

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

**İLERİ OMURGA DEFORMİTELERİNDE
3 BOYUTLU MODELLEMENİN
CERRAHİ PLAN ÜZERİNE ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. ORTAÇ GÜRAN

İZMİR - 2016

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

**İLERİ OMURGA DEFORMİTELERİNDE
3 BOYUTLU MODELLEMENİN CERRAHİ PLAN ÜZERİNE
ETKİSİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. ORTAÇ GÜRAN

DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ: PROF. DR. İZGE GÜNAL

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ.....	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	V
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	2
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	33
4.BULGULAR.....	41
5.TARTIŞMA.....	47
6. SONUÇ	55
7. KAYNAKLAR	56

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Yöntemlere göre Enstrümantasyon Seviye Sayısının Karşılaştırılması

Tablo 2. Yöntemlere göre Ostetomi Sayısının Karşılaştırılması

Tablo 3. Yöntemlere göre Karar Verme Sürelerinin Karşılaştırılması



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Deformiteli omurga görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması

Şekil 2. 3 boyutlu yazıcı (3DS, Projet 160, ABD) yazılımı olan 3D print yardımıyla açılan modelin basım odası içerisine horizontal ve vertical yerleşimi optimize edilmesi

Şekil 3. Deformiteli omurga modelinin basım öncesi son hali (çevre dokular uzaklaştırılmış)

Şekil 4. 3 boyutlu yazıcının omurga modelini katmanlar halinde basımı

Şekil 5. Omurga modelinin basım sonundaki önden ve yandan görünüşü

Şekil 6. 3 boyutlu yazıcının basım tezgahından çıkarılan omurga modeli (henüz taşıyıcı kolonlar temizlenmemiş halde)

Şekil 7. Cerrahi değerlendirme formu

Şekil 8. Olgu 1'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Şekil 9. Olgu 2'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Şekil 10. Olgu 3'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Şekil 11. Olgu 4'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Şekil 12. Olgu 5'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

ÖZET

Vertebral kolonun anormal eğrilikleri ilk kez Hipokrat'ın "Corpus Hippocraticum" adlı eserinde tarif edilmiştir. Deformitelere bağlı bozulan insan anatomisi, insanlık tarihinin her döneminde ve her toplumda farklı algılanmış, farklı değerlendirilmiştir. Günümüze kadar bu hastalar destekleyici tedaviler, traksiyon ve korse gibi yöntemlerle tedavi edilirken günümüzde implant özelliklerinin gelişmesiyle bu yöntemler yerini cerrahi tedaviye bırakmıştır.

Teknolojik gelişmelerle beraber sadece cerrahi yöntemler ve enstrümanlarda değil tanı ve tedavi yöntemlerinde de gelişmeler olmaktadır. Günümüzün popüler yeniliklerinden olan 3 boyutlu yazıcılar hayatın her alanında olduğu gibi tıp alanında da her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı 3 boyutlu yazıcılarla üretilen ileri deformiteli omurga modellerinin cerrahların ameliyat kararı üzerindeki etkisini ortaya koymaktır.

Çalışmamızda ileri omurga deformitesi mevcut 5 hastanın direk grafi, bilgisayarlı tomografi; 3 boyutlu bilgisayarlı tomografi ve 3 boyutlu yazıcılarda üretilen 3 boyutlu omurga modelleri oluşturularak 5 farklı cerrah tarafından deformite düzeltici cerrahi planı yapmaları sağlanmıştır.

Elde edilen cerrahi planlar sonucunda enstrümente edilen vertebra sayısı, uygulanan osteotomi sayısı ve cerrahların tedaviye karar verme süresi incelenmiştir.

Enstrümente edilen vertebra seviyesi ve sayısı açısından Xray-BT, 3d BT görüntüleri ve 3 boyutlu modeller kullanılarak yapılan ameliyat planlarında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Xray-BT, 3d BT görüntüleri ve 3 boyutlu modeller kullanılarak yapılan ameliyat planlarında osteotomi sayısı açısından anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Cerrahların cerrahi plana karar verme süreleri karşılaştırıldığında 3 boyutlu modeller diğer iki yöntemle göre üstün bulunmuştur.

İstatiksel verilerin de işaret ettiği gibi daha fazla model ve daha fazla sayıda cerrah ile çalışmanın sürdürülmesi ve genişletilmesiyle daha kesin verilerin elde edilmesi mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: omurga deformitesi, 3 boyutlu modelleme, cerrahi planlama

ABSTRACT

Abnormal curvature of vertebral column was first described in "Corpus Hippocraticum" by Hippocrates. Throughout human history, human anatomy distorted by deformities has been perceived and approached differently in every society. Until today, the patients suffering from such deformities have been treated with methods such as supportive treatment, traction and orthopaedic corset. Thanks to the improvements of implant characteristics, these methods have been replaced by surgical treatment.

Following technological advancements, there have been many developments not only in surgical methods and instruments but also in diagnosis and treatment methods. 3-D printers, one of the popular innovations of today's world, are more commonly used in everyday life, as well as in medicine. The aim of this study is to present the effect of vertebral column models with severe deformities produced by 3-D printers on the surgical decision of surgeons.

In our study, providing them with the images of plain radiography, computerized tomography, 3-D computerized tomography and 3-D vertebral column models produced by 3-D printers of 5 patients with severe vertebral deformities, we asked 5 surgeons to make surgical plannings for deformity correction.

As a result of the surgical plannings, the number of instrumented vertebra, the level of osteotomy and the time required for the surgeons to make decisions on treatment have been analyzed.

Regarding level and number of instrumented vertebra, no significant difference has been shown in surgical planings made by X-ray CT, 3-D CT and 3-D models.

Regarding level of osteotomy, no significant difference has been shown in surgical planings made by X-ray CT, 3-D CT and 3-D models.

In terms of time required for the surgeons to make decisions on surgical planning, 3-D models outperformed the other two methods.

As the statistical data indicate, more accurate data is likely to be obtained by continuing and expanding the study with the participation of more surgeons and the use of more models.

Key words; spinal deformity, 3d printing, surgical planning

1. GİRİŞ

Spinal deformite kavramı kökeni antik çağlara dek uzanım gösteren, o döneme ait figürlerde rastlanılan bir patolojidir. Vertebral kolonun anormal eğrilikleri ilk kez Hipokrat'ın "Corpus Hippocraticum" adlı eserinde tarif edilmiştir. Hipokrat spinal deformitelerin çok çeşitli olduğunu, normal postürdeki eğriliklerin yaşlılarda artarak ağrıya neden olduğunu saptamıştır. Deformitelere bağlı bozulan insan anatomisi, insanlık tarihinin her döneminde ve her toplumda farklı algılanmış, farklı değerlendirilmiştir. Günümüze kadar bu hastalar destekleyici tedaviler, traksiyon ve korse gibi yöntemlerle tedavi edilirken günümüzde implant özelliklerinin gelişmesiyle bu yöntemler yerini cerrahi tedaviye bırakmıştır.

İnsan anatomisinde dengeli bir duruşu sağlayan en önemli yapı omurga ve buna destek veren kas, ligamanlar ve disk yapılarıdır. Torakal bölgede kotlar, lumbosakral bölgede yer alan sakroiliak eklem ve pelvis bu sistemin önemli yapılarıdır. Bütün bu yapı baş ve tüm gövdenin yükünün, dengeli bir şekilde bacaklara iletilmesine olanak sağlar. Omurgalar; içerdiği omurilik ve fonksiyonları nedeniyle bu biyomekanik dengeyi en iyi şekilde korumak zorundadır.

Teknolojik gelişmelerle beraber sadece cerrahi yöntemler ve enstrümanlar değil tanı ve tedavi yöntemlerinde de gelişmeler olmaktadır. Günümüzün popüler yeniliklerinden olan 3 boyutlu yazıcılar hayatın her alanında olduğu gibi tıp alanında da her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı 3 boyutlu yazıcılarla üretilen ileri deformiteli omurga modellerinin cerrahların ameliyat kararı üzerindeki etkisini ortaya koymaktır.

2.GENEL BİLGİLER

1.EMBRİYOLOJİ:

İskelet sistemi temel olarak iki ayrı dokudan oluşmuştur. Bunlar; kıkırdak ve kemik dokularıdır. Her iki dokunun kökeni mezodermdir. (1) Kolumna vertebralisin embriyolojik gelişimi ise daha karmaşık bir süreçle gerçekleşmektedir. Bu süreç sırasında ortaya çıkabilecek malformasyonlar; spina bifida, hemivertebral, konjenital füzyon ve agenezis ile sonuçlanabilmektedir. Spinal kord, genitoüriner sistem, kalp ve büyük damarların embriyolojik gelişimi, omurga gelişimi ile yakın bir etkileşim içindedir. Bu yüzden omurga gelişiminde ortaya çıkabilecek sorunlar bu sistem anomalileri ile birliktelik gösterebilir.

Embriyonik yaşamın 2. haftasında gastrulasyonun tamamlanması ile ektoderm ve endoderm ortaya çıkar, korda bu iki germ yaprağı arasına kayarak mezodermi yapar ve mezodermden; korda dorsalis (notokord) ve esas mezoderm oluşur. (2)

Omurga ve iskelete ait kemiklerin gelişme süreci, insan embriyosunun 20-35. gelişme günleri arasında farklılaşan somit çiftlerinin sklerotomu oluşturmasıyla başlar (3)

18. günde paraksial mezoderm ve nöral plak katlanmaya başlar ve nöral tüp oluşarak, her iki yanında somit çiftleri belirginleşir (2)

En ilkel omurgalıdan en yüksek omurgalı sınıfını oluşturan insana kadar tüm canlılarda korda dorsalis primer iskelet olarak varlığını devam ettirir. (4) Ancak bu yapı, yüksek sınıf canlılarda yerini yeni bir yapıya, omurgaya bırakırken pek az bir bölümü arta kalır. Korda dorsalisin iki yanında içi boş küp olarak dizilen somitlerin 20. Günde 4 çift olan sayıları 5. haftanın sonunda 42-44 çifte ulaşmaktadır. (5)

Gelişmenin 19. ve 32. günleri arasında 42-44. kadar olan somitlerin dağılımı, 4 oksipital, 8 servikal, 12 torasik, 5 lomber, 5 sakral, 8-10 koksigeal şeklini alır. (4) Her bir somit çiftinin ön-iç bölgesinden sklerotom, dış bölgesinden myotom, arka bölgesinden dermatom gelişmektedir.

Myotomlardan segmentli sırt kasları, dermatomlardan derinin derma ve hipoderma dokuları meydana gelir. (3)

Gelişimin erken devresinde, her sklerotoma bir myotom bölümü düşerken, daha sonra her bir omurun iki ayrı sklerotomdan oluşmasıyla , başlangıçtaki dizilişini koruyan myotom iki ayrı omura yapışır ve böylece omurganın kolayca oynamasına olanak sağlar (3) Son yıllarda immünohistolojik ve histokimyasal çalışmalar notokordun tümüyle kaybolduğunu göstermiştir. Bu nedenle, nucleus pulposusun kökenine açıklık getirecek yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. (7)

Omurgayı oluşturan vertebralar, iskeletin diğer kemikleri gibi üç evrede meydana gelir:

1)Mezenkimal,

2) Kıkırdak,

3) Kemikleşme

6. haftada membranöz omurga mezenkiminde 6 tane kıkırdaklaşma merkezi belirir. Embriyonik dönem sonunda bu merkezlerin ikisi notokordun lateralinde görülür ve kıkırdaklaşma merkezini tamamlamak için buna yapışır. İki merkez nöral kanal lateralinde yoğunlaşır ve bunların dorsal füzyonu nöral ark ve prosessus spinozusu meydana getirir. Nöral ark ve cisme ilave olarak iki kıkırdaklaşma merkezi daha belirir ve bunların lateral uzantıları prosessus transversusları oluşturur. İskeletin diğer kemikleri gibi omurganın kemikleşmesi de birincil ve ikincil merkezler sayesinde olur. Her omur biri korpus için, ikisi omur arkusu için olan üç birincil merkezden oluşur.(8)

Yeni doğandaki her bir omur, birbirine kıkırdak bölgeleriyle tutunan korpus ve arkus yarımlarıyla beraber toplam üç parçadan oluşur.(8) Doğum sonrası yaşamın 3.-5. yılında omur arkusunun yarımları solit kemik dokusuna dönüşerek kaynaşır.(10) 6. yaş sonunda, nörosantral eklemlerin kemikleşmesi ve ortadan kaybolması ile omurların korpus ve arkusları birleşir.

Puberteyle birlikte her bir omurda beş yeni ikincil kemikleşme merkezi belirginleşir; biri prosessus spinozusun ucunda, ikisi prosessus transversusların ucunda, ikisi de omur korpusunun epifiz bölgelerinde dairesel olarak belirginleşir. İkincil kemikleşme merkezlerinin yayılıp birbiriyle kaynaşmaları yirmi beş yaşın sonunda tamamlanır (5)

Spinal deformiteler yalnız kemik, yumuşak doku ya da her ikisinin birlikteliğiyle meydana gelebilir. Primer olarak yumuşak dokuyu etkileyen lezyonlar: poliomiyelit, serebral palsi, spinal musküler atrofi ve nörojenik artrogripozis gibi paralitik lezyonlar ile musküler distrofi, miyopatik artrogripozis ve amyotonia konjenita gibi myopatik lezyonlardan oluşur. Bunca sayılan sebeplere rağmen skolyotik deformitelerin büyük bir oranının sebebi bilinmez ve idiyopatik olarak sınıflandırılır.

2.ANATOMİ

Kolumna vertebralis, 33-34 vertebranın üst üste sıralanmasıyla meydana gelir. Omurganın ortasında bir kanal (canalis vertebralis) bulunur. Vertebral kanal içinde medulla spinalis yer alır. Omurgayı oluşturan 33-34 vertebradan 24'ü birbirlerine eklemler ile bağlanmıştır. 5 omurun birleşmesiyle tek bir kemik olan sakrum ve en altta yer alan 4-5 omurun birleşmesiyle os koksiks meydana gelmiştir. Vertebral kolon yukarıdan aşağıya doğru beş bölgeye ayrılır: Sırasıyla 7 servikal, 12 torasik, 5 lomber, 5 sakral, 4-5 koksigeal vertebra vardır.

Omurganın Şekli ve Eğrilikleri;

Vertebral kolon, vücudun arka orta çizgisi üzerindedir ve düz bir sütun halinde değildir. Yandan görünüşüne göre işlev bakımından önemli sagittal eğrilikler gösterir; sırasıyla boyun, göğüs, bel ve sakrum eğrilikleri vardır. Göğüs ve pelvis eğrilikleri esas eğriliklerdir ve öne doğru içbükeydirler. Boyun ve bel eğrilikleri sonradan basınç ile oluşurlar: Boyun eğriliği; intrauterin yaşamın sonunda veya yaşamın ilk 3-4 ayında belirginleşir. Bel eğriliği; 12-18 aylık iken, çocuk yürümeye başladığında gelişir ve bu gelişim için gövde ağırlığının bir alttaki omurga ve bacaklara iletilmesi gereklidir. Boyun ve bel eğrilikleri öne doğru dışbükeydirler. Boyun ve bel omurlarının oluşturduğu sagittal eğriliklere sırasıyla "servikal lordoz", "lomber lordoz" adları verilir. Kadınlarda bel eğriliği daha fazladır. Sakrum eğriliğinin içbükey yüzü aşağıya ve öne doğrudur. Göğüs eğriliğinin arkaya doğru olan dışbükeyliğinin patolojik olarak artmasına "kifoz" denir; genellikle yaşlı kadınlarda ve osteoporoza bağlı olarak gelişir.

Vertebral Rotasyonlar ve Anomaliler;

Vertebra sayısında, şeklinde ve pozisyonunda varyasyonlar sıktır. Vertebral anomaliler,intrauterin gelişim sırasında mezenkimal, kıkırdak ve osseöz modellerin düzenlenmesinin bozulması ile meydana gelir. En sık spina bifida, hemivertebral, kama vertebra ve füzyon anomalileri görülür.

Hemivertebral; İki vertebra arasında laterale yerleşmiş kama şeklinde vertebralardır. Bir bilateral kondritik merkezin yokluğu olası nedendir. Notokordun laterale deviasyonunda suçlanmaktadır. Sıklıkla lateral deviasyona yani skolyoza yol açsa da nadiren dorsal yerleşimle dorsal bir deformite olan kifoza yol açabilir.

Vertebral bar; Kolonun bir yüzüne lokalize segmentasyon anomalisine verilen addır. Sıklıkla posterolateral yerleşimlidir ve bu bölgede büyüme kusuru vardır. Sonuç skolyoz ve lordoz kombinasyonudur. Anterior yerleşimli olursa progresif kifoza yol açar.

Blok vertebra; Konjenital olarak iki veya daha fazla vertebranın ayrılmasında problem olması ile ortaya çıkar. En sık lomber bölgede görülür. İntervertebral diski oluşturması gereken mezenkimal zonun komplet kondrifikasyonu nedeniyle oluşur.

Kelebek Vertebra; Sagital planda yarık vertebralardır. Notokordun prematür dejenerasyonu sklerotomik median kondensasyona ve bilateral ossifik merkez oluşumunda gecikmeye neden olmaktadır. Diğer olası neden ise bilateral ossifik merkezlerin füzyon eksikliğidir.

Sipina bifida okkulta; Nöral arkın tamamlanmasında bozukluk nedeniyle oluşur ve lumbosakral bölgede dorsomedian ossifikasyon yetmezliğinden olması muhtemeldir. İki yaşına kadar çocukların %95'inde görülürken erişkinlerde görülme oranı %20'dir.

TERMİNOLOJİ:

Bu terimler, skolyoz araştırma derneğinin terminoloji komitesi tarafından belirlenmiş olup, periyodik olarak gelişmelere göre yenilenmektedir.

Spinal Deformite; Normal sağlıklı bir birey ayakta durduğunda omurganın tepesinden indirilen bir çizgi torakal omurganın önünden geçerek, L5/S1 eklemi çaprazlamaktadır.

Aynı şekilde koronal planda da omurga servikalden sakral bölgeye kadar düz bir hat şeklinde uzanım gösterir. Bu anatomik dizilimin her üç planda yani frontal, sagittal veya transvers düzlemde de fizyolojik sınırları aşmasına spinal deformite adı verilir. Bu deformiteler konjenital olabileceği gibi, idiyopatik veya kazanılmış olabilir. Spinal deformitelerin etiyojisi birçok nedene bağlı olabilir. Konjenital hastalıklar, dejeneratif hastalıklar, travma, enfeksiyon, tümör, metabolik hastalıklar, nöromusküler hastalıklar ve AIS gibi etiyojisi bilinmeyen bir çok faktöre bağlı gelişebilir

İdiyopatik	Nöromusküler
Erken başlangıç Geç başlangıç Adult	Nöropatik hastalıklar Üst motor nöron hastalığı Spinocerebellar dejenerasyon Serebral palsi Alt motor nöron hastalığı Poliomyelit Miyopatik Konjenital hipotoni Duchenne kaslar distrofi
Konjenital	Gelişimsel Sendromlar
Vertebra anomalisi Formasyon anomalisi Hemivertebra Anormal segmentasyon Ünilateral bar Kot füzyonu Spinal disrafizm Gergin omurilik sendromu Chiari malformasyonu Siringomiyeli Ayrık omurilik sendromu Meningoel-meningomiyelose	İskelet sistemi dizostozisi (Nörofibromatozis gibi) İskelet sistemi dizplazileri (osteogenetik imperfekta gibi)
	Tümörle ilişkili
	Osteblastom Osteoid osteom İntraspinal-intramedüller tümörler Ekstramedüller tümörler

Skolyoz: Vertebral kolonun ön-arka planda yana deviasyonu şeklinde görülen ve rotasyonla birlikte olabilen üç boyutlu deformitesidir. Normalde vertebral kolon ön-arka planda düzdür, 10 derecenin üzerindeki eğrilikler, skolyoz olarak isimlendirilir.

Kifoz: Vertebral kolonun yan planda konveks tarafı dorsale bakan eğriligidir. Torakal vertebralarda fizyolojik olarak bulunur. Normal torakal kifoz derecesi 20-40 derece arasında

değişir. 50 derecenin üzerindeki eğrilik; "hiperkifoz", 0-20 derece arasındaki eğrilik; "hipokifoz" ve 0 derecenin altındaki eğrilikler de, "torakal lordoz" olarak tarif edilir.

Lordoz: Vertebral kolonun yan planda öne doğru olan eğriligidir. Servikal ve lomber bölgede fizyolojik olarak bulunur. Lomber lordoz, 20-40 derece arasında değişir.

Kifoskolyoz: Skolyozla birlikte yan planda hiperkifoz bulunması halidir.

Lordoskolyoz: Skolyozla birlikte yan planda anormal anterior angülasyon bulunmasıdır.

Strüktürel skolyotik eğrilik: Fleksibilitesini kaybetmiş, yana eğilme grafilinde tam düzelme göstermeyen ve rotasyonu olan skolyotik eğriliktir.

Kompansatuar skolyotik eğrilik: Primer eğriliğin altında ya da üstünde gelişen, vücudun dengesini sağlayan eğriliklerdir. Başın, sakrumun ortasından geçen çizgide santralize olması durumunda eğriliğin kompanse olduğundan, aksi halde dekompanse eğrilikten bahsedilir.

Primer (Majör) eğrilik: Vertebra değişikliklerinin olduğu, ilk gözlenen eğriliktir.

Sekonder (Minör) eğrilik: Primer eğriliği dengelemek için gelişen strüktürel olmayan kompansatuar eğriliktir. Başlangıçta fikse değilken, zamanla strüktürel hale gelebilir.

Çift Majör Eğrilik: İki strüktürel eğriliğin birlikte bulunduğu durumdur.

Rib hump deformitesi: Eğriliğin konkav tarafında vertebra yüksekliğinin az olup, vertebranın rotasyona uğraması ve spinöz çıkıntıların konveks tarafa dönüp, kaburgaların kabarıklık oluşturmalarıdır.

Son (End) vertebra: Eğriliğin üstünde vertebranın üst yüzeyinin, altında ise alt yüzeyinin konkav tarafa doğru en çok eğimlendiği en son vertebraıdır.

Apikal vertebra: Rotasyonun en çok olduğu, eğriliğin merkezinde yer alan vertebraıdır.

Oblik pelvis: Pelvisin ön-arka planda horizontal eğriligidir. Eğer fikse ise, pelvis üst ve alt seviyesinde kontraktürler gelişebilir.

Kemik yaşı: Sol el ve el bileğinin A/P grafilinin ve iliak kemik epifizlerinin, Gruelich ve Pyle Atlası'ndaki ve Risser standartlara göre değerlendirilmesiyle tespit edilen yaşıdır.

Vertebral endplateler: Vertebra cisminin, disklere komşu olan üst ve alt kortikal bölümleri.

Vertebra büyüme plağı: Vertebra cismini üst ve alt bölümden örten, lineer büyümeyi sağlayan kartilaj plağı.

Gibbus: Keskin açılı kifoz.

İnfanıl Skolyoz: Yaşamın ilk üç yılında gelişen skolyoz.

Juvenil skolyoz: İlk üç yıl ile puberte başlangıcına kadarki dönemde gelişen skolyoz.

Adolesan Skolyoz: 10 yaş ve üzeri dönemde gelişen skolyoz.

SKOLYOZ

Yapısal (strüktürel) Skolyoz

a) İdiyopatik skolyoz

- i) İnfantil (0-3) yaş
- ii) Juvenil (3-10 yaş)
- iii) Adölesan (> 10 yaş)

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)
- iii) Karışık tip (segmentasyon + formasyon yetersizliği)

c) Nöromusküler skolyoz

i) Nöropatik

(1) Üst motor nöron

(a) Serebral palsy

(b) Spinoserebellar dejenerasyon

(1) Freidreich hastalığı

(2) Charcot Marie Tooth hastalığı

(3) Roussy Leevy hastalığı

(c) Siringomiyeli

(d) Spinal kord tümörü

(e) Spinal kord travması

(f) Diğer

(2) Alt motor nöron

(a) Poliomyelit

(b) Diğer viral miyelitler

(c) Travmatik

(d) Spinal musküler atrofi

(i) Werdnig Hoffman hastalığı

(ii) Kugelberg Welanders hastalığı

(e) Miyelomeningosel (paralitik)

(3) Disotonomi (Riley Day sendromu)

(4) Diğer

ii) Miyopatik

(1) Artrogripozis

(2) Musküler Distrofi

(a) Duchenne (Psödohipertrofik)

(b) Limb-girdle

(c) Facioscapulohumeral

(3) Fiber tip disproportion

(4) Konjenital hipotoni

(5) Miyotonia distrofika

(6) Diğer

d) Nörofibromatozis

e) Mezenşimal hastalıklar

i) Marfan sendromu

ii) Ehler Danlos sendromu

iii) Diğer

f) Romatoid hastalıklar

g) Travmatik

i) Kırık

ii) Cerrahi

(1) Laminektomi sonrası

(2) Torakoplasti sonrası

iii) Radyasyon

h) Ekstraspinal kontraktürler

- i) Ampiyem sonrası
- ii) Yanık sonrası

i) Osteokondrodistrofi

- i) Diastrofik cücelik
- ii) Mukopolisakkaridozis (Örnek: Marfan sendromu)
- iii) Spondilo-epifiziel displazi
- iiii) Multiple epifiziel displazi
- iiii) Diğer

j) Kemik enfeksiyonu (akut veya kronik)

k) Metabolik hastalıklar

- i) Raşitizm
- ii) Osteogenezis imperfekta
- iii) Homosistinüri
- iiii) Diğer

l) Lumbosakral eklemlerle ilgili patolojiler

- i) Spondilolizis ve spondilolistezis
- ii) Lumbosakral bölgedeki konjenital anomaliler

m) Tümörler

- i) Vertebral kolon tümörleri
 - (1) Osteoid osteoma

(2) Histiositozis-X 37

(3) Diğer

ii) Spinal kord tümörleri

Yapısal Olmayan (non-strüktürel) Skolyoz

a) Postural skolyoz

b) Histerik skolyoz

c) Sinir kökleri irritasyonu

i) Disk hernisi

ii) Tümörler

d) İnflamatuvar (örnek: apandisit)

e) Alt ekstremitte eşitsizliğine bağlı

f) Kalça eklemi etrafındaki kontraktürlere bağlı

İDİYOPATİK SKOLYOZ

İdiyopatik skolyoz yapısal nedenli skolyozların yaklaşık % 80'ini oluşturmakta olup deformitenin nedeni bilinmemektedir. İdiyopatik skolyozun tanısı, iyi bir fizik muayene ile nörolojik nedenler ve diğer belirtilerin (örneğin, nörofibromatoziste görülen cilt lekeleri gibi) tespit edilmemesi, radyolojik muayene ile de doğumsal anomalilerin ekarte edilmesi ile konulabilir. İdiyopatik skolyoz büyüme çağında herhangi bir yaşta ortaya çıkabilir.

Ortaya çıkışı bakımından üç zaman diliminde zirve yapar. Yaşamın ilk senesi, 5 ila 6 yaşları arası ve 11 yaşından iskelet gelişiminin tamalanmasına kadar geçen süreç en sık karşılaşılan zaman dilimleridir. Bu şekilde idiyopatik skolyoz, deformitenin başladığı yaşa göre üç gruba ayrılır

1. İnfantil İdiyopatik Skolyoz: 3 yaşın altındaki deformitelerdir. Erkeklerde daha sık görülmekte beraber, genellikle sol torakal eğriliklerdir. Kompansatuvar eğrilikleri yoktur.
2. Juvenil İdiyopatik Skolyoz: 3 - 10 yaşları arasındaki deformitelerdir. Erkek ve kızlarda eşit oranda görülmektedir. Sıklıkla eğrilik sol torakal yönde olup ilerleyici özelliği ön plandadır.
3. Adölesan İdiyopatik Skolyoz: 10 yaş ile iskelet gelişiminin tamamlanmasına kadar ortaya çıkan deformitelerdir. Kızlarda daha sık görülür. Genellikle sağ torakal ve sol lomber eğrilik görülür. Bu üç grup arasında en sık görülen adölesan idiyopatik skolyozdur

KONJENİTAL SKOLYOZ

Omurganın gelişimi sırasında dengesizliğe yol açan vertebral anomaliler sebebiyle, omurganın laterale doğru eğimlenmesiyle ortaya çıkan patolojiye "konjenital skolyoz" denir. Omurga embriyolojisinde kritik hafta, segmentasyon sürecinin olduğu 5-6. haftalardır.

Konjenital skolyoz tanısı konulabilmesi için mutlaka radyolojik olarak vertebralardaki patoloji saptanmalıdır. Konjenital skolyoz sıklıkla rijit olduğundan, korreksiyon oldukça zordur, bu yüzden eğriliklerin erken dönemde saptanması, tedavi şansını artırmaktadır.

Konjenital spinal anomaliler, formasyon defekti, segmentasyon defekti ve karışık tip olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar.

Formasyon defektine klasik örnek, alt ve üst bölümünde hareketli disk bulunan (bu yüzden serbest hemivertebral da denilen) hemivertebradır.

Segmentasyon defektine klasik örnek; birkaç vertebranın bir taraflarında segmentasyonun normal olduğu, diğer taraflarında segmentasyon kusuru gözlenen "tek taraflı segmente olmamış bar" dır.

Mac Even tarafından yapılan ve Winter'in 1968'de modifiye ettiği sınıflandırma, en sıklıkla kullanılanıdır. Bu sınıflandırmaya göre konjenital skolyoz üç ana gruba ayrılır:

1-Formasyon Defekti:

- a. Parsiyel formasyon defekti (Wedge vertebra)

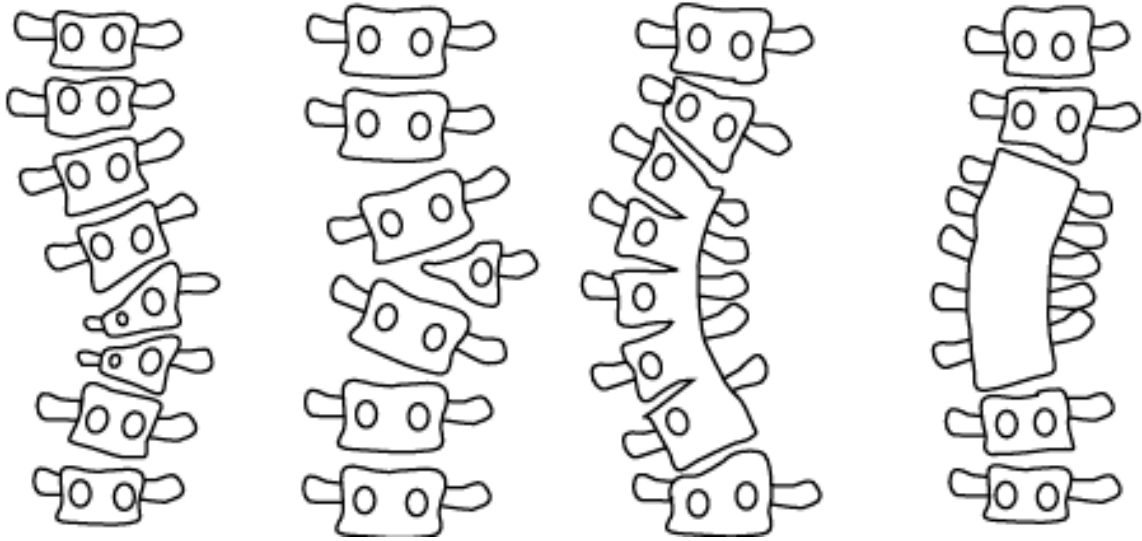
b. Tam formasyon defekti (Hemivertebral)

2- Segmentasyon Defekti:

a. Tek taraflı segmentasyon defekti (Unilateral ansegmente bar)

b. Çift taraflı segmentasyon defekti (Blok vertebra)

3-Mikst Deformiteler: Skolyoz; sıklıkla "lordoskolyoz" veya "kifoskolyoz" gibi bir sagittal deformite ile birlikte bulunur.



Etyoloji

Konjenital skolyozda aile hikayesi bulunması nadir karşılaşılan bir durumdur. Hemivertebral anomalisi gibi izole tek bir anomali genelde sporadiktir ve herhangi bir genetik risk taşımamaktadır. İnsanlarda mezenşimal dokudan tam olarak omurganın anatomik şeklini alması intrauterin hayatın ilk 6 haftasında tamamlanmaktadır. (10)

Bu nedenle, embriyolojik gelişimin 3. ve 8. haftalarında, embriyonun maruz kalabileceği etmenlerin etyolojide rolü olduğu düşünülmektedir. Annenin kullandığı ilaçlar, metabolik bozukluklar, travmalar ya da embriyonun hipoksiye maruz kalması konjenital spinal deformitelere yol açabileceği düşünülmektedir. (11)

Konjenital spinal deformite oluşturan ilaçlardan birisi talidomiddir. Maternal diyabet de, başta sakral agenezi olmak üzere vertebral malformasyonlara yol açabilmektedir. Hipoksinin, vertebral malformasyon oluşumu ile ilişkisinin gösterilmesi amacıyla kobaylar üzerinde

birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda kobaylarda mezenşimal gelişimin olduğu dönemlerde, kobayları hipoksik bırakarak vertebral malformasyonların olduğu gözlemlenmiştir. (12) Bu çalışmaların ışığında Farley ve arkadaşları karbonmonoksit kobay modelini geliştirmiştir. Maternal kobaylara mezenşimal dönem olan 9- 9.5' uncu günlerde karbonmonoksit verilmiş ve doz bağımlı 21 olarak torasik omurgada çeşitli deformiteler saptanmıştır. İnsanlarda mezenşimal dönemde oluşabilecek maternal hipoksi, sigara içme, konjenital skolyoz nedeni olabilir. (13)

Doğal Seyir

Konjenital skolyozun doğal seyrini açıklayan birkaç temel çalışma vardır. McMaster ve Ohtsuka tedavi edilmemiş 216 hastayı 5 yıl süreyle izlemişler ve deformitenin ilerlemesinin hem anomalinin tipine hem de lokalizasyonuna bağlı olduğunu bulmuşlardır. Tüm anomaliler içinde en ilerleyici olanı konveks hemivertebral ile birlikte konkav millateral segmente olamamış bar olduğunu saptamışlardır. İkinci en ciddi olan unilateral segmente olmamış bardır ve bunu çift konveks hemivertebral izler.

Her bir anomali tipi için deformitenin ilerleme derecesi anomali torakolomber bölgedeyse en ağır, torakaldeyse orta ağırlıkta, üst torakaldeyse daha hafif şekilde seyreder. Eğriliğin kötüleşme derecesi sabit değildir fakat eğrilik 10 yaşından önce mevcutsa özellikle adolesan dönemdeki büyüme piki sırasında genellikle artış gösterir. Blok vertebranın neden olduğu skolyoz en hafif olanıdır. Formasyon kusurundan kaynaklanan deformite hakkında tahminde bulunmak segmentasyon kusuru nedeniyle oluşan deformite hakkında tahminde bulunmaktan çok daha zordur. Hemivertebral omurganın etkilenen tarafında kama şeklinde büyüyerek skolyoza yol açarken, unilateral segmente olmamış bar omurganın etkilenmiş tarafındaki büyümeyi geciktirir. Hemivertebrası olan hastadaki büyüme dengesizliği unilateral segmente olmamış bara sahip hastalardaki kadar ağır değildir.

Winter bir hemivertebranın deformiteye yol açmadan normal olan komşu omurların arasında sıkışmış olarak bulunabileceğini bildirmiş ve bu durumu kompanse hemivertebral olarak adlandırmıştır. Ancak eğer hemivertebral komşu omurların her birinden bir disk aracılığıyla ayrılmışsa bu bir segmente vertebralıdır ve her iki tarafında işlevsel olarak fizisi vardır ve yavaş ilerleyen bir eğriliğe yol açma ihtimali bulunmaktadır. Bu konjenital anomalilerin ilerleme olasılıklarının saptanmasında en önemli etken büyüme potanssiyelinin belirlenmesidir. Dubousset ve arkadaşları spinal kanaldaki büyümenin üç boyutlu olarak değerlendirilmesinin önemini vurgulamışlardır. Eğriliğin her iki tarafındaki büyüme

potansiyelinin belirlenmesi prognoz hakkında yardımcı olacaktır. Örneğin beklenti normal konveks büyüme yönündeyse ve konkav tarafta büyümede gerilik olası ise ortaya major bir deformite çıkacaktır. Eğer hem konkav hem konveks tarafta büyüme eksikliği varsa ilerleyici lateral bir deformite gelişme ihtimali vardır. Her iki tarafta büyüme eksikliği çok sayıda seviyede mevcutsa lateral eğrilik oluşmaksızın gövdede kısalık gelişebilir.

Konjenital skolyozlu hastalarda konservatif tedavinin yeri sınırlıdır. İlerleyici olmayan eğriliklerin yüksek kalitede çekilmiş röntgenlerle yılda iki kez düzenli olarak takip edilmesi gereklidir. Çok sayıda anomalisi olan prognozım tahminin zor olduğu hastalarda da yakın takip oldukça yararlıdır. Ortez kullanımıyla tedavi edilebilen eğrilikler çok azdır. Winter ve ark Milwaukee breysi ile tedavi edilmiş 63 konjenital skolyozlu hastaya ait sonuçları yayınlamıştır.

Üç tip eğriliğin breys tedavisine yanıt verdiğini gözlemlenmiştir:

- (1) daha uzun fleksible eğrilikler,
- (2) traksiyonla veya yana eğilme ile düzelebilen eğrilikler,
- (3) normal ve anomalili omurları birlikte içeren eğrilikler.

Kısa keskin ve rijit eğrilikler breys ile tedaviye yanıt vermemiştir. Breysin etkisi daha çok esas konjenital deformitenin dışında kalan vertebralar üzerinde görülmektedir, ayrıca kompensatuar eğrilikler birkaç yıl içinde breys ile başarılı bir şekilde tedavi edilebilirler.

Lomber eğrilikler TLSO ile tedavi edilebilirler ancak torasik eğriliklerde Milwaukee breysi tercih edilmelidir. Ortezin çocuğun büyümekte olan toraksı üzerine etkileri kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer ortez tedavisi seçilmişse ölçümler dikkatle yapılmalı ve 6 aylık aralıklarla omurga grafileri karşılaştırmalı olarak incelenmelidir. Bazı eğriliklerin yavaş olarak ilerlemesi nedeniyle yeni çekilen grafilerin eskileri de dahil olmak üzere tüm grafilerle karşılaştırılması eğrilikteki ilerlemeyi saptamak açısından önemlidir.

Cerrahi Tedavi

Konjenital eğriliklerin %75'i ilerleyicidir. Bu eğriliklerin yalnızca %5-10'u breys ile tedavi edilebildiği için temel tedavi cerrahidir.

Enstrümantasyonsuz Posterior Füzyon:

Winter ve ark yaşları 5 ile 19 arasında değişen posterior spinal füzyon ve Harrington enstrümantasyonu veya yalnızca posterior spinal enstrümantasyon ile tedavi edilmiş konjenital skolyozlu 290 hastayı analiz etmişler ve konjenital skolyozlu hastaların çoğu için posterior füzyonun tatmin edici olduğu sonucuna varmışlardır. En sık problem büyüyen çocukta füzyon kitlesindeki eğilmedir ve bu durumla hastaların %14'ünde karşılaşılmıştır. Enstrümantasyon kullanımı düzeltmenin biraz daha iyi olmasını sağlamıştır. ancak serilerde parapleji ve enfeksiyon insidansı ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Enstrümantasyonsuz füzyonun avantajları basit ve güvenli olmasıdır. Zorluklarıysa alçılı düzeltme gereksinimi, ilerde eğiline olasılığı, "krankshaft" fenomeni gelişme olasılığı ve mümkün olan düzeltme miktarının daha az olmasıdır. Yalnızca posterior füzyon genellikle daha yavaş ilerlemesi beklenen küçük açılı eğrilikler ve servikotorasik bölgede olduğu gibi anterior füzyonun çok zor uygulanacağı eğriliklerde yapılmıştır. Düzeltme postoperatif dönemde düzeltici bir alçı veya korse ile sağlanmaktadır. En sık yapılan hatalar yeterli miktarda kemik greftinin kullanılmaması, vücuda bire bir uyan sıkı alçı veya breys kullanılmasıdaki yetersizlik, alçı ya da breysin erken çıkarılması ve psödoartrozun tanınıp erken tedavisinde yetersizlik olmasıdır. Birçok cerrah ameliyattan 6 ay sonra psödoartroz gelişimini ortaya koyabilmek için konjenital skolyoz için yapılmış füzyonların tamamını rutin olarak explore etmektedir. Enstrümantasyonsuz posterior füzyon uygulamasında füzyon bilateral olarak yapılır ve eğriliğin tamamını kapsar.

Winter ve ark füzyonların çoğunda eğilme görülmediğini göstermişlerdir. Özellikle unilateral bar veya karşı tarafında hemivertebral olan unilateral bar gibi önemli ölçüde ilerleme potansiyelleri olan eğriliklerde en iyi posterior füzyon uygulanmasına rağmen takiplerde eğilme ortaya çıkma olasılığı vardır. Bu eğrilikler için hem anterior hem posterior füzyon yapılmalıdır. Enstrümantasyon ile Posterior Füzyon Konjenital skolyozda enstrümantasyonun avantajları biraz daha iyi düzelmenin elde edilebilmesi, psödoartroz oranının azaltılması ve postoperatif alçı veya breys uygulamasının daha ılımlı olmasıdır. Winter ve ark'ın gösterdiği, Letts ve Hoolenberg'in yayınladığı gibi konjenital skolyozun Harrington enstrümantasyonu uygulaması sonrası sık olarak paraplejinin görüldüğü bir durum olmasına bağlı olarak bu avantajlar ve paralizi ile enfeksiyon riskleri tartılıp seçim öyle

yapılmalıdır. Myelografi veya MRG ile dikkatli bir değerlendirme, intraoperatif spinal kord monitorizasyonu ve wake up testinin rutin uygulanmasıyla nörolojik yaralanma riski azaltılabilir ancak ortadan kaldırılamaz. Enstrümantasyon insizyonun uzunluğunu veya faset füzyonu, dekortikasyon, bol miktarda kemik grefti ve ameliyat sonrası eksternal destek kullanım gerekliliğini değiştirmez. Enstrümantasyon genellikle eğriliğin düzeltilmesinin ve bu düzelmenin breysle korunmasının zor olduğu, eğriliği daha fazla ve yaşı daha büyük olan çocuklarda kullanılmalıdır. İdeal olarak önemli ölçüde kifoz olmamalıdır. Eğrilikler esnek olmalıdır ve intraspinal anomali olmamalıdır. Bu cerrahinin amacı makul bir düzeltme ve eğriliğin kontrolüdür. Bu hastalarda uyandırma testi zorunludur. Enstrümantasyon önemli ölçüde düzelme sağlamaktan çok nizyon oranını arttırıcı ve stabilite sağlayıcı destek olarak kullanılmaktadır.

Kombine Anterior Posterior Füzyon

İzole posterior füzyon yerine kombine anterior posterior füzyon endikasyonları sagittal plandaki sorunları tedavi etmek, diskektomi ile skolyozun esnekliğini arttırmak, büyümenin devamı ile ortaya çıkabilecek füzyonda eğilme ve torsiyonu ("krankşaft" fenomeni) önlemek için anterior fizisi ortadan kaldırmak ve önemli ölçüde ilerleme eğilimi olan eğrilikleri önlemektir. Anterior prosedürde disk ile hem kıkırdak hem de kemik yapıdaki end platelerin uzaklaştırılmaktadır. Cips şeklindeki kemik greftler füzyon amacıyla disk boşluğuna yerleştirilir. Anterior enstrümantasyon kullanılmaz. Omurga konveks olan tarafından açılır ancak yaklaşımı belirleyen eğriliğin seviyesidir. Anterior füzyondan sonra posterior prosedür uygulanır. Eğriliğin ciddiyeti gibi etmenlere bağlı olarak enstrümantasyonsuz ya da enstrümantasyonlu yapılabilir. Tedavinin postoperatif aşaması posterior füzyon prosedürü ile aynıdır. Dubousset ve ark. anterior ve posterior füzyonu Risser evresi O' dan önce lomber seviyede füzyon uygulanmış ve 30 derecelik önemli ölçüde rezidü deformitesi ve 10 derece rotasyonu olan küçük çocuklar için önermiştir. Torasik eğrilikler için tolere edilebilen "krankşaft" fenomeni anterior epifizyodez için gerekli torakotominin riskleri ve güçlükleri ile karşılaştırılmalıdır. King ve ark ilerleyici konjenital skolyoz tedavisi için posterior artrodezle birlikte transpediküler konveks anterior hemiepilezyodez tekniği tanımlamışlardır. Kombine anterior ve posterior füzyon tek bir posterior yaklaşım yoluyla da yapılabilir.

Bu yazarlar bu prosedürden sonra 9 hastanın hepsinde eğriliğin ilerlemesinde duraklama olduğunu bildirmişlerdir. Cerrahi sırasında hastaların yaş ortalaması 9'dur. Tekniklerini vertebra korpusuna transpediküler bir yaklaşım tarif eden Michelle ve Krueger ile çökmeden yumurta kabuğu inceliğine kadar vertebra oyulduğu için bu şekilde adlandıran "eggshell" prosedürünü tarif eden Heinig'in çalışmalarını temel alarak oluşturmuşlardır. King ve ark. bu tekniğin uygulanabilmesi için bebeklerde bile pedikül boyutlarının yeterli olduğunu bulmuşlardır. Ancak epifizyodeze dahil edilecek her bir pedikülün merkezinden geçen preoperatif BT ile değerlendirme yapılmasını önermektedirler.

Kombine Anterior ve Posterior Konveks Hemiepifizyodez (Büyüme Duraklamast)

1981 'de Winter konveks anterior posterior epifizyodez ve füzyonla tedavi edilmiş ilerleyici konjenital skolyozu olan 10 hastaya ait sonuçlar yayınlanmıştır. Roaf 1963'de epifizyodez ve konveks tarafta posterior intraartiküler füzyonla tedavi edilmiş 188 hasta bildirmiştir. Hastaların çoğu rezidü büyüme potansiyelleri az olan büyük çocuklardı ve yaklaşım sınırlı görüş açısı sağlamaktaydı. Andrew ve Piggott anterior ve posterior epifizyodezle tedavi edilmiş 13 hasta bildirmişlerdir. Bu yazarlar bu tekniğin beş yaşın altında ve şu kriterleri sağlayan çocuklar için uygun olduğu üzerinde durmuşlardır: belgelenmiş ilerleyici bir eğriliğin olması; eğriliğin 60 dereceden az olması; eğriliğin altı ya da daha az sayıda segmenti kapsıyor olması; konkav büyüme potansiyelinin olması ve patolojik konjenital kifoz veya lardo olmaması. Konkav olan taraftaki büyüme sonlansa bile anterior ve posterior füzyonla iyi bir sonuç elde edilebilir. Sadece apikal segment için değil eğriliğin tamamı için epifizyodez uygulanmalıdır. Solid füzyon oluşuncaya kadar cerrahiden en az 6 ay süreyle rijit spinal immobilizasyon uygulanmalıdır. Dubousset ve ark preoperatif planlamanın önemini vurgulamaktadır. Her omur spinal kanalın etrafında simetrik olarak büyüyen dört kadrana ayrılmış küp olarak değerlendirilmelidir. Büyümede dengesizlik varlığında dengenin yeniden sağlanması için füzyon oluşturulması gereken bölgelere preoperatif dönemde karar verilmelidir.

King ve ark. konveks anterior hemiepifizyodez tekniği ile dokuz hastanın dördünde (dört hastada da tek bir hemivertebra mevcut) gerçek epifizyodez kaydetmişlerdir.

Bu sonuçlara dayanarak posterior hemiartrodezle birlikte transpediküler hemiepifizyodezin tek hemivertebrası olan seçilmiş hastalarda uygulanmasını önermişlerdir.

Hemivertebral Eksizyonu Hemivertebranın eksizyonu genellikle pelvik oblikliği olan veya başka şekilde düzeltilemeyen toraksta fiks lateral translasyonu olan hastalar için kullanılır. Hemivertebral eksizyonu ve füzyonu çok kısıtlı hasta grubuna uygulanmalıdır. Hemivertebral eksizyonunun endike olduğu noktaya kadar eğriliğin ilerlemesine izin vermek yerine önleyici erken füzyon tercih edilmelidir. Ancak lumbosakral bölgede hemivertebranın eksizyonu gövdenin dengesini değiştirebilir. L3, L4 ya da lumbosakral seviye konus medullaris seviyesinin altı olduğu için hemivertebral eksizyonu için en güvenli yerdir. Torasik bölge ise en tehlikeli yerdir, çünkü spinal kanalın genişliği en dar ve damarsal beslenmesi en az olan kesimdir. En iyi hemivertebranın eksizyonu ile tedavi edilen eğrilikler hemivertebranın apeksi oluşturduğu açısal eğriliklerdir. Başka bir teknikle yeterli dizilimin elde edilemediği hastalarda lateral spinal dekompanasyonu oluşturan bu tekniğin uygulanması esas olarak lumbosakral hemivertebralar için bildirilmiştir. Winter hemivertebral eksizyonunu eğriliğin apeksinde konveks bir osteotomi olarak değerlendirilmesi gerektiği üzerinde durmuştur. Eğriliğin tamamına önden ve arkadan füzyon uygulanmalıdır. Hemivertebral eksizyonunda nörolojik risk kesinlikle vardır çünkü spinal kanala hem anteriordan hem de posteriordan girilmektedir. Winter hemivertebral eksizyonu sonrasında iki hastada lomber kök problemi olduğunu bildirmiştir.

Leatherman ve Dickson anterior hemivertebral eksizyonu ile posterior füzyonu aynı seansta birlikte uygulandığında ciddi komplikasyon oluştuğunu bildirmişlerdir. Vertebranın korpusunun anterior bir girişimle çıkarıldığı ve ikinci aşamada posterior füzyonu yapıldığı iki aşamalı bir prosedür önermektedirler. Bradford ve arkadaşları tek aşamalı anterior ve posterior hemivertebral eksizyonu ile kabul edilebilir sonuçlar yayınlamışlardır. Genel olarak postoperatif dönemde alçı veya breys uygulamasına 6 ay süreyle devam edilir. Enstrümantasyon kullanımı alçı yerine breys kullanılmasına olanak sağlar fakat kemik stoğu enstrümantasyona izin vermelidir. Yalnızca posterior enstrümantasyonun uygulanması eğriliğin konveksitesini komprese etmekten çok daha fazla lordoza yol açar. Anterior ve posterior enstrümantasyon birlikte konveks tarafta kullanılabilir. Heinig pediküllerin içine yerleştirilen küre ile yapılan dekansellasyon prosedürünü tarif etmiştir. Lubicky bu teknik ile birlikte hem internal tespitin hem de eksternal immobilizasyonun birlikte kullanılmasını önermektedir. Bu teknik ile hemen ortaya çıkan düzelme miktarının tahmin edilemez olduğu bulunmuştur. Fakat aynı seviye konveks posterior füzyonla kombine edildiğinde genelde hemiepifizyodeze yol açmaktadır. Bu tekniğin C kollu skopi kontrolünde uygulanmasını

önermektedirler. Heinig ve Lubicky küret kullanırken nöral tüpü korumak için vertebranın korpusu tamamen rezeke edilinceye kadar hemilaminanın yerinde bırakılmasını önermişlerdir. Hemivertebra anteriordan görülmesinin zor olduğu posterior bölgede spinal kanal komşuluğundaysa bu tekniğin kullanılması yararlıdır. Stereotaktik Kılavuz Eşliğinde Transpediküler Eggshell Osteotomi Mikles ve ark konjenital skolyoz için stereotaktik kılavuz eşliğinde transpediküler eggshell osteotomiyi tarif etmişlerdir. Daha yaşlı hastalarda, multiplanar spinal anormalliği olan konjenital skolyozlarda bu tekniği önermişlerdir. Kılavuz sistemi vidayı doğru gönderebilmek için pedikülün tespiti amacıyla kullanılmıştır. Anormal anatomi nedeniyle pedikülün tam tespitinin zor olacağını düşünerek bu kılavuz sisteminin proksimalde ve distalde vida yerleştirilmesini sağlamada rijit enstrümantasyon için yardımcı olabileceğini bulmuşlardır.

NÖROMÜSKÜLER SKOLYOZ

Nöromüsküler skolyozun nedeni kesin olarak bilinmese de etki eden birçok faktör tanımlanmıştır. Bu eğriliklerin gelişmesinde juvenil yaşta hızlı büyüyen ve fleksibilitesi devam eden omurgalardaki istemli motor kas gücündeki veya proprioseptif duyudaki azalmanın etkili olan faktörler olduğu düşünülmektedir. (14)

Vertebra da kollaps oluşunca eğriliğin konkav tarafında basınç artışı aynı tarafta vertebra korpusunda büyümeyi azaltarak kama vertebra ortaya çıkmasına neden olur. Aynı zamanda bu vertebralarda osteopeni ve malnutrisyon da görülür.

Nöromüsküler skolyozun sınıflaması SRS (Scoliosis Research Society) tarafından yapılmıştır. Nöromüsküler skolyozda eğrilikler idiyopatik skolyozdan daha genç yaşlarda ortaya çıkar, özellikle eğriliği daha büyük olanlarda daha fazla progresyon gösterirler. İdiopatik skolyozdan farklı olarak küçük nöromüsküler skolyozların bile ilerlemesi matüriteden sonra da devam eder. Birçok nöromüsküler eğrilik C şekilli yapılanma gösterir. Çoğunlukla pelvik oblisite de görülür. Nöromüsküler skolyozlu hastalarda pelvik oblisite kalça veya alt ekstremitedeki kontraktürlere bağlı da görülebilir. (15)

Nöromüsküler hastalıkların progresyonu gövde stabilizasyonunu engelleyebilir. Bu tür hastalar ortez tedavisini idiyopatik skolyozlu hastalara göre daha az tolere edebilirler. Pelvise kadar uzun füzyon gerektiren bu hastalarda çoğunlukla kemik stoğu yetersiz kalır ve kemikten kanama miktarı yüksek olur. Birçok nöromüsküler omurga deformitesi cerrahi

tedavi gerektirir. Bu hastalarda tedavinin amacı frontal ve sagittal planda dengeli ve pelvis üzerinde yer alan bir omurga elde etmektir. Tedavinin temeli idiopatik skolyozda olduğu gibidir; gözlem, ortez tedavisi ve cerrahi tedavi.

Cerrahi Dışı Tedavi;

Gözlem;

Tüm nöromüsküler omurga deformitelerinde derhal breys veya cerrahi tedavi gerekmez. 20-25 derecenin altındaki eğriliklerin progresyonu tedaviye başlanmadan önce dikkatlice gözlenmelidir. Benzer şekilde eğer hastada şiddetli mental retardasyon varsa ve herhangi bir fonksiyonel yetersizliğe neden olmuyorsa, hemşire bakımını engellemiyorsa daha büyük eğrilikler de tedaviye başlamadan önce takip edilmelidir.

Eğer küçük eğriliklerde dahi ilerleme tespit edilirse ortez tedavisi planlanmalıdır. Şiddetli mental retardasyonu olan hastalarda eğriliğin ilerlemesi vücut fonksiyonlarını bozmaya başlarsa tedaviye başlanmalıdır. Ortez tedavisi çok genç yaşlarda progresyon gösteren nöromüsküler skolyoz ortez ile tedavi edilebilir.

Skolyoz ortez tedavisine rağmen ilerleyebilir, fakat ilerleme hızı yavaşlayabilir ve cerrahi tedavi öncesi vertebra gelişimi tamamlanabilir. Ortez tedavisi flask hastalarda destekleyici görev yaparak üst ekstremitelerini kullanmalarına yardımcı olur. Gövdesini kontrol edebilen veya ambulator hastalarda TLSO'nun (torakolumbosakral ortez) dinamik formu olan milwaukee gibi bir ortez kullanılmalıdır. Bu hastalarda çoğu zaman vücut konturlarına tam olarak uyum sağlanamadığından standart ortezlerden ziyade özel yapım tam kontakt TLSO kullanmak gerekir.

Nöromüsküler skolyozlu hastalarda çoğunlukla istemli kas gücü, refleksler ve kooperasyon yetersizliği aktif ortez programına izin vermez, bu tip hastalarda pasif tip ortezler daha başarılı olmaktadır. Başını tutamayacak kadar şiddetli tutulumu olan hastalarda özel yapım ve tekerlekli sandalyeye monte edilmiş ortezler ve baş kontrol cihazı kullanılır. Daha yumuşak materyallerden yapılmış bir ortez olan Boston breysi hastalar tarafından daha iyi tolere edilir ve iyi bir gövde desteği sağlar.

Cerrahi Tedavi

Nöromüsküler skolyozlu hastalarda füzyonun amacı hem sagittal hem koronal planda dengeli, pelvis üzerinde aynı seviyede olacak şekilde güçlü bir spinal artrodez elde etmektir. Bunu yaparken tüm vücut fonksiyonlarının maksimumda tutulması ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi esas olmalıdır. Bu amaçla idiopatik skolyozdakinden daha uzun bir füzyona gereksinim vardır.(16) Füzyonun kranialde T4 vertebranın altında kalması progresyonla sonuçlanacağından kranial tarafta füzyon T4'den daha yukarıya uzatılmalıdır. Füzyonun alt ucu sakrumu içermeli veya sakruma çok yakın sonlandırılmalıdır. (17) Eğer hastanın mobilizasyonu için lumbosakral eklemin hareketli olmasına gereksinimi varsa, L5 vertebra horizontalse ya da belirgin pelvik oblikite yoksa sakrum füzyon dışında bırakılabilir. Maalesef bu hastaların çoğu fikse spinopelvik oblikite nedeniyle non ambulatuardır.(18) Eğer eğilme ve traksiyon grafiğinde pelvik oblisite sabit ise (iliak kanatlar arasından çizilen çizgi ile L4-5 vertebraların alt kenarlarından çizgiler arasındaki açı 10-15 dereceden fazlaysa) füzyonun alt ucu genellikle sakrum ve pelvise uzatılır. Pelvise kadar füzyon gerektiren ve duyusu olmayan hastalarda lomber bölgedeki fizyolojik lordozun korunması önemlidir. Fizyolojik lomber lordoz vücut ağırlığını iskion kollarına ve uyluğun posterioruna eşit olarak dağıtarak koksiksin aşırı basınç altında kalmasını engeller. Füzyon için kullanılacak allogreftler hemen daima otogreftler ile karıştırılmalıdır.

KİFOZ

Normal bir omurgada, sagittal planda birbirini dengeleyen 4 adet eğrilik bulunur: Servikal omurga lordotiktir; torasik omurga kifotiktir (20-50 derece) ve eğrilik T2 ya da T3 ile T12 arasında yer alır; lomber bölge ise lordotiktir (31-79 derece).

Yükü taşıyan vertikal hat sagittal planda sırası ile C7 cismi, L1 cisminin anterior superior köşesi ve S1 omurunun cisminden geçer. Bu hat sakrumun önünde kalırsa pozitif sagittal denge, arkasında kalırsa negatif sagittal denge adını alır.(19)

Ayakta dururken, disk yapısı (nukleus pulposus ve anulus fibrozus), bağlar (anterior longitudinal bağ, posterior longitudinal bağ, ligamentum flavum, apofizyal eklem bağları ve intraspinoz bağlar) ve kaslar (paraspinal kaslar, kısa intrinsik spinal kaslar ve abdominal kaslar) yerçekimine karşı omurgayı dengede tutar. Torasik omurga seviyesinde 50 derece ve üzerinde kifoz olması sıklıkla anormal kabul edilir. Anterior spinal kolon kompresyona karşı

koyamadığında, anterior kolonun kısılmasına neden olarak kifotik deformiteye yol açabilir. Posterior kolonun bütünlüğünün bozulması ve tansiyona karşı koyma yeteneğinin azalması posterior kolonun orantısız olarak uzamasına ve sonuç olarak kifoza yol açabilir

KONJENİTAL KİFOZ

Doğumsal omurga anomalilerinden kaynaklanan kifoz nadir olmasına rağmen ciddi deformite ve günlük yaşamda kısıtlılıklar oluşturabilir.

Winter ve arkadaşları, doğumsal kifozlu 130 hasta üzerinde üç tip tanımlamışlardır.

Tip I, omurga korpusun oluşumunda doğumsal yetersizliktir.

Tip II, omurga korpusunda bölünmenin yetersizliğidir

Tip III ise bu iki durumun birleşimidir.

Tip I deformiteler Tip II deformitelere göre daha sıktır ve çoğunlukla torakal omurlar ve torakolomber bileşkede yer alırlar. Birbirine komşu iki omurdaki Tip I anomaliye bağlı kifozlar daha hızlı ilerler ve tek anomalinin yol açtığından çok daha ağır deformitelere yol açarlar. Tip I deformiteli hastaların yaklaşık %25'inde nörolojik defisit mevcuttur ve üst torakal bölgedeki deformiteler nörolojik problemlerle daha çok birliktelik gösterir. Kifozun tepe noktasının on ikinci torakal omurda veya altında olduğu hiçbir hasta nörolojik anormallik saptanmamıştır. Bununla birlikte, McMaster ve Singh Tip I kifozun büyüme dönemi boyunca ilerlediğini ve genellikle iskelet sistemi gelişimi durduğunda stabilizasyon öncesinde adolesan dönem büyüme piki sırasında ilerlemenin hızlandığını saptamışlardır. (20) Korpus oluşumundaki bir anterior yetersizlik, benzer bir Cobb ölçümüne sahip birkaç omuru etkileyerek anterior bölünme kusurundan kaynaklanan ve daha geniş ve daha sınırlı bir deformite yaratan bir eğrilikten daha deforme edicidir ve potansiyel olarak nörolojik açıdan daha tehlikelidir. (21)

Bir veya daha fazla omurun anteriorunda büyüme plakları ve disklerinin olmaması anterior bölünmemiş bant (anterior ansegmente bar) gelişimine yol açar. Oluşacak kifoz miktarı, defektif omurga segmentlerinin anterior ve posterior bölümlerinin büyüme miktarları arasındaki dengesizlik ile orantılıdır. Mayfield ve arkadaşları, bu deformitelerin yılda ortalama 5 derece ilerlediğini ve Tip I deformiteler kadar ağır olmadığını bildirmişlerdir. Tip II kifozu olan hastaların hiç birinde parapleji gelişmemiştir. Bununla beraber, Mayfield ve

arkadaşlarının çalışmasında bel ağrısı ve kozmetik deformiteler önemli problemler olarak görülmüş ve erken tedavi önerilmiştir. Klinik ve Radyolojik Değerlendirmede doğumsal omurga problemlerinde hasta ortopedist tarafından görülmeden önce genellikle pediatristler tarafından görülüp tanı konulmaktadır. Doğum öncesi kontrol ultrasonografilerinde klinik bir deformite olarak bildirilebilir. Orta derecedeki deformiteler hızla büyüme devresine gelene kadar gözden kaçabilir.(22) Bazı orta deformitelerde başka nedenlerle yapılan radyolojik incelemelerde tesadüfen ortaya konabilir. Klinik gözlemlerle tanı koyulan deformiteler herhangi bir nedenle yapılan radyolojik inceleme ile rastlantısal olarak tanısı koyulabilen deformitelere göre daha kötü prognozludur.

Torakolomber bileşke veya alt torakal bölgedeki kifotik deformiteler fizik muayene ile saptanabilir. Herhangi bir nörolojik problemi saptama açısından detaylı bir nörolojik muayene yapmak gerekir. Fizik muayenede kas iskelet sistemine ait olan ya da olmayan başlıca anomaliler araştırılmalıdır. Erken dönemde çekilen radyografilerde kemikleşmenin tamamlanmamasından dolayı segmentasyon ve formasyon defektlerinin saptanmasında eksiklik olabilir. Kifozun esnekliği ve omurgada muhtemel bir instabilitenin saptanması fleksiyon-ekstansiyon zorlamalı lateral radyografilerle saptanır. Üç boyutlu bilgisayarlı tomografik incelemeler deformite sahasına giren omurga miktarını ve hangi bölgelerde kifoz yada skolyoz olabileceği bilgisini verir. Bilgisayarlı tomografi sadece kemiksel yapı ve kırıkta genişlemesi hakkında bilgi verir. Kırıkta büyüme potansiyeli ve deformitenin ilerleyici olup olmayacağı hakkında bilgi vermez. Son olarak oldukça sık rastlanan omurilik anomalilerinin değerlendirilebilmesi için MRG gereklidir. Buna ek olarak deformiteye bağlı olarak omuriliğin aldığı konum ve baskıya uğradığı bölgeler MRG ile değerlendirilir. MRG formasyon defekti gösteren olgulardaki kırıkta genişlemelerini değerlendirmede oldukça iyi sonuçlar verir.

Cerrahi Tedavi

Winter ve arkadaşlarının gösterdiği gibi, doğumsal kifozun ortezlerle tedavisi etkisizdir. Cerrahi yöntemler deformite tipine, deformitenin ağırlığına, hastanın yaşına ve nörolojik bulguların olup olmamasına göre farklılık gösterir. (23,24)

Tip I deformiteleri erken saptamak ve gecikmeden cerrahi uygulamak önemlidir. Tip I deformitelerde, ayakta lateral radyografilerde deformitesi 50 derecenin altında olan 5 yaşından küçük hastalarda Moe tipi posterior füzyon gerekir. Bu hastalarda sert bir posterior artrodez, anteriorda yer alan fizislerin büyümesine olanak tanıyarak büyüme dönemi boyunca

kifozun bir miktar spontan düzelmesine olanak sağlayabilir. Deformite kapsamındaki patolojik omurlara ek olarak, üstte ve altta birer sağlıklı omuru da içine alacak şekilde omurga açılmalıdır. Otojen kemik grefti tercih edilmelidir. Ancak allogreft de kullanılabilir.(25) Ameliyat sonrasında hastayı düzeltici alçı içine almak gerekebilir. Winter, hastalara 4 ay yatak istirahati sonrasında Risser alçısı ile harekete izin vermeyi önermektedir. Eğer 6. ayda füzyonun gelişimiyle ilgili kuşku varsa, alan cerrahi olarak kontrol edilmeli ve füzyon kitlesinin dekortikasyonu ve kemik greftlemesi yapılmalıdır.

Beş yaşın üzerindeki Tip I deformiteli çocuklarda anterior ve posterior kombine füzyonlar gerekebilir. Winter ve arkadaşları, 5 yaşın üzerinde Tip I kifozu mevcut 94 hastada 55 derece veya altındaki torakal ya da torakolomber kifozun sadece posterior füzyon yapılarak başarıyla stabilize edilebileceğini bulmuşlardır. Eğer kifoz 55 derecenin üzerindeyse ya da hasta iskelet olgunluğuna ulaşmışsa, hem anterior hem de posterior füzyon gerekmektedir. Bu işlemlerde omurga anteriordan açılır, kısa ligamanlar, fibröz dokular ve kırıldak kalıntıları çıkarılır. Daha sonra ön kolonu desteklemek için otojen kemik grefti yerleştirilir. Spinal kord basısına bağlı problemler yoksa vertebrektomi gereksizdir. Diskektomi tamamlandıktan sonra omurga çok daha esnek hale gelir ve bir yardımcı deformitenin tepe noktasından eliyle düzeltme uygularken anteriordan strut kemik greftlemesi yapılabilir. Sonrasında destek greftinin çevresindeki tüm bölgelere otojen kemik greftleri doldurulur. Posterior girişim, etkilenmiş olan tüm omurları ve alt ve üstte de en az birer sağlam omur kapsamalıdır. Eğer mümkünse internal tespit posteriordan uygulanmalıdır. Sadece kompresyon tipi enstrümantasyon uygulanır, distraksiyon hiçbir zaman uygulamamalıdır.

Yine Tip I deformiteli hastalarda yüksek parapleji insidansı nedeniyle traksiyon da uygulanmamalıdır. Eğer pediatrik boy posterior enstrümantasyon kullanılırsa, korse ve yatak istirahati ile desteklenir. Eğer büyük boyda, daha stabil, çok çengelli segmenter enstrümantasyon sistemleri kullanılırsa, dış destek gerekmez. Posterior enstrümantasyon hem sabitleyici hem de bir miktar deformite düzeltici yönde görev yapar. Ancak burada deformiteyi düzeltici etkisiden çok internal sabitleyici olarak ön plana çıkmaktadır. Enstrümantasyon ile düzeltme uygularken esnek olmayan bölgelerde ve keskin açılı deformitelerde nörolojik komplikasyon riski açısından çok dikkatli olunmalıdır. Önemli nörolojik eksikliği bulunan hastalar anterior ve posterior füzyon ile birlikte anterior spinal kord dekompresyonu gerektirirler.

Mayfield ve arkadaşları, anterior bölünme kusurunun yol açtığı doğumsal kifoz için (Tip II) bir tedavi planı belirlemişlerdir. Küçük çocuklarda deformitenin ilerlemesi, ölçülen eğriliğin bir segment üstü ile bir segment altına kadar uzanan posterior füzyon ile durdurulabilir.

Adolesanlarda hafif ve orta dereceli torakal deformiteler (50 dereceye kadar olan eğrilikler), genellikle kampresyon uygulayan ve posterior kolonu kısaltan posterior füzyon ve enstrümantasyon ile stabilize edilebilirler. Enstrümantasyonun kullanılmayacağı juvenil grupta ise, alçı içinde en az 1 yıl immobilizasyon önerilmiştir. Ağır kifotik deformitesi olan hastalar, anterior kemik köprünün tüm seviyelerde kesilmesiyle birlikte anterior ve posterior artrodezi de içeren anterior ve posterior kombine girişimler gerektirirler. Anterior osteotomiler ve korpuslar arası füzyon ile kifotik eğriliğin boyu uzar. İkinci aşamada, posterior kolonu kısaltmak için kompresyon tipi bir enstrümantasyon ile posterior füzyon yapılır. Posterior füzyon, kifotik eğriliğin bir veya iki seviye dışına çıkmalıdır. Bu teknik ile ön kolon uzatılırken arka kolon kısaltılır ve orta kolon da menteşe görevi görür.

NÖROFİBROMATOZİS

Nörofibromatozis nöral tomurcuk kökeninin hamartom şeklinde kalıtsal bir bozukluğudur. Bu hamartom dokuları vücutta herhangi bir organ sisteminde ortaya çıkabilir. Nörofibromatozisin en yaygın tanımlanan klinik şekilleri periferik (NF-1) ve santral (NF-2) tipleridir.

Von Recklinghausen tarafından tanımlanan klasik nörofibromatozis (NF-1) toplumda 4000 de 1 görülen otozomal dominant bir hastalıktır. NF-1 hastalarında Schwann hücre tümörleri ve pigmentasyon bozuklukları ortaya çıkar. Nörofibromatozisin bu tipinde, omurga deformitesi en sık olmak üzere ortopedik sorunlar sıktır. (26)

Santral (NF-2) nörofibromatozis de otozomal dominant bir bozukluktur ancak çok daha seyrek. Bilateral akustik nöroma ile karakterizedir. NF-2 nörofibromatozisde herhangi bir kemik tutulumu veya ortopedik belirti olmaz.(27) NF-1 nörofibromatozis tanısı klinik ölçütlere bağlıdır. Skolyoz, nörofibromatozisde en sık görülen kemiksel bozukluktur. Akbama, 220 nörofibromatozis hastasının %10'unda omurga deformitesi olduğunu saptamıştır ve bunun bir şekilde ayrılmamış nörofibromatozis hastalarında gerçek görülme sıklığını yansıttığı kabul edilmektedir. Nörofibromatozisde omurga deformiteleri iki temel

şekildedir: Distrofik-olmayan ve distrofik. Non distrofik deformiteler idyopatik skolyozu taklit eder. Distrofik skolyoz, kısa segmentli, omur cisimlerinin ileri derecede kamalaşması, omurların ileri derecede dönüklüğü, omurga cisimlerinin midye şekline dönmesi, transvers çıkıntıların iç şeklini alması, foramenlerin büyümesi ve kaburgaların anormal olarak ince görülmelerine yol açan, ön-arka doğrultuda 90 derece dönmesi ile birlikte keskin açılı eğrilikle karakterizedir.(28)

Distrofik skolyozda, belirgin sagittal düzlem deformitesi olan eğrilikler sıktır. Nörofibromatozis kifoskolyozu, sagittal düzlemde keskin açı ve tepe bölgesine yakın omur cisimlerinde çarpıcı deformite ile karakterizedir. Winter nörofibromatozisli hastalarda ileri torasik lordoskolyoz da tanımlamıştır. Alt ekstermitede hipertrofi ve uzun kemiklerde gelişme bozukluğu sonucunda ortaya çıkan bacak uzunluk farklılığı fonksiyonel skolyoza sebep olabilir.(26)

Distrofik eğrilerin sadece çok azı ilerleme göstermeden seyir gösterdiği için, Winter ve arkadaşları, nörofibromatozisli hastalarda distrofik omurga deformitesinin ilerlemesi için gözlemin savunulur olmadığını vurgulamışlardır.

Distrofik Olmayan Eğriliklerin Tedavisi

Cerrahi füzyon sonrası daha yüksek psödoartroz riski dışında, distrofik-olmayan eğriler, idiopatik eğrilikler gibi prognoz ve gelişim gösterirler. Bazen distrofik omurga değişiklikleri zamanla distrofik olmayan eğriliklere dönüşebilir. Crawford, bunu "spinal eğriliklerin modülasyonu" olarak tanımlamıştır. Yedi yaşın altında rastlanan omurga deformitelerinin ilerleyen zaman içerisinde distrofik özellikler gösterme potansiyeli açısından yakından takip edilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Eğrilik 3 ayrı kaburgayı ilgilendirdiğinde daha da ilerleme göstereceği kesindir. Bu eğriliklerin tedavisinin ana hatları idiopatik eğriliklerle aynıdır.

20-25 dereceye kadar olan eğriler izlenir; distrofik değişiklikler meydana gelmezse, deformite 30 dereceye ilerlerse korse önerilir. Eğer deformite, 40-45 dereceleri geçerse, çok kancalı segmental enstrümantasyonla birlikte posterior omurga füzyonu önerilir.(29,30) Ayrıca, bu hastalarda büyüyerek bası kanal displazisine yol açabilen spinal kanal nörofibromaları sıktır. Herhangi bir intraspinal kanal nörofibroması varlığını ortaya çıkarmak için ameliyat öncesinde BT miyelografi veya MR yapılmalıdır.

Distrofik Skolyozun Tedavisi

Winter ve arkadaşları, distrofik eğriliği olan 10 hastanın korse ile tedavisi sırasında ortalama ilerlemenin 27 derece olduğunu ve hiçbir hastada iyiye gidiş olmadığını bildirdiler. Tipik distrofik nörofibromatozis eğrisi için korse tedavisinin endike olmadığı kabul edilmektedir.

Uygun tedaviye, kifotik bir deformitenin ve nörolojik kayıpların olup olmamasına göre karar verilir.(31) Ameliyat öncesi dönemde MR ya da; yüzüstü, yan ve sırtüstü durumlarda yüksek hacimli tüm kanalın BT miyelogramı yapılmalıdır. Ancak, distrofik kifoskolyozla

birlikte olan ileri kifoskolyotik deformitede MRG yetersiz olabilir ve yüksek hacimli BT miyelografi sıklıkla gerekli olur.

HASTALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ:

Omurga deformitesi mevcut hastaların muayenesinin, hastanın bütün sırtı, omuzları ve her iki iliak kanatları görülecek şekilde, çıplak halde yapılması gerekmektedir. (32) İncelemede ilk olarak hastanın genel durumu ve postürü incelenir. Ciltte görülen “cafe au lait” lekeleri ve subkutan nodüller nörofibromatozisi işaret etmektedir. Sırtta lokalize aşırı kıllanma, gamze görünümü meningomiyeloseli düşündürmelidir. Yüzde asimetri, tortikollise bağlı skolyoz nedeniyle gelişebilir.

Ekstremitelerde eşitsizlik, ekstremitelerden beden oranında dengesizlik ve cücelik, konnektif doku hastalıklarında görülebilir. Daha önce geçirilmiş operasyonlardan kaynaklanan insizyonlar not edilir. Kızlarda konveks taraftaki meme genelde daha küçük ve yukarıda, konkav tarafta ise daha büyük ve aşağıda yer almaktadır. (33)

İncelemeden sonra hastanın oturarak ve ayakta boyu ölçülür. Eğriliğin yönü ve lokalizasyonu not edilir. Daha sonra hastanın sagittal konturünü değerlendirmek için hasta yanına geçilerek incelenir. Omuzların seviyesi, skapulaların pozisyonu, baş boyun ve omuzların pelvise göre dengesi değerlendirilir. Omuzlara arkadan bakılarak akromioklaviküler eklemler arasındaki seviye farkının olup olmadığı belirlenir. Eğriliğin konveks tarafında omuz daha yukarıda yer alır. (34)

Omurgada dengenin değerlendirilmesi için başın pelvis üzerindeki konumu incelenir. Kafatası tabanından ya da C7 spinöz çıkıntısında aşağıya bir şakül sallandırılır. Şakülün gluteal sulkustan geçmesi dengeli bir skolyozu işaret eder. Eğer gluteal aralığın 1 ile 2 cm lateralinden geçiyorsa dekompanse bir eğrilik mevcuttur ve şakülün gluteal aralığa olan uzaklığı santimetre cinsinden not edilir.

Vertebranın rotasyon derecesini ve eğriliğin yönünü değerlendiren en iyi test Adams öne eğilme testidir. Hekim, hastayı arkadan omurga yatay düzlemle paralel olana kadar inceler. Hastanın dizleri bükülmemiş, ayakları birleşik, kolları aşağı doğru sarkıtılmış ve avuçlar karşılıklı olmalıdır. Omurganın rotasyonu sırtta tek taraflı yüksekliğe yol açar. Torakal bölgede kostal gibozite, lomber bölgede ise paraspinal dolgunluk olarak gözlenir. Bu rotasyonel asimetri skolyometre ile ölçülebilir. Ayrıca kostal yükseklikte (rib hump) yere paralel konulan cetvel yardımı ile en çıkıntılı mesafenin ölçülmesi ile bulunabilir (32)

Öne eğilme testi ile lordozun fleksibilitesi hakkında fikir sahibi olunabilir. Kifozun değerlendirilebilmesi için, prone pozisyonunda hiperekstansiyon testi yapılması gereklidir. (33)

Omurganın hareket aralığı ölçülür. Eğriliğin fleksibiletisinin belirlenmesi için hasta konkav ve konveks tarafa doğru lateral fleksiyona getirilir ve düzelme olup olmadığına bakılır. Mastoid çıkıntılardan tutularak traksiyon uygulamasıyla da fleksibilite belirlenir. İdiyopatik skolyoz tanısı koyabilmek için nörolojik nedenlerin ekarte edilmesi gereklidir. Bu amaçla detaylı nörolojik muayene yapılmalıdır. Abdominal refleks kaybı ya da asimetrisi varsa siringomyeli açısından ileri tetkikler gerekebilmektedir. (32)

Konjenital skolyoz nedeni ile opere edilen ve spinal disrafizmi bulunan hastanın lomber bölgesinde anormal kıllanma, skolyozlu vakalarda spinal disrafizm görülme sıklığı fazladır. Mc Master çalışmasında; disrafizm, fibröz dural band, diastematomyeli, intradural lipom gibi çeşitli patolojilerin %20 oranında görüldüğünü kaydetmiştir. Bu nöral kanal anomalileri; saçlı deri oluşumları (hair patches), benler, deri pigmentasyonları ve hemanjiom gibi kutanöz değişiklikler ayrıca bazı alt ekstremitte anomalileri ile birliktelik göstermektedir.

Alt ekstremitte anomalilerinin başlıcaları; flatfeet, pes cavus, vertikal talus, PEV veya asimetrik refleksler şeklindedirler. Tüm bunların değerlendirilmesinde etkin olarak MRI görüntülemesi gerekmektedir. Bu görüntüleme yöntemi nörolojik bulguların, ayak

deformitelerinin, mesane ve bağırsak malfonksiyonlarının ve kutanöz değişikliklerin değerlendirilmesinde önem taşıdığı gibi, spinal cerrahinin planlanmasında da faydalı olmaktadır. (35)

Radyolojik Değerlendirme

Omurga deformitelerinde radyolojik inceleme, 90*35 cm (36*14 inch) büyüklüğündeki film kastelerine, 2 metre mesafeden ayakta çekilen ön-arka ve yan direkt radyografiler ile başlar. Uzun film kasetlerinin kullanılması ile tek bir film üzerinde tüm deformite bileşenleri görülebilir. Omurganın distalde iliak kristayı ve proksimalde servikal omurganın çoğunu içeren posteroanterior ve lateral radyografisi hasta ayaktayken çekilir. Ön-arka grafide, eğrilik paterni, skolyozun tipi, omurga ve gövdenin dengesi, iskelet matüritesi ve alt ekstremitte uzunluk farkı değerlendirilir.

Yan radyografide ise torakal ve lomber omurganın sagittal kontüründeki torakal hipokifoz, spondilolizis ve spondilolistezis değerlendirilir. (33)

Sık radyolojik incelemeye maruz kalan skolyozlu hastalarda meme ve tiroid kanseri riskinin hafif artmış olduğu saptanmıştır. Bu nedenle gereksiz pozisyon ve tekrarlayıcı işlemlerden kaçınılması gerekmektedir. Radyasyondan en fazla etkilenen organlar gelişim sürecinde yer alan meme dokusudur ve posteroanterior görüntüyle alınan radyasyon faktörü 1 l 'den 5'e düşürülmelidir. Hızlı radyografik film ve paravanlar hastanın maruz kalacağı radyasyonu azaltmaktadır. Yana eğilme grafileri sadece cerrahi veya breys kullanımı için hasta değerlendirilirken çekilmelidir. (32)

Radyolojik değerlendirme sırasında hastalar dik duruş pozisyonunda, dizler düz ve ayaklar bitişik halde olmalıdır. Alt ekstremitelerde uzunluk farkı varsa, kısa ekstremitede ayak altına uygun yükseklik konulmalıdır. Hastanın ayakta durması mümkün değilse, desteksiz oturma pozisyonunda grafi çekilebilir. Yeterli sefalık görüntü alınabilmesi için kasetin üst ucu kulağın eksternal meatusunu geçmelidir. Ayakta yan grafi çekiminde, kolların omurga ile süperpozisyonunu önlemek için, hastanın omuzları 90° fleksiyonda ve kollar bir destek üzerinde durmalıdır (34)

Omurganın operasyon öncesi fleksibilitesinin değerlendirilmesi için supine pozisyonunda yana eğilme (lateral fleksiyon) radyografileri çekilir. Bu radyografiler aynı zamanda füzyon seviyelerinin belirlenmesinde de önem arz etmektedir. (36)

Eğriliklerin Ölçülmesi

Skolyoz Araştırma Cemiyeti Terminoloji Komitesi tarafından önerilen Cobb ölçüm metodu üç basamak içermektedir.

(1) süperior end vertebranın belirlenmesi

(2) inferior end vertebranın belirlenmesi

(3) süperior end vertebranın üst yüzeyinden ve inferior end vertebranın alt yüzeyinden birbirini kesecek şekilde dik çizgilerin çizilmesi.

Bu iki dik çizginin düz çizgiye göre deviasyon açısı eğriliğin açısıdır. End platelerin belirsiz olduğu durumlarda pediküller kullanılabilir.

Eğrilikteki end vertebra ölçülen eğriliğin konkavitesine doğru en fazla eğim gösteren vertebradır. Genellikle eğriliğin apeksinden uzaklaştıkça inferior end vertebranın altında veya süperior end vertebranın üstünde olan bir sonraki intervertebral aralık eğriliğin konkav tarafında daha geniştir.

Eğrilikte, intervertebral aralık genellikle konveks tarafta daha geniş, konkav tarafta daha dardır. Belirgin bir şekilde kamalaşmaya uğramışlarsa intervertebral disklerden çok vertebraların kendileri eğriliğin konkav tarafında daha dar, konveks tarafında daha geniş olabilir.

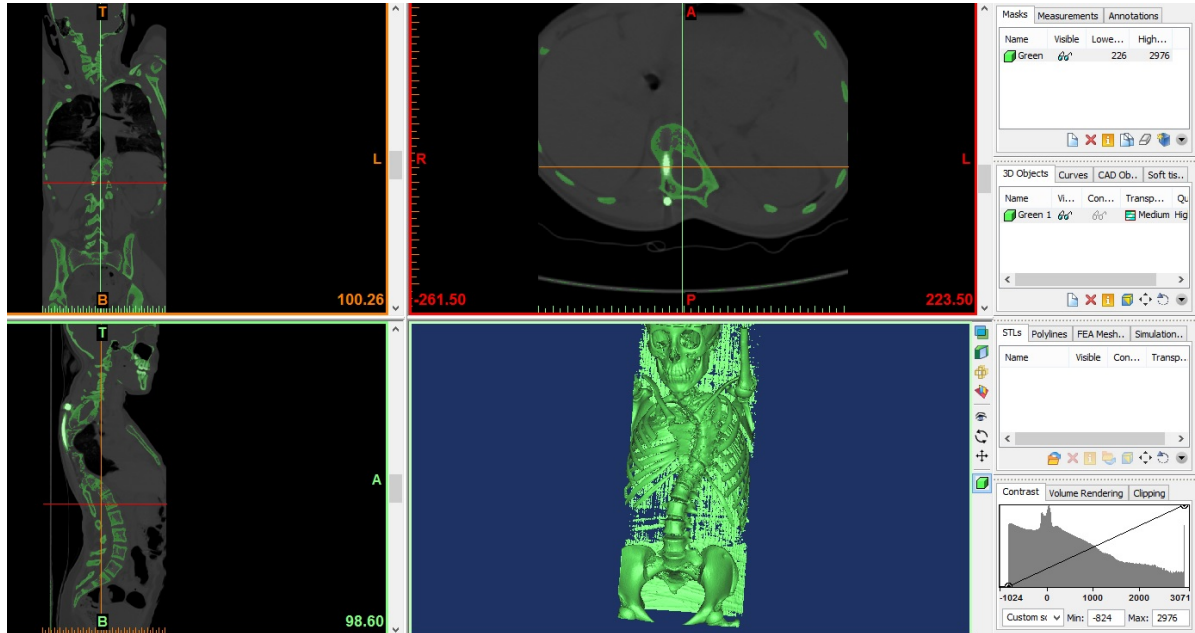
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada 2010-2015 yılları arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde ileri omurga deformitesi nedeniyle opere edilmiş 5 hasta 1 erkek, 4 kız) dahil edildi.

Çalışmaya alınma kriterleri; ileri omurga deformitesi nedeniyle tedavisi kliniğimizde tamamlanmış, ileri derece skolyoz, kifoz ya da kifoskolyoz deformiteleri mevcut hastalardan arşivde operasyon öncesi çekilen Direkt Grafi, Bilgisayarlı Tomografi tetkikleri mevcut hastalar olmalarıdır.

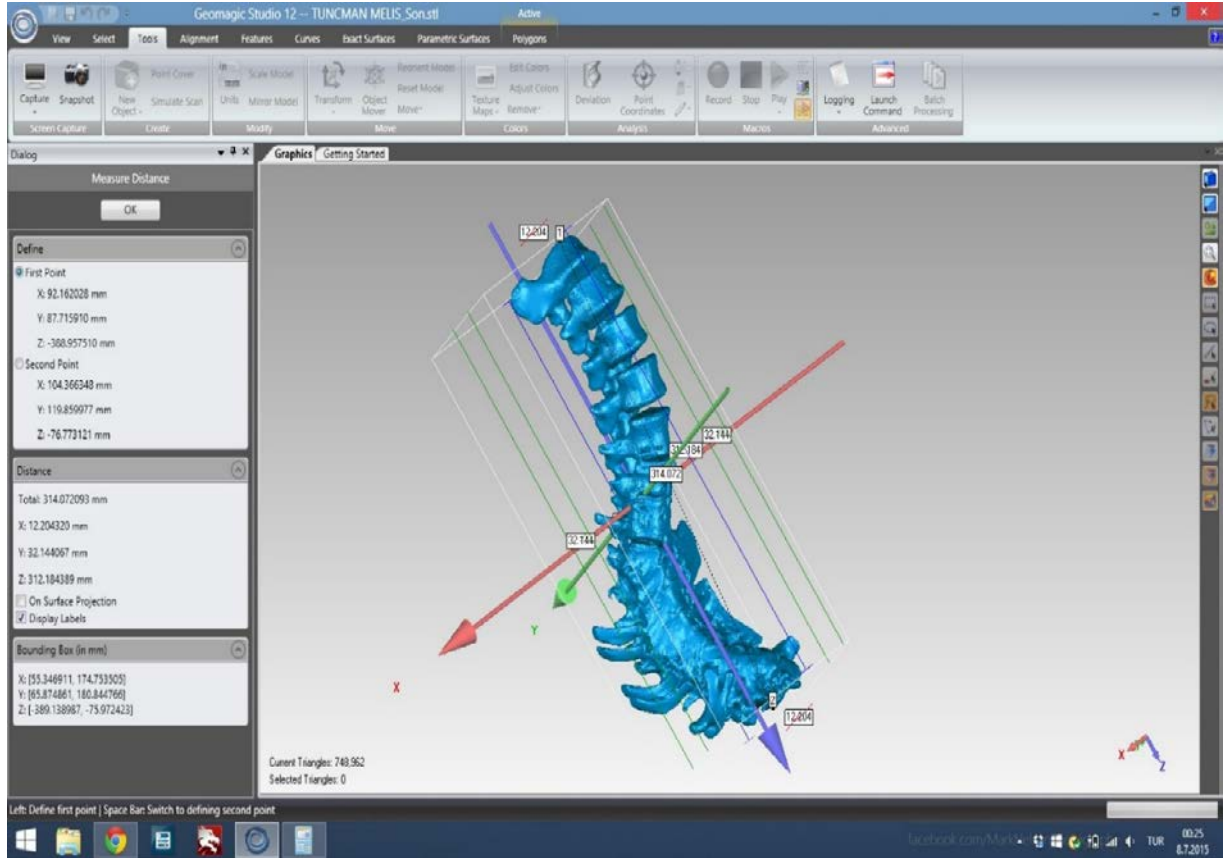
Hastaların mevcut arşiv görüntülemeleri kullanılarak 5 hastanın operasyon öncesi çekilmiş direkt grafi, bilgisayarlı tomografi ve üç boyutlu tomografi tetkikleri toplandı.

Ardından 3 boyutlu omurga modellerinin üretimi sürecine geçildi. Bilgisayarlı tomografi görüntüleri ile hastaların tüm omurga yapısı medikal görüntüleme ve analiz yazılımı (Mimics, Belçika) kullanılarak mask işlemi gerçekleştirildi ve yüksek çözünürlüklü .stl (stereolitografi) formatına dönüştürülerek üç boyutlu model haline getirildi.



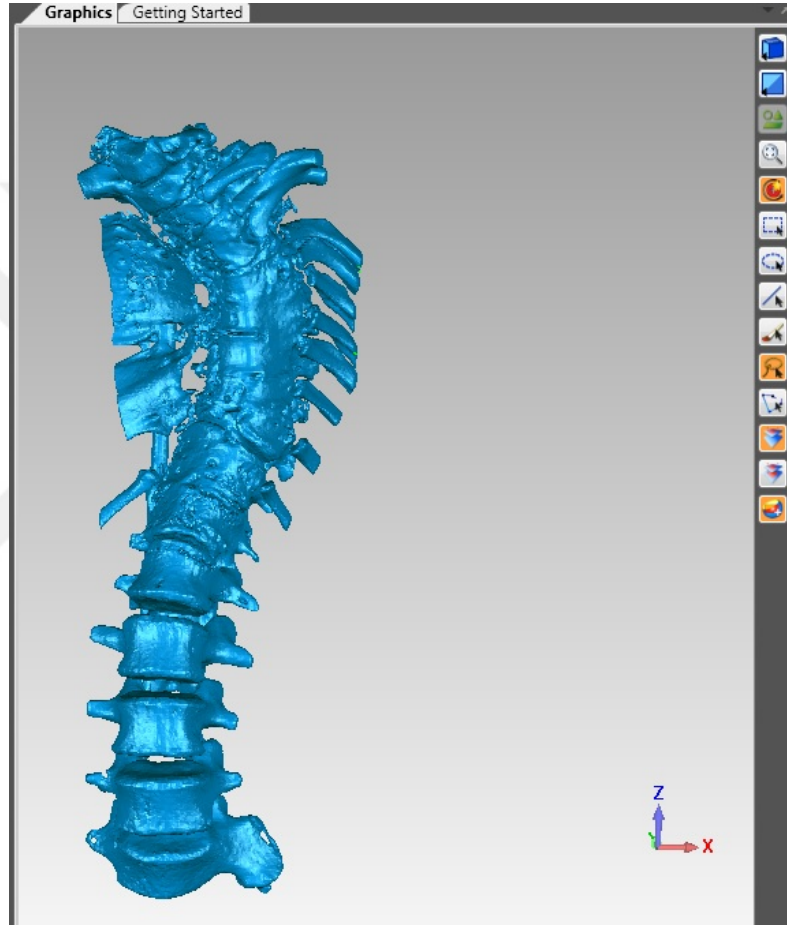
Şekil 1. Deformiteli omurga görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması

Nokta bulutu şeklinde olan .stl formatındaki dosya üç boyutlu mühendislik yazılımı (Geomagic Studio 12, ABD) kullanılarak vertebra'nın çalışılması hedeflenen kısmı izole edilerek geri kalan kısım uzaklaştırıldı. Oluşturulan vertebra modeli üzerinde yüzey temizleme, pürüzsüz yapı işleme, mesh optimizasyonu ve yüzey deformasyonlarının giderilmesi gibi düzeltmelerin yapılmasının ardından, oluşturulan model yazılımdan tekrar .stl formatında çıkarıldı.



Şekil 2. 3 boyutlu yazıcı (3DS, Projet 160, ABD) yazılımı olan 3D print yardımıyla açılan modelin basım odası içerisine horizontal ve vertical yerleşimi optimize edilmesi

3 boyutlu yazıcı (3DS, Projet 160, ABD) yazılımı olan 3D print yardımıyla açılan modelin basım odası içerisine horizontal ve vertical yerleşimi optimize edilerek, basım yönüne karar verildi. Mukavemeti arttırılmış modifiye toz malzemeden hızlı prototip üretimi gerçekleştirilen vertebra modeli, proses sonrası işlemler ile sertleştirilerek yüzey hataları giderilerek modele son hali verildi.



Şekil 3. Deformiteli omurga modelinin basım öncesi son hali (çevre dokular uzaklaştırılmış)

İleri omurga deformiteli 5 hastanın direk grafileri, bilgisayarlı tomografi görüntüleri
3d bilgisayarlı tomografi görüntüleri ve 3 boyutlu omurga modelleri hazırlandı.



Şekil 4. 3 boyutlu yazıcının omurga modelini katmanlar halinde basımı



Şekil 5. Omurga modelinin basım sonundaki önden ve yandan görünüşü



Şekil 6. 3 boyutlu yazıcının basım tezgahından çıkarılan omurga modeli (henüz taşıyıcı kolonlar temizlenmemiş halde)

Omurga cerrahisi konusunda kendini deneyimli olarak tanımlayan, farklı merkezlerde çalışan 5 Ortopedist belirlenerek çalışmaya dahil edildi.

Cerrahlara içinde hastaların görüntüleme ve omurga modelinin bulunduğu 3 farklı veri sunularak cerrahlardan deformite düzeltici ameliyat planlamaları istendi.

Bu 3 veri sırasıyla;

1. Direk grafi ve Bilgisayarlı Tomografi
2. 3d Bilgisayarlı Tomografi
3. 3 Boyutlu yazıcıda üretilmiş Omurga Modeli şeklinde düzenlendi.

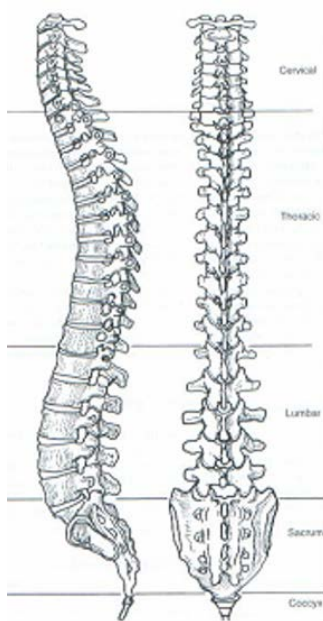
Her bir cerrahın bir hasta için 3 farklı ameliyat planı olmak üzere 5 hasta için toplamda 15 ameliyat planı istenmesi planlandı. Bu verilerin birbirinden bağımsız değerlendirilmesini sağlamak amacıyla henüz planlama aşamasındayken bilgisayar programı kullanılarak bir randomizasyon şeması oluşturuldu ve değerlendirmeler bu sıraya sadık kalınarak yapıldı.

Cerrahların ameliyat planlamalarını açıklayabilecekleri bir Cerrahi Plan Formu hazırlandı. Bu formda cerrahın kullanacağı cerrahi yöntemi kolaylıkla tarif edebilmesi için enstrümantasyon tipi ve seviyeleri, osteotomi tipi ve seviyesi ve özellikle belirtmek istediği ekstra bir bilgi varsa yazabileceği açıklama kutucukları oluşturuldu. Cerrahların ameliyat planlarını tasarlarken geçen sürenin gözetmen tarafından kayıt altına alınması için boş bir kutucuk eklendi.

Cerrahi Değerlendirme Formu

Cerrah No
Materyal No

Xray ☐ **CT** ☐ **3d CT** ☐ **3d Model** ☐



Enstrümantasyon ;

Osteotomi ;

Açıklama ;

Şekil 7. Cerrahi değerlendirme formu

Farklı günlerde önceden belirlenen zaman aralığında Cerrahlarla görüşme sağlandı. Değerlendirme başlamadan önce çalışmanın temel noktaları hakkında cerraha bilgi verildi ve olası sorular yanıtlandı. Çalışmanın yapılacağı odanın fiziksel şartları (sessizlik,ışık) uygun hale getirildi ve değerlendirme sırasında cerrahın dikkatini dağıtabilecek dış faktörler engellenmeye çalışıldı.

Cerrahın randomizasyon şemasına göre hasta verilerini inceleyerek ameliyat planı yapılması istendi. Bu sırada gözetmen tarafından sadece teknik destek sağlandı ve cerraha bildirilmeden karar verme süreleri kayıt altına alındı. Cerrahın 15 adet ameliyat planını tamamlamasının ardından kayıtlar toplandı.



4. BULGULAR

Çalışmayı oluşturan 5 omurga deformiteli hastasının 4'ü kadın, 1'i erkektir.

Hastaların yaşları 12 ile 18 arasında olup ortalama yaş 15,2 bulunmuştur.

5 hastanın tümü 5 farklı cerrah tarafından X ray, Bilgisayarlı tomografi görüntüleri ve 3 boyutlu modelleri randomize olarak değerlendirilmiş ve yaptıkları cerrahi planlar not edilmiştir.

Olgu 1.

18 yaşında Kadın Hasta

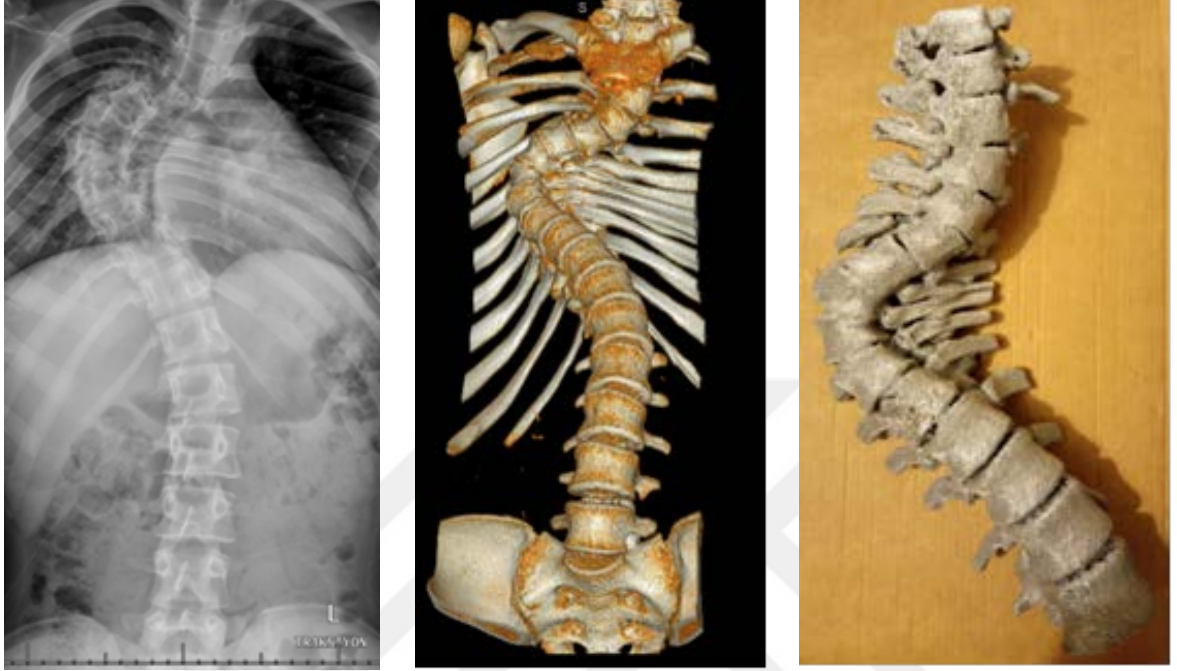
Sagittal planda Torakalomber bölgede T10,T11 T12 L1 vertebraların füzyonu sonucu rijit kifozite mevcut.



Şekil 8. Olgu 1'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Olgu 2

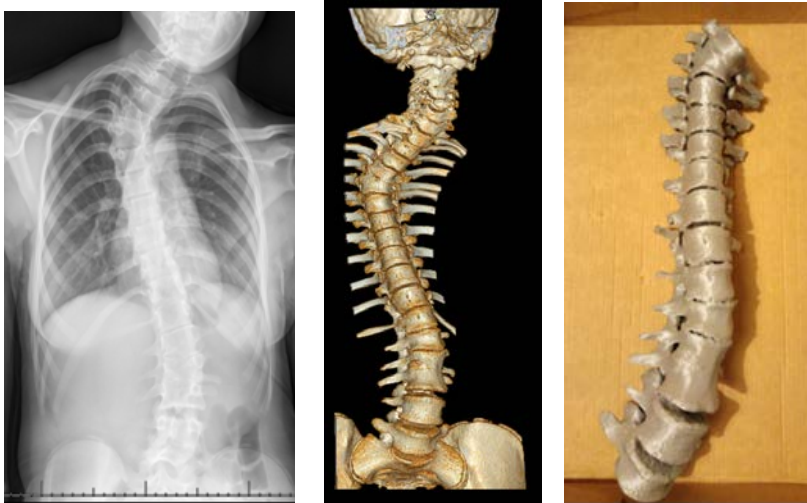
12 yaşında kadın Hasta,
Torakal bölgede açıklığı sola bakan rotoskolyoz mevcut.



Şekil 9. Olgu 2'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Olgu 3

14 yaşında kadın Hasta, Torakalde açıklığı sola bakan, lomber bölgede açıklığı sağa bakan rotoskolyoz mevcut, Skolyozun açıldığı düzeylerde de vertebralarda segmentasyon defekti dikkat çekmektedir.



Şekil 10. Olgu 3'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Olgu 4

14 yaşında Erkek Hasta,
Torakaldüzeyde açıklığı sağa bakan rotoskolyoz mevcut, vertebra korpuslarında belirgin segmentasyon anomalisi izlenmektedir. Alt torakal lomber düzeylerde vertebra posterior elemanlarda füzyon defekti mevcuttur.



Şekil 11. Olgu 4'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Olgu 5

18 yaşında Kadın Hasta,
Alt torakal ve lomber düzeyde açıklığı sağa bakan rotoskolyoz izlenmektedir. Vertebralarda segmentasyon anomalisi saptanmamıştır. Servikal düzeyde hafif kifotik açılanma izlenmektedir.



Şekil 12. Olgu 5'in Xray, BT ve 3 boyutlu Model görünümü

Beş hastanın 5 farklı cerrah tarafından 3 farklı yöntemle tekrarlı verisi ile yapılan 75 adet tedavi planı mevcuttur. İki farklı cerrahın Xray-BT ve 3D BT görüntülerine bakarak enstrümantasyon ve osteotomi ile deformite düzeltmesi planı yaptıkları 2 hastanın tedavileri 3 boyutlu modelin incelemesi sonucu konservatif yönde değişiklik göstermiştir.

Yirmibeş adet cerrahi planının 3 tekrarlı (Xray-BT, 3D BT ve 3 Boyutlu modele göre) vida sayısını değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur.

Tablo 1. Yöntemlere göre Enstrümantasyon Seviye Sayısının Karşılaştırılması

Enstrümantasyon Seviye Sayısı	Ortalama	Ortanca (Min-Max)	p*
Xray-BT	11,4	13 (3-9)	0,072
3d BT	11,0	12 (3-20)	
3 boyutlu Model	9,9	11 (0-15)	

*3 tekrarlı ölçümde non parametrik dağılım karşılaştırılması için Friedman test

Beş farklı cerrahın Xray-BT görüntülerine göre yaptıkları cerrahi plana göre enstrümantasyonda kullanılacak vida sayısı ortalaması 11.4, ortancası 13, minimum ve maximum değeri sırasıyla 3-19'dur. Cerrahların 3d BT görüntüleriyle yaptıkları cerrahi plana göre enstrümantasyonda kullanılacak vida sayısı ortalaması 11, ortancası 12, minimum ve maximum değerleri 3-20'dir. Cerrahların 3 boyutlu modelleri inceleyerek yaptıkları cerrahi plana göre enstrümantasyonda kullanılacak vida sayısı ortalaması 9.9 , ortancası 11, minimum ve maximum değerleri 0-15'tir.

Xray-BT 3d BT ve 3 boyutlu modele yöntemlerine göre operasyonda uygulanacak vida sayısı dağılımında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır, vida sayısı dağılımlarının benzer olduğu bulunmuştur (p=0.072 Friedman test).

Yirmi beş cerrahi planının yöntemlere göre 3 tekrarlı (Xray-BT, 3D BT ve 3 Boyutlu modele göre) osteotomi sayısının değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur.

Tablo 2. Yöntemlere göre Osteotomi Sayısının karşılaştırılması

Osteotomi Sayısı	Ortalama	Ortanca (Min-Max)	p*
Xray-BT	1,24	1 (0-4)	0,803
3d BT	1,28	1(0-5)	
3 boyutlu Model	1,32	1(0-4)	

*3 tekrarlı ölçümde non parametrik dağılım karşılaştırılması için Friedman test

5 farklı cerrahın Xray-BT görüntülerine göre yaptıkları cerrahi plana göre yapılacak osteotomi sayısı ortalaması 1.24, ortancası 1, minimum ve maximum değeri sırasıyla 0-4'tür.

Cerrahların 3d BT görüntüleriyle yaptıkları cerrahi plana göre yapılacak osteotomi sayısı ortalaması 1,28, ortancası 1, minimum ve maximum değerleri sırasıyla 0-5'tir

Cerrahların 3 boyutlu modelleri inceleyerek yaptıkları cerrahi plana göre yapılacak osteotomi sayısı ortalaması 1,32 ortancası 1, minimum ve maximum değerleri sırasıyla 0-4'tür.

İstatistiksel olarak 25 adet karar için 3 tekrarlı (Xray-BT 3d BT ve 3 boyutlu modele göre) vida sayısının istatistiksel değerlendirilmesinde sonuçların benzer olduğu saptanmıştır. (p=0.803 Friedman test)

Yirmibeş tedavi planının 3 yöneme göre (Xray-BT, 3D BT ve 3 Boyutlu modele) karar verme süresinin değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur. Bu değerlendirmede zaman sürekli bir değişken olduğu için her tekrarın normal dağılıma uygunluk kontrolü yapılarak nonparametrik dağıldığı saptanmış ve zamanın 3 tekrarlı karşılaştırılması friedman test ile aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3. Yöntemlere göre karar verme sürelerinin karşılaştırılması

Karar verme Süresi	Ortalama	Ortanca (Min-Max)	p*	PostHoc karşılaştırma testleri	
				Gruplar	p**
Xray-BT	4,9	5,0 (2,0-10,0)	<0,001	XrayBT-3dBT	<0,001
3d BT	3,5	3,2 (1,3-7,0)		XrayBT-model	<0,001
3 boyutlu model	2,2	2,0 (1,0-4,0)		3dBT-model	<0,001

*3 tekrarlı ölçümde non parametrik dağılım karşılaştırılması için Friedman test

**Çoklu karşılaştırma testleri (Posthoc pairwise comparision)

Üç tekrarlı değerlendirme arasında Friedman test ile istatistiksel anlamlı farklılık saptanınca, bu farklılığın hangi ikili karşılaştırmalardan kaynaklandığını anlamak için post hoc çoklu karşılaştırma testlerinin (pairwise comparision) kullanılmasına karar verilmiştir.

Beş farklı cerrahın Xray-BT görüntülerini inceleyerek cerrahi plan hazırlamaları dakika cinsinden ortalama 4,9, ortancası 5, minimum ve maximum değeri sırasıyla 2-10'tür, 3d BT görüntülerini inceleyerek cerrahi plan hazırlamaları dakika cinsinden ortalaması 3,5, ortancası 3,1, minimum ve maximum değerleri sırasıyla 1,3-7,0'tir. Üç boyutlu modelleri görüntülerini inceleyerek cerrahi plan hazırlamaları dakika cinsinden ortalama 2,17, ortanca 2, minimum ve maximum değerleri sırasıyla 1-4'tür. Yöntemlere göre karar verme süreleri istatistiksel olarak farklıdır. Çoklu karşılaştırma testlerine göre; XRay süresi, 3d BT ve model süresinden, 3d BT süresi modelle verilen karar süresinden istatistiksel olarak anlamlı daha uzun olduğu bulunmuştur. En kısa sürede karar vermeyi 3 boyutlu model sağlamıştır.

5. TARTIŞMA

Spinal deformite tek bir vertebranın patolojisine bağılı gelişebileceğı gibi, birden çok vertebra, kosta veya pelvis patolojileri sonucu ortaya çıkabilir. Spinal deformite koronal, sagittal ve aksial planlarda değerdendirilmelidir. Deformite cerrahisi uygulanacak hastalarda operasyon öncesi omurilik detaylı bir şekilde incelenmelidir.

Teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle beraber deformite cerrahisinde deformiteyi daha iyi anlayıp doğru karar vermeyi kolaylaştıracak yeni yöntemler ortaya çıkmaktadır. Bu yenilikler yeni nesil görüntüleme alternatiflerinden, 3 boyutlu yazıcılarla hazırlanmış deformiteli omurga modellerine kadar geniş bir yelpazede değışiklik göstermektedir. Bu yenilikçi yaklaşım literatüre hızla giriş yapmış olsa da 3 boyutlu yazıcılarla oluşturulan 3 boyutlu omurga modellerinin cerrahi plan üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma henüz literatürde yer almamaktadır. Çalışmamızı literatürdeki bu eksiklikten yola çıkarak dizayn ettik ve omurga deformitesi ile uğraşan cerrahların günlük pratiklerinde karar verme süreçlerinde yardımcı bir yöntem belirlemeyi amaçladık.

Çalışmamızda 2 farklı cerrah birer hastada hastaların Xray-BT ve 3d BT ile posterior spinal enstrümantasyon ve osteotomi ile deformite düzeltimi planlanırken 3 boyutlu model ile değerdendirmelerinde cerrahi müdahaleden vazgeçtiğı görülmüştür.

Bu veri 3 boyutlu modellerin bazı koşullarda radikal değışikliklere yol açabileceğı şeklinde değerdendirilebilir. Bir cerrahi müdahalenin hastanın psikososyal durumu başta olmak üzere, müdahalenin finansal boyutu, operasyona bağılı gelişebilecek komplikasyon riskleri göz önünde bulundurulduğunda bu değışikliğin önem arz ettiğı açıktır.

Joshua P. Klein ve arkadaşları 2015 yılında yayınladıkları makalelerinde omurga görüntülemeleriyle ilgili bir yol haritası belirlemişlerdir. Makalede omurga görüntüleme yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı ve bu görüntülerin doğru yorumlanması için sistematik bir yaklaşım gereksiniminden bahsedilmiştir. Akut spinal yaralanmalarda Xray ve BT hızlı, göreceli olarak ucuz oldukları için ilk tercih edilecek görüntüleme yöntemleridir. Farklı pozisyonlarda çekilen Xray görüntüleri (fleksiyon ekstansiyon ya da rotasyon) olası dinamik instabilitelerin tanısında yol göstericidir. Ancak BT kemik yapının değerdendirilmesi, deformitenin saptanması ve spinal kanal çapının ölçülmesinde daha etkilidir. MR kemik doku ile kas, yağ doku, ligamanlar spinal kord ayırımında diğer görüntüleme tetkiklerine üstünlük

kurmaktadır. Ferromanyetik materyallerle tarama gerçekleştirildiği için hasta açısından güvenilir bir tetkiktir. T1 ağırlıklı görüntülerde lipid içeren doku suya göre daha kısa bir tutulum sergiler, böylece yağ ağırlıklı bölgeler daha parlak görünür. T2 ağırlıklı görüntülemelerde ise yağ yapısındaki dokular daha karanlık görünür. Stir (short tau inversion recovery) lipid doku ve ödem ayrımı yapmak için kullanılır, yağ doku baskılanırken ödem hiperintens kalır. Omurgada vertebral alignment değerlendirilmesi sagittal ve coronal görüntüler kullanılır. Cobb açısının ölçülerek eğriliğin değerlendirileceği durumlarda Xray grafiiler kullanılır. Vertebral yapı osteoporoz açısından değerlendirilirken, Xray ve BT’de kortikal incelme ve radyolusensite dikkat çekerken MR’da bu tanı kemik yapıların hipointense olması nedeniyle daha zordur. Vertebra end plate dejenerasyonunun değerlendirilmesi amacıyla MR temelli Modic sınıflaması mevcuttur. Vertebra yüksekliği servikalde lomber bölgeye doğru gidildikçe artış göstermektedir. Servikalde vertebra yüksekliği ortalama 1,4 cm, üst torasikte 1,8, alt torasikte 2,3 üst lomberde 2,6 ve alt lomberde 2,8 cm dir. Vertebra yüksekliğinde oluşan dengesiz azalmalar keskin açılı deformitelere yol açabilir. (37)

3 boyutlu deformite analizleriyle mevcut deformitelerin daha detaylı anlaşılması sağlanmakta ve bu konuda yeni deformite sınıflamaları gündeme gelmektedir.(38,39) Bu yeni sınıflandırmalar çalışmamızda da kullandığımız 3 boyutlu modellerin deformite tanımlamasında getirdiği yeniliklerin bir sonucu olarak görülebilir.

Jae-Young Hong ve arkadaşlarının bilgisayarlı tomografinin 3 boyutlu deformitelerin kavranmasındaki etkinliğini inceledikleri 2011 tarihli çalışmalarında 50 AIS’li hastaya operasyon öncesi ve sonrası tüm omurga direk grafiileri ve bilgisayarlı tomografilerde vertebral rotasyon, rib humb indeks ve sternal shift oranlarını ölçmüşler ve bilgisayarlı tomografinin 3 boyutlu deformitelerin belirlenmesinde, tedavinin planlanmasında ve cerrahi sonuçların değerlendirilmesinde faydalı bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır. (40) Bilgisayarlı tomografinin kullanımının yaygınlaşmasıyla cerrahlar özellikle kemik yapı üzerinde daha detaylı inceleme yapma şansını yakalamışlardır. Ancak 3 boyutlu bir deformitenin 3 boyutlu yöntemlerle tanımlanması mantığa daha yakın görünmektedir. Bu bağlamda bilgisayarlı tomografi kesitleri kullanılarak 3 boyutlu bilgisayarlı tomografi kavramı ortaya çıkmış ve günlük pratikte kullanıma girmiştir. Biz çalışmamızda bu 3 boyutlu

görüntüleme yöntemini bir adım ileri taşıyarak cerrahlara düzeltecekleri deformiteyi somut biçimde görüp ellerine alarak inceleme imkanı sunduk.

Gabrielle C Lam ve arkadaşları 2008 yılında yayınladıkları derleme makalede gelişen teknolojiyle beraber bilgisayarlı tomografinin vertebral rotasyon tayininde kullanılmasıyla yeni ölçüm yöntemlerin ortaya çıktığını ve 6 farklı rotasyon ölçüm yöntemini karşılaştırmış ve yöntemlerin avantajları ve dezavantajlarını ortaya koymuşlardır. (41) Bu veri bize teknolojik gelişmelerle tanı yöntemlerinin karşılıklı etkileşim içinde olduğunu göstermektedir.

Ai-Min Wu ve arkadaşları üç boyutlu yazıcılarla omurga modellerinin basımında güvenilir bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermişler ve bizimde çalışmamızda gerçekleştirdiğimiz gibi omurga modellerinin basımında morfolojiyi ve kemik yapıyı daha detaylı olarak ortaya koyan bilgisayarlı tomografi kesitlerini kullanmışlardır.

Üretilen 3 boyutlu omurga modellerinin üretiminin yaygınlaşmasıyla kadavra temini gibi imkanların kısıtlı olduğu konularda araştırmacılar için iyi bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir. (42)

Sosyokültürel nedenlerin de etkisiyle kadavra temini konusunda kısıtlılıkların mevcut olduğu ülkelerde tıp fakültesi öğrencilerinin, araştırmacıların ya da deneyim kazanmak isteyen cerrahların 3 boyutlu yazıcılarla üretilecek modeller üzerinde çalışma imkanı bulmaları önem arz etmektedir.

Perez-Mananes ve arkadaşları 3 boyutlu modellemeyi yüksel tibial osteotomi cerrahisine uygulamış ve bu yöntemle cerrahi süresi, skopi kullanım süresi ve deformite düzeltme oranlarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak modellemenin cerrahi süreyi kısaltırken hata payını azalttığını göstermişlerdir. (51)

Deformite tedavisi amacıyla gerçekleştirilen bir operasyonda kemik yapının önceden cerrah tarafından somut olarak elle tutulup gözle görülerek incelenmesinin ameliyat süresi, skopi kullanım süresi, başarı oranındaki faydaları göz önüne alındığında önümüzdeki yıllarda operasyon öncesi 3 boyutlu modellemenin rutin kullanıma gireceği öngörülebilir.

Bu teknik sayesinde kısalan cerrahi süreyle beraber hastanın anesteziye maruz kalacağı süre kısalacak ve anestezinin hasta üzerindeki etkileri sınırlı olacaktır. Böylece

hastaların operasyon sonrası dönemde rehabilitasyonları hızlanarak hastane kalış sürelerinde de azalma beklenebilir.

Skopi kullanım süresinin kısılması, hem hastayı hem de deformiteyle ilgilenen cerrahları koruyan çift taraflı bir kazanımdır.

Larson AN ve arkadaşları AIS tedavisinde doğru kararlar daha az vida kullanımının ekonomik etkilerini konu alan bir çalışma yapmışlar ve 5710 hastanın toplamda \$278 milyon dolarlık tedavi harcamalarında yaklaşık %7 oranında (11-20 milyon dolar) tasarruf sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır (43). Çalışmamızda üç farklı grup arasında vida sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamasına ($p:0,07$) rağmen kullanılan vida sayısında artış yönünde bir eğilim olduğu ileri sürülebilir. Larson AN ve arkadaşlarının makalesi göz önüne alındığında 3 boyutlu modellerle yapılan cerrahi planların bir miktar daha yüksek maliyetlere sebep olabileceği düşünülebilecekken hastaların implant başarısızlığı nedeniyle tekrar tekrar cerrahi müdahaleye ihtiyaç duymalarının önüne geçilerek çok daha büyük maddi ve manevi kayıpların önüne geçilebilir. Ayrıca Xray-BT ve 3dBT ile posterior spinal enstrümantasyon ve osteotomi planlanan hastalardan 2'sinde 3 boyutlu modellerle operasyon kararından vazgeçildiği göz önünde bulundurulduğunda ekonomik anlamda bir kazanım elde edilebileceği düşünülebilir.

Liu H ve arkadaşları 2016 yılında yayınladıkları 23 çalışmayı inceledikleri sistematik incelemede Smith Peterson osteotomisi ve pedikül substruktion osteotomisinin torakolomber kifotik deformiteler üzerine etkisini incelemişler ve torakolomber kifotik deformitelerin düzeltilmesinde efektif olduklarını ortaya koymuşlardır. SPO'nun aort rüptürü ve kalıcı nörolojik defisit oranları daha yüksek bulunurken PSO'da daha uzun operasyon süresi ve daha fazla kanama miktarı saptanmıştır. (44) Çalışmamızda 3 farklı yöntemle yapılan cerrahi planlardaki osteotomi sayısında belirgin farklılıkların olmaması, yukarıda belirtilen major komplikasyonlar göz önüne alındığında gereksiz müdahaleye de yol açmadığı görülmektedir. Bu komplikasyonlar arasında aort rüptürü gibi mortal sonuçlar bulunurken hasta ve hekim açısından yıkıcı sonuçlara neden olacak nörolojik defisit benzeri sonuçlar da mevcuttur. Hastaların osteotominin sayısına ve süresine bağlı olarak uzayan operasyon süresince maruz kalacakları anestezi maddelerinin yan etkileri göz önünde bulundurulduğunda yapılacak osteotomi tipinin seviyesinin ve sayısının operasyon öncesi detaylı şekilde planlanması mutlak önem arz etmektedir.

Koerner ve arkadaşlarının 2014 tarihli makalelerinde (periapikal) ponte osteotomileri ile cerrahi sırasında hastaların kan transfüzyonu gereksinimlerini karşılamışlar ve osteotomi yapılan hastaların sadece füzyon uygulanan hastalara göre daha fazla kan transfüzyonu gereksinimi olduğunu ortaya koymuşlardır. Artan osteotomi sayısı ile kan transfüzyon gereksinimi anlamlı korelasyon göstermektedir. (45) Operasyon öncesi yapılacak cerrahi planlama ile hastaya nasıl bir müdahale uygulanacağı belirlenerek hastanın sorunsuz bir operasyon geçirmesi için gerekli olan kan transfüzyonu ihtiyacı belirlenerek gerekli hazırlıklar operasyon öncesinde tamamlanır ve anestezi doktoruyla bilgi alışverişinde bulunabilir.

Samuel Kadoury ve arkadaşları 2007 yılında yayınladıkları makalede spinal deformitelerin klinik değerlendirmesi amacıyla biplanar grafiler kullanılarak yapılan 3 boyutlu rekonstrüksiyon tekniklerini incelemiş ve bu tekniğin kullanışlı ve hastanın ayakta durur pozisyonundaki halini gösterdiği için klinik değerlendirmede isabetli bir araç olduğunu belirtmişlerdir. (46)

Çalışmamızda kullanılan bilgisayarlı tomografi görüntüleri hastalar supin pozisyonda çekildiği için makalede bahsedilen hastaların ayakta durur pozisyonları hakkında sınırlı bilgi verebilir. Ancak mevcut teknoloji ve günlük pratikte bilgisayarlı tomografilerin yatar pozisyonda çekilmesi, hastaların kemik yapısı hakkında direk grafilere göre çok daha detaylı bilgi vermesi bu kısıtlılığı ortadan kaldırdığı görüşündeyiz.

Ayrıca operasyon sırasında hastanın prone ya da supin pozisyonu bilgisayarlı tomografi çekimi sırasındaki pozisyonla uyum göstermektedir.

Kyu-Jung Cho ve arkadaşlarının 2014 yılında yayınladıkları erişkin skolyoz tedavisi hakkındaki review article'da deformite düzeltilirken füzyon seviyelerinin belirlenmesinde çeşitli kriterler belirlemişlerdir:

- 1.Füzyon seviyesi eğriliğin apeksinde sonlandırılmaz
- 2.Bileşke kifoz alanı füzyona dahil edilmelidir
- 3.Belirgin lateral subluksasyon füzyona dahil edilir.
- 4.Spondilolistesis ve retrolistesis füzyona dahil edilir.(47)

Tüm bu kriterlere rağmen ileri omurga deformite vakalarında cerrahlar vaka üzerinde görüş alışverişi yapabileceği konseyler düzenleyerek meslektaşlarıyla fikir alışverişi yapmaktadır.

Çalışmamızda cerrahların deformite cerrahisi planlama süreleri incelendiğinde ortalama Xray-BT ile 4,9 dakika, 3d BT ile 3,5 dakika ve 3 boyutlu model ile 2,2 dakika olarak bulunmuş ve bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır. 3 boyutlu modellerle hızlı preop planlama yapılması modelin somut olarak incelenerek detaylı bilgi sahibi olmanın sonucu olabilir. Ancak mevcut teknolojiyle bir omurga modelinin üretim süreci göz önüne alındığında bu kazanımın pratik anlamda kullanılabilirliği tartışılır durumdadır.

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen modeller klinik kullanımda umut vaat eden bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknolojik gelişme sayesinde bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleri kullanılarak elle tutulur gözle görülür modeller üretmek mümkün hale gelmiştir. Bu modeller hem doktorların hem de hastaların mevcut patolojiyi anlamalarına ve preoperatif plan yapılmasına olanak vermektedir.

Kişinin anatomisine özel alçı, splintler ve custom made implant tasarımları yapılabilmektedir. Örneğin kafatasında yer alan kemik defektinin tedavisi 3d yazıcılarla titanyumdan üretilen implantlarla yapılabilmektedir. Benzer şekilde trakea, kulak ve dermal deri greftlerinin üretimi üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Ortopedik kullanım amacıyla 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan temel malzemeler titanyum, paslanmaz çelik, nitinol, seramiktir.

Pediyatrik ortopedik problemlerde üç boyutlu modellerle birlikte cerrahlar klasik 2 boyutlu radyolojik görüntülere göre daha somut bir şekilde hasta anatomisini inceleme ve daha kolay tanı koyma imkanına sahip olmuşlardır. (48)

Amerikan Ortopedistleri Akademisi Dergisi editörü Howard R. Epps ve arkadaşları normal anatomik kalça modelleriyle kompleks deformiteli custom printed kalça modellerini karşılaştırarak hastaların mevcut durumlarını algılama ve cerrahi süreçle ilgili öngörülerini derinleştirebileceklerini belirtmişlerdir. Aynı açıklamada Kevin S. Horowitz pediyatrik kalça cerrahisinde kompleks deformitelerin anlaşılmasında kesinlikle faydalı olduğunu belirtmiş ve bazı preop planlamaları yapmalarına olanak sağladıklarının belirtmişlerdir. Scott B. Rosenfeld

kalça deformiteleri dışında tarsal koaliston gibi ayak deformitelerinde de preop planlamada 3 boyutlu modellemeleri kullandıklarını belirtmişlerdir. Modellerin basımının yaklaşık 24 saat sürdüğünü ve model basımı tamamlandıktan sonra hastayı ve ailesini görüşmeye çağırarak üretilen modeli aileye göstererek mevcut durumu ve tedavi planını bir kez daha açıkladıklarını belirtmişlerdir.

Hatta model üzerinde osteotomi noktalarını belirleyip üzerinde preop fikir jimnastiği yapabildiğini söylemiştir. Son olarak 3 boyutlu modeli ameliyat sırasında görebileceği bir yere yerleştirerek cerrahisini gerçekleştirdiğini belirtmiştir. Aynı cerrahlarla yapılan söyleşide ‘Sizce preop 3 boyutlu modelleme ile yapılan preop değerlendirme cerrahi süresini etkilemekte midir?’ sorusuna Dr. Rosenfeld ‘Kalça cerrahisi sırasında hangi açılarla osteotomileri yapacağımı bilmek vakit kaybını önüyor’ şeklinde görüş bildirmiştir. Cerrahlar 24-48 saatlik model üretim sürecinin travma hastalarında 3 boyutlu modelleme kullanımı için çözülmesi gereken bir sorun olarak bahsetmektedirler. Bizim çalışmamıza katılan cerrahlarla yapılan görüşmelerde cerrahların 3 boyutlu modellerle hastayı değerlendirirken kendilerini çok daha rahat hissettiklerini söylemişlerdir. Ekrandaki bir görüntüyü somut olarak ele alıp inceleyerek tedavi planlamanın çok daha güven verici olduğunu belirtmişlerdir.

Nicola Bizzotto ve arkadaşları 2015 yılında yayınladıkları editöre mektupta kırık konfigürasyonunun anlaşılmasında yeni somut bir model olarak 3 boyutlu modellemeyi konu edinmişlerdir. Günümüzde Xray ve BT’nin kırık fragman dislokasyonlarının, deplasman miktarlarını değerlendirmek için kullanıldığı ancak ek görüntüleme tetkiki gerektirmeden eldeki mevcut bt kesitleriyle hazırlanan 3 boyutlu modellerin anatominin anlaşılmasını kolaylaştıracağı, patolojinin tespiti ve tedavisinde yol gösterici olacağını belirtmişlerdir.

Nicola Bizzotto ve arkadaşları Ekim 2013 Mayıs 2014 arası 20 travma hastasında (el bileği, diz, klavikula tibia plato kırığı hastaları) X ray ve BT tetkikleri gerçekleştirilmiştir. BT öncesi standart X ray’lerle operasyon sırasında kırık fragmanları anlamanın mümkün olduğunu, BT’nin eklem yüzleri koronal sagittal ve aksiyal planda kırık fragmanlara hakim olmayı sağladığı için xray’e üstünlük kurduğunu belirtmişlerdir. BT kesitleri kullanılarak 3 boyutlu kırık modelleri oluşturulmuş ve cerrahi öncesi ortopedi uzman ve asistanlarına sunulmuştur. Her iki grup da kırık paterninin kavranmasında inanılmaz bir gelişme olduğunu belirtmişlerdir. (49)

3d boyutlu baskı teknolojisindeki gelişmelerle beraber model üretim hızının artması, maliyetlerin düşmesiyle beraber 3d printed modellerle preop planlama cerrahi simulasyonlar, intraoperative guide kullanımı rutin uygulama haline gelebilir.

Starosolski ve arkadaşları 2014 tarihli makalelerinde 1'e 1 boyutlarında hazırlanan 3 boyutlu modellerin dokunsal ve görsel açıdan başarılı bir deneyim sağladıklarını belirtmişlerdir. (48)

Cooke ve arkadaşları 2007 yılında yayınladıkları makalelerinde insanların katı nesneleri algılamada görsel ve dokunsal verilerin etkisini incelemiş ve her iki parametrenin birlikte kullanımıyla nesnelerin tanımlanmasındaki belirsizlikleri azalacağını saptamışlardır.(50) Teknolojik gelişmelerle beraber radyolojik görüntülerin kullanılarak 3d modellerin elde edilmesi doğal sayılabilecek bir gelişmedir. Bu modellerle oluşturulan 3d Workstationların hem cerrahi planlama hem de hasta eğitimi açısından önemi yadsınamaz. Cerrahlar modeller üzerinde yapacakları preop çalışmalarla deformite üzerinde nihai cerrahi planı yapmak için sağlıklı bir karar verme süreci yaşayabileceklerdir.

6. SONUÇ

Literatürde 3 boyutlu yazıcılar kullanılarak hazırlanan modellerin deformite ve kırık gibi konularda faydalı olduğu gösterilmiş olsa da kompleks spinal deformite cerrahisinin planlanmasında anlamlı bir farklılık yaratmadığını gördük.

Ancak cerrahların tedavi planına karar verme süresinde 3 boyutlu modellerin süreci istatistiksel olarak kısalttığını saptadık. Karar verme süresini yaklaşık % 40'lara kadar düşürse bile bunun günlük hayatta karşılığının çok da önemli olmayacağı söylenebilir.

3 boyutlu modellerin üretiminin henüz yaygınlaşmamış olması ve üretim masrafları göz önünde bulundurulduğunda kısıtlı sayıda modelle çalışma nedenimiz anlaşılabilir.

Bu çalışmanın kısıtlılıkları dahilinde 3 boyutlu modelin ameliyat planı üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna vardık. 3 boyutlu modellemenin daha büyük serilerde uygulanmasıyla daha kesin sonuçlara ulaşılabilir.

KAYNAKÇA

1. Collins P: Embriyoloji and Development. Gray's Anatomy Ed. L. VWilliams Thirty-Eight Edition Churchill-Livigstone 91-341, 1995.
2. Moore KL, Persaud TVN. The Developing Human: Clinically Oriented Embryology, 5th edition, Philadelphia, 1998 ve 354-360.
3. Petorak D: Medikal Embriyoloji, Beta Basın Yayın Dağıtım A.Ş. İstanbul, 166-127,1984.
4. Lonstein JE: Embriyoloji and Spinal Growth, Moe's Textbook of scoliosis and other spinal deformities, W.B. Saunders Company third edition 23-38,1995
5. Karatosun V., Güvençer M.: Omurga embriyolojisi. Dokuz Eylül Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Anatomi Anabilim Dalı İzmir.
6. Behrooz A.: The growing spine Management of Spinal Disorders in young Children 2010
7. Parke WW: Development of The Spine Ed. R.H. Rothman, F.A.Simeone, W.B.Saunders Company 3-34,1992.
8. Odar : Anatomi Ders Kitabı Hareket Sistemi 1- 82 1984
9. Pérez-Mañanes, R., Burró, J. A., Manaute, J. R., Rodriguez, F. C., & Martín, J. V. (2016). 3D Surgical Printing Cutting Guides for Open-Wedge High Tibial Osteotomy: Do It Yourself. Journal of Knee Surgery.
10. Tekelioğlu M: Vertebra Embriyolojisi Đn. Vertebra-Omurga Ed.R. Ege Türk Hava Kurumu Basımevi Ankara 15-19,1992.
11. Ayvaz M.: Ciddi konjenital skolyozun tedavisinde posterior enstrumantasyon ile düzeltme ve füzyonun güvenilirliği ve etkinliği. Uzmanlık tezi. Ankara 2005.
12. Rivard, C. H. (1986). Effects of hypoxia on the embryogenesis of congenital vertebral malformations in the mouse. Clinical orthopaedics and related research, 208, 126-130.

13. Farley, F. A., Loder, R. T., Nolan, B. T., Dillon, M. T., Frankenburg, E. P., Kaciroti, N. A., ... & Hensinger, R. N. (2001). Mouse model for thoracic congenital scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 21(4), 537-540.
14. Lonstein, J. E., & Renshaw, T. S. (1987). Neuromuscular spine deformities. *Instructional course lectures*, 36, 285.
15. McCarthy RE: Neuromuscular scoliosis: the tide mark for surgery. Materi al presented at Spinal Deformity: Challenges and Solutions of Surgical Treatment, Puerto Rico, May 1 2-13, 2000.
16. Renshaw, T. S. (1982). Spinal fusion with segmental instrumentation. *Contemporary Orthop*, 4, 413-420.
17. Taddonio, R. F. (1982). Segmental spinal instrumentation in the management of neuromuscular spinal deformity. *Spine*, 7(3), 305-311.
18. Wenger, D. R., Carollo, J. J., & Wilkerson Jr, J. A. (1982). Biomechanics of scoliosis correction by segmental spinal instrumentation. *Spine*, 7(3), 260-264.
19. Bernard, T. N., Burke, S. W., Johnston, C. E., & Roberts, J. M. (1985). Congenital spine deformities: a review of 47 cases. *Orthopedics*, 8(6), 777-783.
20. McMaster, M. J., & Singh, H. (1999). Natural history of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. A study of one hundred and twelve patients. *J Bone Joint Surg Am*, 81(10), 1367-83.
21. . McMaster, M. J., & Singh, H. (2001). The surgical management of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. *Spine*, 26(19), 2146-2154.
22. Morin, B., Poitras, B., Duhaime, M., Rivard, C. H., & Marton, D. (1985). Congenital kyphosis by segmentation defect: etiologic and pathogenic studies. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 5(3), 309-314.
23. Winter, R. B. (1989). Congenital Spine Deformity:" What's the Latest and What's the Best?". *Spine*, 14(12), 1406-1409.
24. Winter, R. B., Moe, J. H., & Lonstein, J. E. (1985). The Surgical Treatment of Congenital Kyphosis: A Review of 94 Patients Age 5 Years or Older, with 2 Years or More Follow-Up in 77 Patients. *Spine*, 10(3), 224-231.
25. BETZ, R. R., IORIO, R., LOMBARDI, A. V., CLANCY, M., & STEEL, H. H. (1989). Scoliosis surgery in neurofibromatosis. *Clinical orthopaedics and related research*, 245, 53-56.

26. Winter RB, Moe J , Bradford D, et al: Spine deformity in neurofibromatosis, *Bone Joint Surg.* 61 A : 677, 1979.
27. Brown CW: Spinal deformities in neurofibromatosis. In Bridwell KH, DeWald RL: *The textbook of spinal surgery*, Philadelphia, 1991 , JB Lippincott.
28. Calvert, P. T., Edgar, M. A., & Webb, P. J. (1989). Scoliosis in neurofibromatosis. The natural history with and without operation. *Bone & Joint Journal*, 71(2), 246-251.
29. Yong-Hing, K., Kalamchi, A., & MacEwen, G. D. (1979). Cervical spine abnormalities in neurofibromatosis. *J Bone Joint Surg Am*, 61(5), 695-699.
30. Hsu, L. C., Lee, P. C., & Leong, J. C. (1984). Dystrophic spinal deformities in neurofibromatosis. Treatment by anterior and posterior fusion. *Bone & Joint Journal*, 66(4), 495-499.
31. Durrani, A. A., Crawford, A. H., Chouhdry, S. N., Saifuddin, A., & Morley, T. R. (2000). Modulation of spinal deformities in patients with neurofibromatosis type 1. *Spine*, 25(1), 69.
32. Herring JA. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. 3rd Edition, New York: W.B. Saunders Company, 2002; 213-299.
33. Freeman B.L. Scoliosis and Kyphosis. Canale S.T. Campbell's Operative Orthopaedics, 10th Edition. Mosby, Philadelphia, 2003; Volume 2: 1751-1837.
34. Dormans JP. Pediatric Orthopaedics: Core Knowledge in Orthopaedics. 1st Edition. Elsevier Mosby, Philadelphia, 2005; 265-278.
35. Ekinci Ş.: Doğuştan omurga deformiteli çocuklarda deformite, nörolojik bulgular ve hastanın büyümesi arasındaki ilişkilerin araştırılması. Uzmanlık tezi. Ankara, 2001).
36. Lowenstein JE. Patient Evaluation. MOE'S Textbook of Scoliosis and Other Spinal Deformities. Winter RB, Bradford DS, Lowenstein JE, Ogilvie JW. 3rd Ed, Philadelphia: W.B Saunders Company, 1995; 45-85.).
37. Klein, J. P. (2015). A Practical Approach to Spine Imaging. CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology, 21(1, Spinal Cord Disorders), 36-51.
38. Lin, H., & Sucato, D. (2004, September). Identification of Lenke spine deformity classification by simplified 3D spine model. In *Engineering in Medicine and Biology*

- Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE (Vol. 2, pp. 31.
39. Negrini, S., & Negrini, A. (2007). The three-dimensional easy morphological (3-DEMO) classification of scoliosis–Part III, correlation with clinical classification and parameters. *Scoliosis*, 2(1), 1.
 40. Hong, J. Y., Suh, S. W., Easwar, T. R., Modi, H. N., Yang, J. H., & Park, J. H. (2011). Evaluation of the three-dimensional deformities in scoliosis surgery with computed tomography: efficacy and relationship with clinical outcomes. *Spine*, 36(19), E1259-E.
 41. Lam, G. C., Hill, D. L., Le, L. H., Raso, J. V., & Lou, E. H. (2008). Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 3(1), 1.
 42. Wu, A. M., Shao, Z. X., Wang, J. S., Yang, X. D., Weng, W. Q., Wang, X. Y., ... & Lin, Z. K. (2015). The accuracy of a method for printing three-dimensional spinal models. *PloS one*, 10(4), e0124291.
 43. Larson, A. N., Polly Jr, D. W., Ackerman, S. J., Ledonio, C. G., Lonner, B. S., Shah, S. A., ... & Richards III, B. S. (2016). What would be the annual cost savings if fewer screws were used in adolescent idiopathic scoliosis treatment in the US?. *Journal*.
 44. Liu, H., Yang, C., Zheng, Z., Ding, W., Wang, J., Wang, H., & Li, S. (2015). Comparison of Smith-Petersen osteotomy and pedicle subtraction osteotomy for the correction of thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis: a systematic review and.
 45. Koerner, J. D., Patel, A., Zhao, C., Schoenberg, C., Mishra, A., Vives, M. J., & Sabharwal, S. (2014). Blood loss during posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 39(18), 1479-1487.
 46. Kadoury, S., Cheriet, F., Laporte, C., & Labelle, H. (2007). A versatile 3D reconstruction system of the spine and pelvis for clinical assessment of spinal deformities. *Medical & biological engineering & computing*, 45(6), 591-602.

47. Cho, K. J., Kim, Y. T., Shin, S. H., & Suk, S. I. (2014). Surgical treatment of adult degenerative scoliosis. *Asian spine journal*, 8(3), 371-381.
48. Starosolski, Z. A., Kan, J. H., Rosenfeld, S. D., Krishnamurthy, R., & Annapragada, A. (2014). Application of 3-D printing (rapid prototyping) for creating physical models of pediatric orthopedic disorders. *Pediatric radiology*, 44(2), 216-221.
49. Bizzotto, N., Sandri, A., Regis, D., Romani, D., Tami, I., & Magnan, B. (2015). Three-Dimensional Printing of Bone Fractures A New Tangible Realistic Way for Preoperative Planning and Education. *Surgical innovation*, 22(5), 548-551.
50. Cooke, T., Jäkel, F., Wallraven, C., & Bülthoff, H. H. (2007). Multimodal similarity and categorization of novel, three-dimensional objects. *Neuropsychologia*, 45(3), 484-495.
51. Pérez-Mañanes, R., Burró, J. A., Manaute, J. R., Rodriguez, F. C., & Martín, J. V. (2016). 3D Surgical Printing Cutting Guides for Open-Wedge High Tibial Osteotomy: Do It Yourself. *Journal of Knee Surgery*.