. Cervical sagittal alignment in adolescent idiopathic scoliosis patients (Lenke type 1–6). *J Orthop Sci*. 2017;22:254-59.
45. Carreon LY, Smith CL, Dimar JR, Glassman SD. Correlation of cervical sagittal alignment parameters on full-length spine radiographs compared with dedicated cervical radiographs. *Scoliosis and Spinal Disorders*. 2016;11:12-12.
46. Williams MA, McCarthy CJ, Chorti A, Cooke MW, et al. A Systematic Review of Reliability and Validity Studies of Methods for Measuring Active and Passive Cervical Range of Motion. *J Manipulative Physiol Ther*. 2010;33:138-55.
47. Dvorak J. Epidemiology, physical examination, and neurodiagnostics. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23:2663-73.
48. Takasaki H, Hall T, Oshiro S, Kaneko S, et al. Normal kinematics of the upper cervical spine during the Flexion-Rotation Test - In vivo measurements using magnetic resonance imaging. *Man Ther*. 2011;16:167-71.
49. Cobian DG, Sterling AC, Anderson PA, Heiderscheit BC. Task-specific frequencies of neck motion measured in healthy young adults over a five-day period. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:E202-7.
50. Bible JE, Biswas D, Miller CP, Whang PG, et al. Normal functional range of motion of the cervical spine during 15 activities of daily living. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2010;23:15-21.
51. Anderst WJ, Donaldson WF, Lee JY, Kang JD. Cervical spine intervertebral kinematics with respect to the head are different during flexion and extension motions. *J Biomech*. 2013;46:1471-75.
52. Anderst WJ, Donaldson WF, Lee JY, Kang JD. Continuous cervical spine kinematics during in vivo dynamic flexion-extension. *Spine Journal*. 2014;14:1221-27.
53. Zhang QH, Teo EC, Ng HW, Lee VS. Finite element analysis of moment-rotation relationships for human cervical spine. *J Biomech*. 2006;39:189-93.
54. Hwang H, Hipp Ja, Ben-Galim P, Reitman Ca. Threshold cervical range-of-motion necessary to detect abnormal intervertebral motion in cervical spine radiographs. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:E261-E67.
55. Moorehead JD, Montgomery SC, Harvey DM. Instant center of rotation estimation using the Reuleaux technique and a Lateral Extrapolation technique. *J Biomech*. 2003;36:1301-07.
56. Wattananon P, Intawachirarat N, Cannella M, Sung W, et al. Reduced instantaneous center of rotation movement in patients with low back pain. *Eur Spine J*. 2018;27:154-62.
57. Schmidt H, Heuer F, Claes L, Wilke HJ. The relation between the instantaneous center of rotation and facet joint forces - A finite element analysis. *Clinical Biomechanics*. 2008;23:270-78.
58. Yukawa Y, Kato F, Suda K, Yamagata M, et al. Age-related changes in osseous anatomy, alignment, and range of motion of the cervical spine. Part I: Radiographic data from over 1,200 asymptomatic subjects. *Eur Spine J*. 2012;21:1492-98.
59. Canavese F, Turcot K, De Rosa V, De Coulon G, et al. Cervical spine sagittal alignment variations following posterior spinal fusion and instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2011;20:1141-48.
60. Hiyama A, Sakai D, Watanabe M, Katoh H, et al. Sagittal alignment of the cervical spine in adolescent idiopathic scoliosis: a comparative study of 42 adolescents with idiopathic scoliosis and 24 normal adolescents. *Eur Spine J*. 2016;25:3226-33.
61. Nuckley DJ, Linders DR, Ching RP. Developmental biomechanics of the human cervical spine. *J Biomech*. 2013;46:1147-54.
62. Cruickshank JL, Koike M, Dickson RA. Curve patterns in idiopathic scoliosis. A clinical and radiographic study. *J Bone Joint Surg Br*. 1989;71:259-63.
63. Winter RB, Lovell WW, Moe JH. Excessive thoracic lordosis and loss of pulmonary function in patients with idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1975;57:972-7.

64. Smith JS, Lafage V, Schwab FJ, Shaffrey CI, et al. Prevalence and type of cervical deformity among 470 adults with thoracolumbar deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39:E1001-9.
65. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy J-P. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:1828-33.
66. Zhao J, Chen Z, Yang M, Li G, et al. Does spinal fusion to T2, T3, or T4 affects sagittal alignment of the cervical spine in Lenke 1 AIS patients: A retrospective study. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97:e9764.
67. Ketenci IE, Yanik HS, Erdem S. The effect of upper instrumented vertebra level on cervical sagittal alignment in Lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2018;104:623-29.
68. Yanik HS, Ketenci IE, Erdem S. Cervical Sagittal Alignment in Extensive Fusions for Lenke 3C and 6C Scoliosis: The Effect of Upper Instrumented Vertebra. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:E355-e62.
69. Upasani VV, Tis J, Bastrom T, Pawelek J, et al. Analysis of sagittal alignment in thoracic and thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis: how do these two curve types differ? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:1355-9.
70. Lafage V, Ames C, Schwab F, Klineberg E, et al. Changes in Thoracic Kyphosis Negatively. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37.
71. Ofiram E, Garvey TA, Schwender JD, Wroblewski JM, et al. Cervical degenerative changes in idiopathic scoliosis patients who underwent long fusion to the sacrum as adults: Incidence, severity, and evolution. *J Orthop Traumatol*. 2009;10:27-30.
72. Persson PR, Hirschfeld H, Nilsson-Wikmar L. Associated sagittal spinal movements in performance of head pro- and retraction in healthy women: a kinematic analysis. *Man Ther*. 2007;12:119-25.
73. Helliwell PS, Evans PF, Wright V. The straight cervical spine: does it indicate muscle spasm? *J Bone Joint Surg Br*. 1994;76:103-6.
74. Ferrero E, Bocahut N, Lefevre Y, Roussouly P, et al. Proximal junctional kyphosis in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: risk factors and compensatory mechanisms in a multicenter national cohort. *Eur Spine J*. 2018;27:2241-50.
75. Abelin-Genevois K, Sassi D, Verdun S, Roussouly P. Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications. *Eur Spine J*. 2018;27:2192-202.
76. Hilibrand AS. The Sagittal Alignment of the Cervical Spine in Adolescent Idiopathic Scoliosis. 1995. p. 627-32.
77. Boissière L, Bernard J, Vital JM, Pointillart V, et al. Cervical spine balance: postoperative radiologic changes in adult scoliosis surgery. *Eur Spine J*. 2015;24:1356-61.
78. Ilharreborde B, Vidal C, Skalli W, Mazda K. Sagittal alignment of the cervical spine in adolescent idiopathic scoliosis treated by posteromedial translation. *Eur Spine J*. 2013;22:330-37.
79. Vidal C, Ilharreborde B, Azoulay R, Sebag G, et al. Reliability of cervical lordosis and global sagittal spinal balance measurements in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2013;22:1362-67.
80. Yagi M, Takeda K, Machida M, Asazuma T. Discordance of gravity line and C7PL in patient with adult spinal deformity - Factors affecting the occiput-trunk sagittal discordance. *Spine Journal*. 2015;15:213-21.
81. Núñez-Pereira S, Hitzl W, Bullmann V, Meier O, et al. Sagittal balance of the cervical spine: an analysis of occipitocervical and spinopelvic interdependence, with C-7 slope as a marker of cervical and spinopelvic alignment. *Journal of neurosurgery Spine*. 2015;23:1-8.
82. Legarreta CA, Barrios C, Rositto GE, Reviriego JM, et al. Cervical and Thoracic Sagittal Misalignment After Surgery for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39:1330-37.
83. Ito K, Imagama S, Ito Z, Ando K, et al. Analysis of cervical kyphosis and spinal balance in young idiopathic scoliosis patients classified by the apex of thoracic kyphosis. *Eur Spine J*. 2016;25:3220-25.
84. Charles YP, Sfeir G, Matter-Parrat V, Sauleau EA, et al. Cervical sagittal alignment in idiopathic scoliosis treated by posterior instrumentation and in situ bending. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40:E419-27.

85. Protopsaltis T, Bronsard N, Soroceanu A, Henry JK, et al. Cervical sagittal deformity develops after PJK in adult thoracolumbar deformity correction: radiographic analysis utilizing a novel global sagittal angular parameter, the CTPA. *Eur Spine J.* 2017;26:1111-20.

