

T. C.
EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI



SKOLYOZ CERRAHİSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ İLE
OLUŞTURULAN BİREBİR BOYUTTAKİ HASTA MODELİNİN DEFORMİTE
ANLAMA, SINIFLAMA VE AMELİYAT PLANLAMASINA ETKİSİ

Uzmanlık Tezi

Dr. Volga ÖZTÜRK

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Anıl Murat ÖZTÜRK

İZMİR

2023

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖN SÖZ.....	V
RESİMLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT(İNGİLİZCE ÖZET)	XIII
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. VERTEBRA ANATOMİSİ.....	4
2.1.1. <i>Vertebra Yapısı ve Görevleri</i>	4
2.1.2. <i>Bölgelerine Göre Vertebra Özellikleri</i>	5
Servikal Vertebra.....	5
Torakal Vertebra	6
Lomber Vertebra	6
Sakrum.....	6
Koksiks	6
2.1.3. <i>Vertebra Damar Anatomisi</i>	6
2.2. VERTEBRANIN FİZYOLOJİK ŞEKLİ VE BİYOMEKANİĞİ	7
2.2.1. <i>Vertebranın Eklem Yapıları</i>	7
Vertebra Gövdesi Arasındaki Eklemler.....	7
Vertebral Ark Eklemi	8
Atlanto-Oksipital Eklem.....	8
Atlanto-Aksiyel Eklem	8
2.2.2. <i>Vertebral Kolonun Hareketi</i>	8
2.2.3. <i>Vertebral Kolonun Fizyolojik Eğrilikleri</i>	9
2.3. SKOLYOZ TANIMI VE SINIFLANDIRMASI.....	9
Aebi Sınıflaması.....	10
Schwab Sınıflaması	12
Scoliosis Research Society Sınıflaması.....	13

2.3.1. Deformite Oluşum Patogenezi.....	14
2.3.2. Klinik Bulgular.....	14
2.3.3. Radyolojik Değerlendirme	15
2.4. SKOLYOZ TEDAVİSİ	16
2.4.1. Konservatif Tedavi.....	16
2.4.2. Cerrahi Tedavi	16
2.5. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ	17
2.5.1. Üç Boyutlu Yazıcı Çeşitleri	18
Fused Deposition Modeling (FDM)	18
Toz Bazlı Baskı (SLS, SLM, EBM, DMLS)	18
Stereolitografi (SLA).....	19
2.5.2. Üç Boyutlu Yazıcının Güncel Kullanım Alanları	19
Hasta Eğitimi.....	19
Asistan Doktor ve Cerrahi Ekibin Eğitimi.....	19
Cerrahi Öncesi Hazırlık	20
Operasyon Sırasında Kullanım	20
2.5.3. Üç Boyutlu Yazıcı Modellerini Kullanmanın Avantajları.....	21
2.5.4. Üç Boyutlu Yazıcı Modellerini Kullanmanın Dezavantajları	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM	23
3.1. ÜÇ BOYUTLU MODELİN BASILMASI VE HAZIRLANMASI.....	24
3.2. CERRAHİ YÖNTEM.....	29
3.3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	35
3.3.1. Radyolojik Değerlendirme	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
3.3.2. Uygularıcıların Anket ile Değerlendirmesi.....	39
3.4. İSTATİSTİKSEL YÖNTEM	40
4. BULGULAR.....	41
4.1. UZMANLIK ÖĞRENCİLERİNİN ÜÇ BOYUTLU MODEL HAKKINDAKİ DEĞERLENDİRMELERİ	41
4.2. UZMANLIK ÖĞRENCİLERİNİN PEDİKÜL VİDA YERLEŞİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 47	
5. TARTIŞMA	54
6. SONUÇ	57

7. KAYNAKLAR	58
8. EKLER	64



ÖN SÖZ

Yıllar önce bir tıp fakültesi öğrencisi olarak girdiğim Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi'ne ve bir parçası olmaktan her zaman gurur duyduğum Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğine 12 yıl aranın ardından veda ediyorum.

Çalıştığımız süre boyunca asistan eğitimine hep önem veren, bize sorumluluk verip güvenerek, hata yaptığımızda arkamızda durup bize doğruları öğreten ve daha iyi bir cerrah olmamızı sağlayan, kliniğimiz anabilim dalı başkanı Prof. Dr. Kemal Aktuğlu'ya,

Tez sürecimdeki destekleri ve tecrübesiyle yol gösteren tez danışmanım Doç. Dr. A. Murat Öztürk'e,

Bize iyi bir cerrah olmayı, hastalara yardım etmeyi ve her zaman çok çalışmayı aşıl原因an çok sevdiğim hocam Prof. Dr. Nadir Özkayın'a,

Disiplin ve çalışkanlığı ile bilgilerimizi savunmamız konusunda bizi cesaretlendiren Prof. Dr. Emin Taşkırın'a,

Güler yüzü ve sabrı ile bizi her zaman dinleyen ve yol gösteren Prof. Dr. Semih Aydoğdu'ya,

El cerrahisinin inceliklerini bize öğreten ve babacan kişiliğiyle hep arkamıza olan Prof. Dr. Erhan Coşkunol'a

Tümör cerrahisi konusunda imrenilecek bir klinik olmamızı sağlayan Prof. Dr. Dündar Sabah'a.

Bize hem hocalık hem de abilik yapan, hiçbir zaman kırmayan ve önemseyen sadece iyi bir cerrah değil aynı zamanda iyi bir insan olmayı öğreten Doç. Dr. Hüseyin Günay'a

Bize spor cerrahisi, artroskopi ve artroplastisi alanında her zaman yardımcı olan ve destekleyen Doç. Dr. Elcil Kaya Biçer'e

El cerrahisi ve bilimsel araştırmalar açısından hep motive eden, daha iyi bir cerrah olmamız için çalışan Doç. Dr. M. Celal Sözbilen'e

Çalışkanlığı ve meslek aşkı ile bize ortopedi sevgisi aşıl原因an, bilgisi ve tecrübesiyle yol gösteren, her zaman elinden gelenin en iyisini yapmaya çalışan, cerrah ve insan olarak örnek aldığım Op. Dr. Hüseyin Kaya'ya,

Bilgisini ve tecrübesini bizimle paylaşan, zorlandığımızda saat fark etmeden yardımımıza koşan bize el cerrahisini ve ortopediyi sevdiren kıdemli asistan olduğu dönemde tanıştığımız Op. Dr. Ali Engin Daştan'a teşekkürü borç bilirim.

Tez süresince yardımlarını hiç esirgemeyen fakültemiz Anatomi AD. Hocalarından Prof. Dr. Mehmet Asım Özer'e ve Prof. Dr. Figen Gövsa Gökmen'e teşekkür ederim.

Ayrıca bana her konuda yardımcı olan, asistanlığında ve tez sürecinde desteğini her zaman hissettiren kliniğimiz sekreterlerinden Gülden Köse'ye teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan tökezlediğimde bana el uzatan ve her zaman yanımda olacaklarından emin olduğum, bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi sevgili anneme ve babama teşekkür ederim

Hayatımda tanıştığım günden beri omuz omuza yürüdüğümüz, zorlu asistanlık yıllarında beni hep destekleyen ve hayatımın geri kalanında hep yanımda olacağım sevgili eşim Ece Özlem Öztürk'e teşekkür ederim

Dr. Volga ÖZTÜRK

2023, İZMİR



RESİMLER LİSTESİ

<i>Resim 1 Katılımcılara tecrübeli bir cerrah tarafından uygulama basamaklarının aktarılması</i>	24
<i>Resim 2 Üç boyutlu modellerin basımında kullanılan Zortrax M300 Dual üç boyutlu yazıcı</i>	25
<i>Resim 3 Üç boyutlu modelin basımı</i>	26
<i>Resim 4 A) Üç boyutlu modelin basıldıktan sonra destek maddesi ile birlikte olan görüntüsü B) Destek maddeleri temizlendikten sonra oluşan model görüntüsü</i>	26
<i>Resim 5 A) Karışıma eklenen izosiyonat B) Karışıma eklenen poliöl C) Etken maddelerin karıştırılmadan önceki görüntüleri D) Kimyasal tepkime sonrası oluşan destek maddesi</i>	28
<i>Resim 6 A) Ameliyathanede yan destekler ile destek maddesinin sabitlenmesi B) Yeşil örtü ile örtülmesi sonrası uygulama öncesi modelin görünümü</i>	29
<i>Resim 7 Uygulama sırasında kullanılan cerrahi setler</i>	30
<i>Resim 8 Pedikül vidası giriş yerinin K teli ile işaretlenmesi</i>	30
<i>Resim 9 Uygun boyuttaki Tapper ile K telinin doğrultusunda modelin Tap'lenmesi</i>	31
<i>Resim 10 Pedikül vidasının boyunu belirlemek için kanal uzunluğunun ölçülmesi</i>	31
<i>Resim 11 Uygun vida boyunun seçilmesi</i>	32
<i>Resim 12 Pedikül vidasının modele yerleştirilmesi</i>	33
<i>Resim 13 Uygulama sonrası model ve pedikül vidalarının görünümü</i>	34
<i>Resim 14 Doğru yerleştirilmiş pedikül vidasının A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü</i>	36
<i>Resim 15 Seviye 1 penetrasyonun A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü</i>	36
<i>Resim 16 Seviye 2 penetrasyonun A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü</i>	37
<i>Resim 17 Seviye 3 penetrasyonun A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü</i>	37
<i>Resim 18 Lateral penetrasyonun üç boyutlu model üzerindeki görünümü</i>	38
<i>Resim 19 Süperior penetrasyonun üç boyutlu model üzerindeki görünümü</i>	38
<i>Resim 20 Anket sorularının ortalama puanlaması</i>	45

TABLolar LİSTESİ

<i>Tablo 1 Aebi Skolyoz Sınıflama sistemi</i>	12
<i>Tablo 2 Schwab Erişkin Deformite Sınıflaması</i>	13
<i>Tablo 3 Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmesinin dağılımı</i>	41
<i>Tablo 4 Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmesi</i>	42
<i>Tablo 5 Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirmesinin dağılımı</i>	43
<i>Tablo 6 Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirmesi</i>	43
<i>Tablo 7 Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesinin dağılımı</i>	44
<i>Tablo 8 Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesi</i>	44
<i>Tablo 9 Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı hakkındaki düşüncelerinin dağılımı</i>	45
<i>Tablo 10 Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı hakkındaki düşünceleri</i>	46
<i>Tablo 11 Katılımcıların ortalama uygulama süreleri ve ortalama kötü yerleşmiş pedikül vida sayıları</i>	47
<i>Tablo 12 Tüm pedikül vidaları içindeki kötü yerleşmiş vida sayısı</i>	47
<i>Tablo 13 Korteks penetrasyonu doğrultusu</i>	48
<i>Tablo 14 Pedikül vidalarının korteks penetrasyonunun derecesine göre dağılımı</i>	48
<i>Tablo 15 Kıdem yılına göre toplam penetrasyon sayısı</i>	49
<i>Tablo 16 Kıdem yılına göre kritik penetrasyon sayısı</i>	49
<i>Tablo 17 Toplam penetrasyonun kıdem yılında ve lomber seviyelere göre dağılımı</i>	50
<i>Tablo 18 Kritik penetrasyonun kıdem yılında ve lomber seviyelere göre dağılımı</i>	51
<i>Tablo 19 Korteks Penetrasyonu Derecesinin Vertebra Seviyelerine Göre Dağılımı</i>	51
<i>Tablo 20 Kıdeme göre penetrasyon doğrultusu</i>	52
<i>Tablo 21 Deformite apeksindeki(deformitenin en fazla olduğu bölge) yanlış yerleşmiş pedikül vidasının diğer seviyelerle karşılaştırılması</i>	52
<i>Tablo 22 Deformitenin olmadığı bölgede yanlış yerleşmiş pedikül vidasının diğer seviyelerle karşılaştırılması</i>	53

KISALTMALAR LİSTESİ

Cm: Santimetre

IV: İntervertebral

MRI: manyetik rezonans görüntüleme

BT: Bilgisayarlı tomografi

EDS: Erişkin dejeneratif skolyoz

3B: Üç boyutlu

3BY: Üç boyutlu yazıcı



ÖZET

Volga Öztürk, Skolyoz Cerrahisinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi ile Oluşturulan Birebir Boyuttaki Hasta Modelinin Deformite Anlama, Sınıflama ve Ameliyat Planlamasına Etkisi, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, 2023

Amaç: Skolyoz hastalarının cerrahi tedavisi, bu deformitenin birbirinden farklı şekilde olması, sınıflamasının zor olması ayrıca toraks ve batında eşlik eden deformitelerin bulunması nedeniyle oldukça zordur. Radyolojik tetkikler ne kadar gelişmiş olursa olsun, deformitelerin birbirinden çok farklı varyasyonlarla ortaya çıkması nedeniyle üç boyutlu modelleme ile vertebradaki sorunlar daha iyi gösterilebilmektedir. Büyük cerrahi müdahalelerin hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Ameliyat sonrası dönemde hastanede yatış süreleri uzundur. Bu gibi durumların hem hastanın hem de ülkenin ekonomisine olumsuz etkileri vardır. Üç boyutlu modellerin eğitim materyali olarak son yıllarda kullanımının yaygınlaşması hem eğitim maliyetlerini düşürmüştür hem de cerrahların öğrenme eğrilerinin süresini kısaltmıştır. Bu sayede öğrenme eğrisi süresinin kısalmasının sonucu olarak; operasyon süresinin kısalması, implantların daha efektif kullanılması, kan transfüzyon ihtiyacının azalması ve operasyon sırasındaki radyasyon maruziyetinin azalması ön görülmektedir. Bu nedenle bu uygulamaların cerrahi eğitime katkısının yanında dolaylı olarak ülke ekonomisine de faydası olacaktır. Bu çalışmanın amacı dijital olarak tasarlanmış üç boyutlu skolyoz modellerinin preoperatif kullanımının cerrahi planlamaya etkisi ve bu eğitim modelinin uygulamacılar tarafından değerlendirilmesini araştırmaktır. Bu çalışmanın diğer amacı ise farklı eğitim yıllarındaki asistanların cerrahi becerilerini karşılaştırmak ve spinal cerrahi uygulamak için gerekli öğrenme eğrisi süresi hakkında bilgi sahibi olmaktır.

Gereç ve Yöntem: Daha önce skolyoz deformitesi nedeni ile poliklinikte muayene edilmiş ve ameliyat endikasyonu konmuş de novo skolyozu olan bir hastanın ameliyat öncesi çekilen radyolojik görüntüleri (BT, direk grafi) kullanılmıştır. Bu hasta için 3 boyutlu lomber deformite modelinden 20 adet birebir boyutta basılmıştır. Hasta modelini kullanarak uygulama yapan ortopedi ve travmatoloji uzmanlık eğitimi alan 20 asistan hekimden oluşan grup 1) Kıdemsiz asistan hekimler (daha önce aktif olarak vertebra cerrahisi operasyonlarına katılmamış) 2) Orta kıdem hekimler (aktif olarak vertebra ameliyatlarına gözlemci olarak katılmış) 3) Kıdemli asistan hekimler (aktif olarak vertebra ameliyatlarına katılmış ve birinci cerrah ile birlikte cerrahi operasyona katkısı olanlar) olacak şekilde 3 gruba ayrılmıştır. Ege Üniversitesi Ortopedi

ve Travmatoloji Anabilim Dalı asistanlık öğrencilerinin her biri 5 lomber seviye için toplamda 10 adet pedikül vidası uygulaması yapmıştır. Uygulama yapan ekibin, uygulama sırasında kullandığı vidaların boyu, uygulamanın işlem süresi, pedikül vidalarının yerleşimi ve uzmanlık öğrencilerinin materyal ve cerrahi teknik hakkındaki görüşleri değerlendirilmiştir. Bunun için pedikül vida ölçümleri ve daha önce hazırlanan uygulayıcı memnuniyet anketleri kullanılmıştır.

Bulgular: Katılımcılara uygulama sonrası yapılan anket ile uygulamanın ve modelin çeşitli özellikleri değerlendirildi. Uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmede uzmanlık öğrencilerinin en çok zorlandığı basamağın pedikül vidasının doğrultusuna karar vermek olduğu görüldü. Ayrıca modelin yapısından dolayı drillerin korteksi geçerken yarattığı direnç kaybı hissinin yeterince gerçekçi olmadığı belirtildi. Ayrıca sorulan sorularla modelin genel özelliklerini değerlendirirken simule edilen ortamın eğitim için olumlu bir katkı yaptığını ve uygulama basamaklamalarının gerçekçi olduğunu belirtmelerine karşın yumuşak doku taklidinin gerçekçi olmaması nedeniyle bu değerlendirme daha düşük puanlandı. Pedikül vida simülasyonunu en hızlı sürede tamamlayan katılımcı 26 dakika 22 saniyede, en yavaş tamamlayan kişi ise 62 dakika 59 saniyede tamamladı. Ortalama işlem süresi 34 dakika 36 saniye olarak ölçüldü. Uygulama sonunda vidaların %77.5'i doğru yerleştirilirken yanlış yerleşimli vidalar arasında ilk sırayı beklediği üzere medial korteksi penetre eden vidalar aldı. Toplam kritik penetrasyon sayısı açısından gruplar arasında anlamlı derecede bir farklılık bulundu($p=0,001$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve 3 yıldan daha düşük kıdemde olmanın kritik korteks penetrasyonu riskini 6,000 kat arttırdığı gösterildi. Kritik korteks penetrasyonunun lomber seviyeye göre dağılımı değerlendirildi. Korteks perforasyonu ile lomber seviye arasındaki ilişki Ki-Kare testi yardımı ile karşılaştırıldı. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu($p=0,001$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve yerleştirilen vidanın deformitenin olduğu seviyede olmasının kötü yerleşim riskini 4,667 kat arttırdığı tespit edildi

Sonuç: Üç boyutlu modeller ortopedistlerin deformite özelliklerini tanımlamasını ve ameliyatın planlamasını daha iyi yapmalarını sağlamakla birlikte optimal cerrahi sonuçları sağlayacaktır. Kişiyeye özel deformite modelinin oluşturulması preoperatif ameliyat hazırlığı açısından oldukça yararlı bir yöntemdir. Teknolojik gelişmelerin sağlık alanında daha çok kullanılmasıyla birlikte bu konuda yapılan araştırmalar artmıştır, özellikle gelişmiş ülkelerde 3 boyutlu modellemenin tercih edilmesinin oldukça fazla yararı olmuştur. Tümör gibi yer kaplayan oluşumlarda, anatomisi ve geometrisi değişen yapıların kişiyeye özgü anatomik modellerinin oluşturulması, cerraha operasyon öncesi ve operasyon sırasında farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu nedenle, ideal tedaviyi hastaya sunmanın yanında kişiyeye özgü özellikleri de üç boyutlu göstermesi açısından cerrahi planlamada yararlıdır. Bu modeller cerrahların hastaları operasyon içindeki risklere maruz bırakmadan, cerrahi tekniklerde değerli deneyimler kazanmalarına yardımcı olur. Cerrahların olası senaryoları hasta üzerinde uygulamadan önce tecrübe etmesi operasyon sonrası mortalite ve morbiditeleri azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üç boyutlu yazıcı, skolyoz, asistan eğitimi,

ABSTRACT(İNGİLİZCE ÖZET)

Objective: Surgical treatment of scoliosis patients is challenging due to the variability of deformities, including complex classification, and accompanying thoracic and abdominal deformities. Despite advances in radiological imaging, three-dimensional (3D) modeling enables a better visualization of spinal problems that present with diverse variations. Extensive surgical interventions negatively impact patients' quality of life, resulting in prolonged hospital stays and economic burdens. The increasing use of 3D models as educational tools has reduced training costs and shortened the learning curves for surgeons. Consequently, the shortened learning curve has been associated with shorter operation times, more effective implant usage, reduced need for blood transfusions, and decreased radiation exposure during surgery. Therefore, besides contributing to surgical education, these practices indirectly benefit the country's economy. The aim of this study is to investigate the impact of preoperative use of digitally designed 3D scoliosis models on surgical planning and to evaluate the assessment of this educational model by practitioners. Additionally, the study aims to compare the surgical skills of residents in different years of training and gain insights into the learning curve required for performing spinal surgeries.

Materials and Methods: Radiological images (CT scans, X-rays) obtained before surgery from a patient with de novo scoliosis were used. Twenty life-sized 3D printed models of the lumbar deformity were created for this patient. A group of 20 orthopedic and traumatology resident physicians who performed the procedure using the patient model was divided into three groups: 1) Junior residents (with no prior active participation in vertebral surgery operations), 2) Mid-level residents (actively involved in observing vertebral surgeries), and 3) Senior residents (actively involved in vertebral surgeries and contributed to surgical operations alongside the primary surgeon). Each resident student from the Ege University Department of Orthopedics and Traumatology performed a total of ten pedicle screw applications for five lumbar levels. The length of screws used during the procedure, the duration of the procedure, the placement of pedicle screws, and the opinions of the resident students regarding the materials and surgical techniques were evaluated using pedicle screw measurements and satisfaction surveys previously prepared for practitioners.

Results: Various features of the application and the model were evaluated with the questionnaire applied to the participants after the application. In the evaluation of the difficulty of the application steps, it was seen that the most difficult step for the residents was

deciding on the direction of the pedicle screw. It was also stated that due to the structure of the model, the feeling of loss of resistance created by the drills as they cross the cortex is not realistic enough. In addition, while they were evaluating the general features of the model with the questions asked, they stated that the simulated environment made a positive contribution to the education and the application steps were realistic, but this evaluation was scored lower because the soft tissue imitation was unrealistic. The participant who completed the pedicle screw simulation in the fastest time completed it in 26 minutes 22 seconds, and the person who completed the slowest completed it in 62 minutes 59 seconds. The average processing time was 34 minutes 36 seconds. At the end of the application, while 77.5% of the screws were placed correctly, the screws penetrating the medial cortex took the first place among the misplaced screws, as expected. A significant difference was found between the groups in terms of the total critical penetration number ($p=0.001$). In addition, the Odds ratio was calculated and it was shown that being at low seniority from 3 years to the mountain increased the risk of critical cortex penetration by 6,000 times. The distribution of critical cortex penetration according to the lumbar levels was evaluated. The relationship between cortex perforation and lumbar level was compared with the help of the Chi-Square test. A statistically significant difference was found ($p=0.001$). In addition, the Odds ratio was calculated and it was found that the position of the screw at the level of the deformity increased the risk of screw misplacement 4,667 times.

Conclusion: Three-dimensional models aid orthopedists in identifying deformity characteristics and performing better surgical planning, resulting in optimal surgical outcomes. The creation of personalized deformity models is a valuable method for preoperative surgical preparation. With the increasing use of technological advancements in the field of healthcare, research in this area has increased. Three-dimensional modeling has been particularly advantageous in advanced countries. The creation of patient-specific anatomical models for structures with changing anatomy and geometry, such as tumor-like masses, provides surgeons with a different perspective during preoperative planning and surgery. Thus, these models are useful in surgical planning by not only offering patients the ideal treatment but also demonstrating their unique features in a three-dimensional manner. These models assist surgeons in gaining valuable experience in surgical techniques without subjecting patients to the risks associated with real-time surgeries. Experiencing possible scenarios on a patient model before applying them to the actual patient reduces postoperative mortality and morbidity.

Keywords: Three-dimensional printing, scoliosis, resident education.



1. GİRİŞ ve AMAÇ

Yetişkin hastalarda skolyoz, koronal görüntülerde 10°'den fazla bir Cobb açısı ölçülmesi ile tanı alır(1). Lomber dejeneratif skolyoz (de novo skolyoz) sık rastlanan erişkin vertebra deformitesidir.Tedavi edilmediği takdirde ciddi semptomlara ve hayat kalitesinde düşüşe yol açabilir. Yaşlanan popülasyonda, intervertebral disk dejenerasyonu, faset eklem osteoartriti, yağ infiltrasyonlu paravertebral kas distrofisi, postmenopozal bağ gevşeklği ve osteopeni lomber dejeneratif skolyoz için predispozan faktörlerdir(1,2).

Konservatif veya cerrahi olarak tedavi edilebilir. Konservatif tedavi genellikle hemen tüm hastalar için birinci basamak tedavidir. Nörolojik semptomları olan, konservatif tedaviye yanıt vermeyen ve deformitesi tedaviye rağmen ilerleyen hastalarda cerrahi tedavi düşünülmelidir. Cerrahi tedavi seçenekleri arasında lokal çözümler üreten dekompresyon ve füzyon gibi teknikler kullanılabilir. Tüm omurgadaki deformiteyi düzeltmek için pedikül vidaları ile multiseviye füzyonlar ve osteotomiler uygulanabilir. Mevcut anatomideki rotasyon ve alışlagelmişten farklı vertebra eğrilikleri nedeniyle, skolyotik omurgaya serbest el pedikül vidası yerleştirilmesi, potansiyel nörolojik komplikasyonları da beraberinde getiren, teknik olarak zor ve zahmetli bir prosedürdür. Öğrenme eğrisi oldukça uzundur. En usta cerrahlar bile serbest el ile pedikül vidası gönderirken komplikasyonlarla karşılaşabilir(3–5).

Pedikül vidalarının yanlış yerleştirilmesi, nörolojik ve vasküler yapıların, hayati organların yaralanması gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilir. Serbest el tekniğiyle yanlış vida yerleştirme oranlarının %20 ile %43 arasında olduğu bildirilmiştir(6).

Pedikül vidasının yerleştirilmesi için navigasyon kılavuzlu teknikler mevcuttur. Bunlar BT ve röntgen görüntülerini kullanırlar. Bu tekniklerin bazı dezavantajları mevcuttur. Bazı cihazlarda yüksek doz radyasyona maruz kalınabilir, ameliyat sırasında tecrübeli bir skopi teknisyeni gerekir, bu zorluklara bağla ameliyat süresi uzayabilir ve hastanın kaybettiği kan miktarı artar. Ayrıca bazı ülkelerde bu tür teknolojilere ulaşmak yüksek maliyetleri nedeniyle mümkün değildir(6).

Primer yapılan skolyoz cerrahisi ile revizyon skolyoz cerrahisi sonuçlarını kıyaslayan bir çalışmada revizyon vakalarının sonuçlarının daha kötü ve daha az tatmin edici olduğu sonucu çıkmıştır. Bu çalışmaya göre revizyon vakalarında daha uzun süre, daha çok kan kaybı ve daha

yüksek komplikasyon oranları mevcuttur. Bu nedenle bu operasyonların tecrübeli ekiplerce ilk vakada hastanın tedavisini kapsayacak şekilde doğru endikasyon ve yöntemlerle yapılması gerekmektedir(7).

Teknik olarak daha zor ve yüksek riskli cerrahi girişimlerde öğrenme eğrisinin başlangıcındaki asistanlar için cerrahi basamakları hasta üzerinde öğrenmek ameliyatla ilişkili riskinin artmasına yol açar ve etik sorununu gündeme getirir. Bu tür cerrahi işlemler kadavralar üzerinde uygulanabilir, ancak kadavralara erişim pahalıdır ve bu örnekleri saklamanın zorlukları bulunmaktadır. Ayrıca istenilen modeli canlandırarak kadavra modeli bulmak mümkün olmayabilir. Hayvan modelleri de pahalıdır, deneklerin saklanma ve bakımı da ek masraf gerektirir. Bunlara rağmen hayvan hakları ile alakalı etik sorunlar nedeniyle istenilen sayıda kullanılamayabilir ve anatomik olarak insanı taklit etmesi mümkün değildir.

Öğrenme eğrisi vertebra cerrahisi ve özellikle skolyoz cerrahisi için oldukça uzundur. Bu nedenle klinik tecrübelerini arttırmak için cerrahlar gözlemcilik programları, online ve yüzyüze yapılan seminerler, teorik dersler, kadavra kursları gibi eğitimler ile cerrahi uygulamalarını geliştirmektedirler. Cerrahi uygulama için altın standart yöntem olan kadavra kurslarının maliyeti ve zorlukları nedeniyle bunun yerini alacak eğitim modelleri üzerinde çalışmalar sürmektedir(8,9).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin gelişmesi ve maliyetlerinin düşmesi ile bu konuda basılan modeller cerrahi eğitime uyarlanmaya çalışılmaktadır. 3BY modelleri tekrarlanabilir ve farklı senaryolara uyarlanabilir olması, saklama maliyetinin olmaması, etik kurul onayı gerektirmemesi ve özel saklama koşulları gerektirmemesi nedeniyle hızla popülerleşmiş ve bir eğitim materyali olarak kullanılmaya başlanmıştır(8,9).

Başlangıç seviyesi eğitiminin yanı sıra zorlu anatomik yapısı olan vakalarda (ileri deformite, tümör) veya revizyonlarda biyomodel yapmak hasta ve cerrah için faydalı olabilir. Cerrah açısından operasyonu planlamak daha rahat olurken, hastalar açısından patolojiyi anlamak ve yapılacak işlemi kavramak kolaylaşır. Bu modeller yardımı ile cerrahlar bir ameliyatı ilk kez hasta üzerinde yapmadan önce canlı olmayan bir nesne üzerinde yeteneklerini pekiştirme fırsatı bulurlar(10).

Çalışmamızın amacı 3BY modellerinin eğitim materyali olarak kullanılmasının araştırılması ve bu konuda asistan hekimlerinin görüşlerinin değerlendirilmesidir. Ayrıca bu çalışmanın

ikinci amacı cerrahi tecrübelerine göre asistan hekimlerin pedikül vidası yerleşimlerini ölçmek ve öğrenme eğrisinde skolyoz cerrahisinin pratikte uygulanabileceği zaman hakkında bilgi sahibi olmaktı. Bu amaç için daha önce de novo skolyoz tanısı ile cerrahi endikasyon konulmuş bir hastanın 3B modelinden uygulama yapacak asistan hekim sayısı kadar oluşturuldu, sonrasında asistan hekimlerin bu model üzerine pedikül vidaları cerrahi olarak yerleştirildi. Uygulama sonrası katılımcılara Likert ölçeği yöntemi ile uygulanan anket sonuçları değerlendirildi. Ayrıca pedikül vidası uygulanan modellerin BT görüntülemeleri yapılarak pedikül vidası yerleşimleri değerlendirildi.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Vertebra Anatomisi

2.1.1. Vertebra Yapısı ve Görevleri

Sırt bölgesi insan vücudunda gövdenin arkasında kalan kısım olarak tanımlanır. Kafa tası bitimi ile gluteal bölge arasında sınırlanmıştır. Bu bölgedeki önemli yapılar kabaca vertebrayı oluşturan iskelet ve onun koruduğu spinal kord yapısıdır. Bu iskelet yapı sadece sinirleri korumakla kalmaz aynı zamanda üzerindeki ağırlığı alt ekstremitelere iletir.

Sırt bölgesi cilt ve cilt altı yağ doku sonrası spinal kaslar, vertebral kolon, vertebralar arası disk, faset eklemler, spinal kord, spinal sıvı (beyin omurilik sıvısı), kostalar, ve bölgenin vasküler yapılarını içerir.

Vertebra ve vertebralar arasındaki diskler toplu olarak vertebral kolonu oluşturur. Kraniumun bitiminden başlar ve koksikse kadar uzanır. Uzunluğu erişkinlerde 72-80 santimetre(cm) arasını bulur.

Bir yetişkindeki vertebral kolon bulunduğu yere göre 5 farklı bölgeye ayrılır ve toplamda 33 adet vertebradan oluşur. Bunlar proksimalden distale doğru şu şekildedir: 7 servikal, 12 torasik, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal. Bu yapılar arasında hareket yalnızca daha proksimalde yer alan 25 vertebra arasında gerçekleşir. Çünkü proksimalde bulunan vertebralar arasında intervertebral diskler bulunur ve bu vertebralar sinovyal yapıdaki zigapofizyal (faset) tipte eklem yapar. Distalde bulunan 5 sakral vertebra birleşerek sakrumu oluşturur ve 30 yaşından sonra 4 koksigeal vertebra birleşerek koksiksi oluşturur. Servikal bölgeden lomber bölgeye ilerletikçe vertebraların boyutu artar ve sakrumdan sonra yeniden küçülerek devam eder. Vertebraların bu boyutu taşıdığı yük miktarı ile ilişkilidir.

Vertebraların boyutu ve diğer özellikleri, vertebral kolonun her bir bölgesi için farklılık gösterir buna rağmen temel fonksiyonları ve yapıları benzerdir. Vertebra standart olarak gövde ark ve 7 adet çıkıntıdan meydana gelir

Vertebranın gövde kısmı daha anteriorda bulunan ve yük taşıyan silindirik yapıdır. Gövde ince bir kompakt kemik tabakası ile çevrilidir bu kompakt kemiğin iç kısmı ise vasküler, trabeküler kemikten oluşur. Trabeküler kemik erişkin bireyin en aktif hematopoietik dokularından biri olan kırmızı kemik iliği tarafından desteklenmiştir.

Vertebral ark gövde kısmının posteriorunda bulunur ve dairesel bir şekilde birleşerek spinal kanalı oluşturur. Spinal kanaldan medulla spinalis ve sinir kökleri geçer.

Vertebra çıkıntıları toplamda 7 tane ve bunlar bir spinöz proses, bir adet transvers proses ve iki süperior iki inferior yüze bakan ve faset eklemi oluşturan toplamda 4 adet olan artikular proseslerdir.

2.1.2. Bölgelerine Göre Vertebra Özellikleri

Vertebrae buldukları bölgeye göre servikal, torakal ve lomber olarak ayrılırlar. Bunlar kendi aralarında buldukları bölgelerin karakteristik özelliklerini gösterirler de aslında her birinin kendisine ait ayırıcı özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler vertebrae'nin tanımlanmasını ve sınıflandırılmalarını kolaylaştırır.

Servikal Vertebra

Servikal vertebrae boyut olarak en küçük vertebrae'dir. Toplamda 7 adet servikal vertebra bulunur. Kranium ile torakal vertebrae arasında yer alırlar. Bu vertebrae görece daha az yük taşır ve etrafındaki yumuşak doku kütlesi görece azdır. Ayrıca servikal bölümde intervertebral disklerin gövdeye oranla kalın olmaları bu bölgeye eklem hareketi açısından avantaj sağlar.

Servikal vertebrae'nin en karakteristik özellikleri transvers proseslerde bulunan foramen transversariumlardır. Vertebral arter ve ona eşlik eden venler bu foramenlerden geçer. İstisna olarak C7 vertebra forameninden vertebral arter geçmez, hatta çoğu zaman C7 vertebra'da bir foramen transversarium bulunmaz. Ayrıca C7 vertebrae'nin spinöz prosesinde ciddi bir çıkıntı mevcuttur. Topografik olarak seviye belirlemede cerraha yardımcı olur. Bu çıkıntı nedeniyle vertebra prominens olarak adlandırılır.

Servikal vertebrae'nin karakteristik özellikleri sayesinde bu bölgenin fleksiyon ve ekstansiyon kabiliyeti yüksektir ve lateral hareketlere de daha düşük oranda izin verir. Rotasyonel hareketler ise kısıtlıdır.

Atlas olarak da adlandırılan C1 vertebrae'nin ne korpusu ne de spinöz prosesi bulunmaz. Bu yuvarlak biçimli kemik, Yunan mitolojisindeki Atlas'ın dünyanın yükünü omuzlarında taşımasına benzer bir şekilde kraniumun ağırlığını lateral proseslerinde taşır.

Aksis olarak da adlandırılan C2 vertebra servikal vertebrae içinde en güçlü olanıdır. C1, C2 üzerinde dens aksis isimli çıkıntı sayesinde döner ve rotasyonel hareket sağlanmış olur. Dens aksis isimli çıkıntı C2 vertebra'ya özgü bir yapıdır.

Torakal Vertebra

Torakal vertebralar servikal ve lomber vertebralar arasında bulunur ve 12 tanedir. Kostalar ile eklem yapar bu nedenle kostal fasetler bu vertebralar için karakteristiktir

Torakal vertebralarda hareket kabiliyeti kısıtlıdır. T9-12 vertebralar geçiş zonundadır ve lomber vertebraların ve torasik vertabraların ortak özelliklerini taşırlar. Kompresyon kırıkları en çok T12 vertebralarda görülür

Lomber Vertebra

Toraks ve sakrum arasında yer alır. Lomber vertebralar toplamda 5 tanedir. Bu vertebralarda taşıdıkları ağırlık giderek arttığı için vertebra gövdeleri sakruma doğru giderek artar. Lomber vertebraların yapısı fleksiyon ve ekstansiyonu kolaylaştırır. Lateral hareketlere izin verir fakat rotasyonel hareketi kısıtlıdır.

Sakrum

İnsanda bulunan toplamda 5 adet sakral vertebranın füzyonu ile erişkin çağda sakrum oluşur. Üçgen yapısı mevcuttur. İlk yarısı ağırlık taşır ve proksimaldeki ağırlığı alt ekstremitelere iletir. Alt yarısı ağırlık taşımadığı için bu bölgenin hacmi giderek azalır.

Koksiks

Koksiks erişkin çağda rudimente 4 koksigeal vertebranın füzyonu ile oluşur. Çok fazla varyasyonu mevcut olup bir eksik veya bir fazla olabilir. Yük taşıma rol yoktur ama önemli pelvik kaslar ve ligamanlar için tutunma yeridir. Oturma sırasında bası altında kalabilir. Travma sonrası kaynamama veya angulasyon nedeniyle ciddi ağrılara sebep verebilir.

2.1.3. Vertebra Damar Anatomisi

Vertebranın kan desteği komşuluk gösterdiği büyük damarlardan çıkan dallar ile sağlanır. Vertebranın arterial desteği farklı seviyelerde farklı arterlerin dalları ile olur. Servikal vertebra vertebral arter ve asenden servikal arterin dalları ile, torakal bölge posterior interkostal arter dalları ile, abdominal bölge subcostal ve lomber arter dalları ile, pelvis bölgesinde ise iliolumbar ve sakral arter dalları ile vertebra kanlanması sağlanır.

Bu arterler ve birbirleriyle yaptığı anastomozlar periostal dalları ve vertebral kanala giden dalları verirler. Böylece vertebral yapıları ve medulla spinalisi beslerler.

Vertebranın venöz drenajı de venöz pleksuslar yardımı ile olur. Vertebra ve spinal bölgenin venöz drenajını internal vertebral venöz pleksus ve external vertebral venöz pleksus yapar. Bu pleksuslar intervertebral foraminaller yardımı ile birleşirler ve birlikte bazivertebral venlere drene olurlar.

2.2. Vertebranın Fizyolojik Şekli ve Biyomekaniği

Vertebra insan hayatında hareket, önemli organların korunması ve kas iskelet sistemi fonksiyonlarının düzenli bir şekilde sürdürülebilmesi açısından kilit rol oynar. Toplamda 33 kemikten oluşur hareket kolaylığı sağlayacak kadar esnek yapıda olmasına karşın yumuşak dokulara destek kazandıracak düzeyde de rijit bir yapısı bulunmaktadır.

Vertebraya bu özelliğini kazandıran ana elementler intervertebral disk, ligamanlar ve intervertebral eklemlerdir. Vertebradaki önemli eklemler vertebra gövdeleri arasında ve arkları arasında bulunur. Atlanto-aksiyal ve atlanto-oksipital eklemler ile kranioservikal hareket ve stabilite korunur. Kostavertebral eklemler ve sakroiliak eklemler de destek ve hareket açısından önemlidir.

2.2.1. Vertebranın Eklem Yapıları

Vertebra Gövdesi Arasındaki Eklemler

Vertebra gövdeleri arasındaki eklemler intervertebral disk ve ligamanlar tarafından desteklenir. Simfizis yapısındadır temel görevi sağlamlık ve yük taşınmasına yardım etmektir.

Vertebra gövdeleri arasında bulunan intervertebral diskler vertebral kolonun sert yapısına bir miktar esneklik katar ve toplam vertebra uzunluğunun %25 ine katkıda bulunur. Elastik yapısı sayesinde derbe sonrası şok absorpsiyonunda da görevi vardır. İntervertebral diskler merkezde bir nükleus pulposus ve onu çevreleyen anulus fibrozustan meydana gelir. Nükleus pulposusun akışkan yapısı vertebral kolonun dayanıklılığına ve esnekliğine önemli katkı sağlar. Bu yapının yaklaşık %88'i sudan meydana gelir. Fibröz bileşenlerden çok kartilaj hücreleri bulundurur ve intervertebral diskin merkezidir. Nükleusta damar yapısı bulunmaz ve beslenmesi anulus fibrozustan difüzyon ile meydana gelir.

C1 ve C2 arasında intervertebral disk bulunmaz. İntervertebral disk L5 ve S1 arasında son bulur

Unkovertebral eklem veya Luschka eklemi özellikle C3 ve C7 vertebralar arasında görülen fonksiyonu tam anlaşılmamış hücre dışı sıvı ile çevrili olan ve bu nedenle bazı otörler tarafından sinoviyal eklem olarak atfedilen yapılardır. İlerleyen yıllarda bu bölge kemik çıkıntı oluşumu ve boyun ağrısı ile ilişkilidir.

Vertebra gövdeleri arasında önde anterior longitudinal ligaman arkada ise posterior longitudinal ligaman bulunur. Anterior longitudinal ligaman daha kalın ve güçlüdür. İntervertebral ligamanlar arasında ekstensiyonu kısıtlayan tek yapıdır. Posterior longitudinal ligaman daha zayıf yapıdadır, nükleus pulposusun direkt posteriordan herniasyonunu önler. Ayrıca ağrıyı algılayan nosiseptörleri mevcuttur.

Vertebral Ark Eklemi

Vertebra arkı arasındaki eklemler faset eklem olarak da adlandırılır. Sinoviyal eklemdir. Bir eklem kapsülü ve eklem sıvısı bulunur. Eklem kapsülü servikal vertebra seviyesinde geniş eklem hareket açıklığına izin vermek için daha ince ve gevşek bir yapıdadır. Bu eklemler spinal sinirin posterior dalları tarafından innerve edilirler.

Atlanto-Oksipital Eklem

Bu eklem oksipital kemik ile atlas arasında bulunan eklemdir. Ana fonksiyonu fleksiyon ve ekstansiyon hareketi olmakla birlikte başın yanlara eğilmesine ve bir miktar rotayona da katkı sağlar. Temel görevi başın onaylama hareketinde olduğu gibi öne ve arkaya hareketidir. Kondiloid tarzda bir sinoviyal eklemdir. Eklem hareketlerine izin vermesi için ince ve gevşek tarzda bir eklem kapsülü bulunur.

Atlanto-Aksiyel Eklem

Atlas ve aksis arasında üç adet eklem bulunur. Bunlar iki adet lateral yüzeylerde ve bir adet C2'nin dens aksisi ile C1 in anterior arkı arasındadır. Bu eklemin temel görevi de "hayır" hareketinde olduğu gibi başın her iki tarafa rotasyonunu sağlamaktır.

2.2.2. Vertebral Kolonun Hareketi

Vertebral kolonun hareketi vertebranın bölümlerine göre farklılık gösterir. Ayrıca bu hareketler kişiler arasında, yaşa bağlı ve kişinin esnekliği, mesleği ve hobilerine göre farklılık

gösterebilir. Ortalama bir insanın ergenlik döneminden yaşlılığına kadar eklem hareketi yaklaşık %50 oranında azalır.

Vertebranın temel hareket kabiliyeti fleksiyon, ekstansiyon, lateral fleksiyon ve ekstansiyon ile rotasyondur.

Bu hareketlerin ne oranda yapıldığı kişiden kişiye değişir ve hareketi kısıtlayan bazı yapısal özellikler vardır. Bunlar sırası ile intervertebral disklerin kalınlığı, elastikiyeti ve sıkışma miktarı, faset eklemlerin şekli ve dizilimi, faset eklemlerin kapsül gerilimi, vertebrayı çevreleyen diğer destek dokularının direnci, sırt kaları ve ligamanların direnci, toraksla ve kotlarla olan bağlantıdır.

Vertebral kolonun hareketi servikal ve lomber bölgede daha fazladır. Özellikle servikal bölge hareketin en fazla olduğu bölgedir.

2.2.3. Vertebral Kolonun Fizyolojik Eğrilikleri

Vertebral kolonun servikal, lomber, torokal ve sakral bölgede kendine has eğrilikleri mevcuttur. Servikal ve lomber bölgede anteriora doğru konkav olan bu eğrilikler lordoz olarak isimlendirilir. Torokal ve sakral bölgede ise posteriora konkavdır ve kifoz olarak isimlendirilir.

Embriyonik gelişim sürecinde fetal hayatta vertebral kolon C harfi şeklindedir ve doğal bir kifoz görünümü tüm vertebrada mevcuttur. Bu yüzden torokal ve sakral kifozlar birinci dereceden eğriliklerdir. Servikal ve lomber lordoz yenidoğan ve çocukluk döneminde ayağa kalkma ile şekillendiği için lordozlar ikinci derece eğrilikler olarak adlandırılırlar.

Vertebral kolonun bu eğrilikleri IV diklerle birlikte yükün dengeli şekilde dağılması ve absorbe edilmesinde önemlidir.

Vertebral kolonun eğrilikleri ayrıca abdominal fleksörler ve sırt kasları tarafından dengelenmeye çalışılır. Kişinin postürü ve hareketleri vertebral kolon şekillenmesinde rol oynar

2.3. Skolyoz Tanımı ve Sınıflandırması

Erişkin dejeneratif skolyoz (EDS), erişkin çağda görülen 10 derecenin üzerindeki bir Cobb açısına sahip koronal düzlemdeki omurga deformitesi olarak tanımlanmaktadır. Dejeneratif (de novo) skolyoz, önceden mevcut spinal deformite olmadan yaşlılıkta dejeneratif hasar yoluyla ortaya çıkan bir deformitedir.(11,12) Asimetrik disk çökmesi ve faset dejenerasyonu ile daha

sonra lateral ve rotasyonel listezis ile geliştiği düşünülmektedir. Lomber lordoz kaybı ile giden sagittal plan deformitesi ile kötü klinik korelasyonu mevcuttur.(13)

De novo skolyoz hastaları genellikle ilerleyici bel ağrısı ve radikülopati veya nörojenik topallama olarak ortaya çıkabilen semptomatik lomber stenoz ile hastaneye başvururlar. Daha sonraki aşamalarda, hastalar ilerleyici klinik deformite ve sagittal dengesizlik semptomları gösterebilir. Çok faktörlü patofizyoloji ve klinik bulgular nedeniyle, bu hastalığın tedavisi genellikle karmaşık ve hastaya özgüdür. Birçok hasta, fizik tedavi, kilo verme programları, analjezikler ve enjeksiyon dahil olmak üzere çeşitli ameliyat dışı tedavi yöntemleriyle yıllarca takip edilebilir.(13,14)

Cerrahi müdahale, basit dekompresyon ve laminektominin yanı sıra proksimal torasik vertebradan pelvise kadar uzanan füzyonlara kadar geniş ölçüde değişebilir. Bu tür prosedürler oldukça invaziv ve uzundur. Nispeten yüksek kan kaybı nedeniyle ciddi komplikasyonlarla sonuçlanabilir. Bununla birlikte, cerrahi teknikteki son gelişmeler, nörofizyolojik izleme ve perioperatif planlama ile komplikasyonlar önemli ölçüde azaltılabilir.(13,14)

Literatürde erişkin dejeneratif skolyoz hastaları için geliştirilen çeşitli sınıflandırma sistemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları: Aebi sınıflaması, Schwab sınıflaması ve Scoliosis Research Society sınıflamasıdır.

Bunların yanı sıra Faldini sınıflaması oluşan deformitenin klinik özelliklerini açıklar ve cerrahi planlamada kullanılması oldukça yararlıdır. Cerrahi stratejilerin önceden planlanmasına olanak sağlar(11)

Erişkin skolyozu için sınıflandırma sistemleri henüz çok yakın zamanda ortaya çıkmıştır ve bu sistemlerin birçoğunun klinik ve cerrahi korelasyonlarını değerlendirmek için ileri çalışmalar gereklidir. Sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesi hastaları farklı sınıflara ayırma ve tanımlanmalarını kolaylaştırmasının yanında cerrahi endikasyonların ve zamanlamalarının da gelişmesini sağlar.(11,15)

Aebi Sınıflaması

EDS'nin Aebi sınıflandırma sistemi (Tablo 1) son yıllarda artan bir popülerlik kazanmıştır. Deformitenin nedenlerine göre ayrılan dört gruptan (tip I, II, IIIa ve IIIb) oluşur. Basit bir sınıflamadır kolay anımsanabilir ve etiyojijiyi ortaya koyar fakat cerrahi planlama için kullanılmaya elverişli değildir. (11,12)

Tip I eğrilikler, vertebranın disk veya faset eklem artritisi zemininde birinci derece dejeneratif skolyozdur. Bunlara "de novo" skolyoz ya da "diskojenik skolyoz" da denir. Tepe noktası genellikle L2 ve L4 arasındadır. Tip I eğriliklerin önemli özelliklerinde birisi de santral veya foraminal spinal stenozun eşlik etmesidir.(11)

Tip II eğrilikleri, çocukluk döneminde başlayan önceden stabil seyreden idiyopatik skolyozun yetişkinlikte ilerlemesi veya rastlantısal olarak tanı alınmasıyla görülür. Bu eğriliklerde sekonder dejenerasyon ve dizilim kaybı sık görülür. Genellikle lomber bölgenin sagittal ve frontal planlarında belirgin bir dejenerasyon ve deformite mevcuttur. Sagittal deformite fizyolojik lordozun kaybı ile kendini gösterir.(11)

Tip III eğrilikler sekonder gelişirler ve iki alt gruba ayrılır. Tip IIIa eğrilikler, daha önce yapılan bir füzyona komşu torasik veya torakolomber eğrilik, nöromusküler hastalık, konjenital skolyoz, bacak uzunluğundaki eşitsizlik sonucu oluşan pelvik oblikliğe bağlı eğrilikler gibi vertebranın dışında yer alan sorunlara bağlı oluşurlar.(11)

Tip IIIb, asimetrik segmental dejenerasyon ile birlikte kemik metabolizmasındaki bozukluktan (osteoporoz) kaynaklanan deformiteleri içerir. (11)

Tablo 1 Aebi Skolyoz Sınıflama sistemi

<i>Eğrilik Tipi</i>	<i>Klinik bulgu</i>
<i>Tip 1</i>	Asimetrik dejeneratif diskopatiye bağlı “de novo” skolyoz. Spinal stenoz santral foraminal veya karma tipte olabilir
<i>Tip 2</i>	Çocukluk çağında görülen stabil idiyopatik skolyozun erişkinlikte progrese olmasıyla görülür. Sekonder dejenerasyonlar eşlik edebilir
<i>Tip 3a</i>	Vertabrayla ilişkili veya vertebra komşuluğundaki hastalıklara bağlı olan eğrilikler
<i>Tip 3b</i>	Metabolik kemik hastalıklarına bağlı veya kemik yapısındaki zayıflıktan kaynaklanan deformiteler

Schwab Sınıflaması

Schwab sınıflandırması, omurga deformitesi olan 947 erişkin hastadan oluşan çok merkezli, prospektif, klinik bir seriye dayanmaktadır. Sınıflandırmada dikkate alınan en faydalı parametreler deformite apeksinin seviyesi, lordoz miktarı ve intervertebral subluksasyondur. Bu sınıflandırmada hastalar, deformitenin apikal düzeyine göre 5 farklı gruba (I-V) ayrılır. Lomber lordozunun derecesine göre A,B,C olmak üzere üçe ayrılır. Ayrıca, koronal veya sagittal düzlemde omurganın herhangi bir seviyesinde intervertebral subluksasyonun varlığı da dikkate alınır.(16,17)

Tablo 2 Schwab Erişkin Deformite Sınıflaması

Sınıflama	Radyolojik Değerlendirme
Tip	
I	Sadece torasik deformite
II	Üst torasik deformite, apeks T4-T8
III	Alt torasik deformite, apeks T9-T10
IV	Torokolomber deformite, apeks T11-L1
V	Lomber deformite, apeks L2-L4
Lomber Lordoz	
A	Belirgin lordoz (>40 derece)
B	İlımlı lordoz (0-40 derece)
C	Lordoz yok (Cobb açısı > 0 derece)
Subluksasyon	
0	Subluksasyon yok
+	Minimal subluksasyon 1-6 mm
++	Belirgin subluksasyon >7 mm

Scoliosis Research Society Sınıflaması

Scoliosis Research Society (SRS) Erişkin Deformite Sınıflandırma sistemi, omurga deformitesi olan hastaların doğru ve düzenli bir şekilde sınıflandırılmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Bu sınıflandırmanın ana amacı hem de novo skolyozu hem de yetişkin idiyopatik skolyozu dahil ederek erişkin spinal deformitesi için güvenilir bir radyografik sınıflandırma sistemi kullanarak EDS'li hastalar için tedavi ve sonuçların en doğru şekilde karşılaştırmasını sağlamaktır.(15)

Bu sınıflandırma bölgesel deformiteyi ve deformite içindeki fokal dejeneratif değişiklikleri analiz etmek için koronal ve sagittal planları içeren ayakta tam boy radyografileri (skolyoz grafileri) kullanır. Ayrıca sagittal deformitenin gelişiminde Scheuermann kifoza, travma, kas tonusu kaybı ve osteoporoz gibi bir patolojinin varlığının değerlendirilmesini içerir.

Majör eğrilik tipleri altı alt tipe ayrılır: (1) tek torasik, (2) çift torasik, (3) çift majör, (4) üçlü majör, (5) torakolomber ve (6) lomber "de novo"

Bölgesel kifoz veya kifolordozun klinik prezentasyon ve cerrahi stratejiler üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak eklenen sagittal deformite seviyesini belirten bir sınıflama kriteri mevcuttur.(15)

Bir diğerk değerkendirme kriteri lomber dejenerasyon derecesidir. Bu, disk alanı daralması, faset artropatisi, dejeneratif spondilolistezis veya herhangi bir düzlemde 3 mm veya daha fazla rotator sublüksasyon kanıtı varsa kullanılır.(15)

Global denge C7 vertebranın koronal ve sagittal plandaki konumuna göre yapılır.

2.3.1. Deformite Oluşum Patogenezi

Erişkin de novo skolyozda yumuşak doku yapılarının yaşa bağılı ilerleyici dejenerasyonu meydana gelir. Vakaların çoğunda, dejeneratif lomber deformite 1 veya 2 seviyeyi etkiler bölgesel olma eğilimindedir.

Progresif disk dejenerasyonu ve proteoglikan içeriğinin kaybı hem disk yüksekliğinin hem de destek fonksiyonunun kaybına neden olur. Eklemlerde skleroz ve osteofit oluşumu (örn., spondiloz) temas yüzeyinin artmasına ve dejenerasyonun hızlanmasına neden olabilir. Disk yükseklik kaybı, faset eklemlerde artan stres ve anormal hareket fizyolojik yükleri arka kolona doğru kaydırabilir. Bu, eklemlerin sinovyal yüzeylerinde dejenerasyon, faset hipertrofisi, kapsül dejenerasyonu ve ligament hipertrofisi, yani faset artropatisi ile deformiteye neden olur.(18)

Erişkin dejeneratif skolyozda dejeneratif sürecin tek patoloji olmadığını vurgulamak önemlidir. Tüm dejeneratif durumlarda genel spinal dizilimi dikkate almak önemlidir. Tek seviyeye müdahale edilerek sunulan cerrahi çözüm genellikle spinal dizilimde başka bir sorun yaratabilir. Örneğin lomber stenoz için basit bir laminektomi, nörojenik topallama tedavisinde oldukça etkili olabilir. Ancak laminektomi skolyozun apeksinden yapılırsa, o skolyozun ilerleme riski artar, dolayısıyla gelecekte önemli bir rekonstrüksiyona ihtiyaç duyulma olasılığı artar. Bu nedenle, dejeneratif patoloji tek başına değerlendirilmemeli, komşu seviyeler ve genel spinal dizilim de dikkate alınmalıdır. (13)

2.3.2. Klinik Bulgular

Erişkin skolyoz popülasyonundaki en yaygın başvuru, bu hastaların yaklaşık %90'ında birincil yakınma olan ağrıdır. Bu hastaların çoğunda, genellikle kas yorgunluğu ve spazmdan kaynaklanan bel ağrısı vardır. Faset dejenerasyonu da bu popülasyonda bel ağrısına neden

olabilir ve bu durum floroskopi kılavuzlu faset enjeksiyonları ile anlaşılabilir. Dejenerasyonun karakteristiği olan asimetrik disk alanı çökmesi ve faset dejenerasyonu nedeniyle sinir kökü basısı ve semptomatik radikülopati erişkin skolyozu olan hastalarda da oldukça yaygındır ve bildirilen insidansı %47-78'dir. Yüksek ağrı insidansı nedeniyle hastaların tek başına klinik veya kozmetik deformite ile başvurusu nadirdir. (13,19)

2.3.3. Radyolojik Değerlendirme

Ayakta ön-arka ve yan 36 inçlik kaset ile spinal radyografiler (skolyoz röntgenleri), spinal deformitesi olan hastaların değerlendirilmesinde radyolojik altın standart yöntemdir. Bu filmler her zaman vertebranın tamamını ve her iki femur başını içermelidir. Baş pozisyonu ve kraniyal ağırlık merkezi spinal dengenin daha güvenilir belirteçleri olarak gösterildiğinden, görüntüler kafatasının tabanını da içermelidir. Deformitenin üst ve alt sınırları belirlenip Cobb yöntemi kullanılarak deformite derecesi ölçülür. Genel koronal ve sagittal spinal dizilim ve denge, sırasıyla sakral vertikal çizgi ve sagittal vertikal eksen (C7 hattı üzerinden) ölçülerek değerlendirilmelidir. Lomber lordoz, pelvik insidans ve pelvik tilt de değerlendirilmelidir. (20,21)

Prone, yana eğilme ve traksiyon radyografileri gibi diğer filmler de deformitenin esneklik derecesini ve dizilimi düzeltmek için hangi cerrahi tekniklerin gerekli olacağını belirleyebilir. Silva ve Lenke deformite esnekliğini 3 kategoriye ayırmıştır: (A) esnek, (B) sert ve (C) sıkışmış/kaynaşmış. Esnek deformitelerin pasif olarak en az %50 oranında düzeleceğini ve dolayısıyla bir osteotomi gerektirmeyeceğini savunmaktadırlar. Sert deformiteler (B), görüntüleme %25-%50 oranında düzeltir. Bu hastalar Smith-Petersen veya arka kolon osteotomilerine veya bazı durumlarda 3 kolonlu osteotomiye ihtiyaç duyar. Sıkışmış/kaynaşmış deformiteler (C) görüntüleme hareket etmez ve hemen her zaman 3 kolonlu bir osteotomi gerektirecektir.(22)

Nörolojik semptomları olan hastalarda, santral veya foraminal darlığı değerlendirmek için manyetik rezonans görüntüleme (MRI) veya postmiyelogram bilgisayarlı tomografi (BT) gereklidir. Kontrastsız BT taramaları, kemik yapıları değerlendirmek ve cerrahi planlama için gereklidir.

2.4. Skolyoz tedavisi

2.4.1. Konservatif Tedavi

Belirgin bir nörolojik kötüleşme olmadığında, birçok cerrah ameliyatsız tedavi yöntemleri ile tedaviye başlar. Bu tipik olarak nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçlar, kas gevşeticiler, merkez bölge güçlendirme, postural eğitim ve havuz temelli terapilere odaklanan bir egzersiz rejimi ile başlar. Birçok hasta, ağrı kronikleştiğinde ek olarak narkotik analjezikler ve nöroleptik ilaçlara ihtiyaç duyar.(23) Ortezler, ağrıyı geçici olarak hafifletmeye yardımcı olabilir, ancak yetişkin popülasyonda deformitenin ilerlemesini önlediği gösterilmemiştir. Ayrıca, uzun süreli ortez kullanımı, paraspinal kas yapısının bozulmasına ve genel olarak deformite ve semptomların kötüleşmesine neden olabilir.(24)

Transforaminal epidural enjeksiyonlar ve seçici sinir kökü bloklarının herhangi biriyle ağrının giderilmesi sadece hastanın semptomlarını tedavi etmekle kalmaz, aynı zamanda ilgili sinir kökü tutulumunun tanısının koyulmasını sağlar.

Konservatif önlemlerden cerrahi müdahaleye geçiş kararı oldukça karmaşık ve hastaya özgüdür. Düzeltici cerrahi, özellikle yaşlı hastalarda önemli bir risk profili taşır ve maliyetlidir.

2.4.2. Cerrahi Tedavi

Ağrı, subjektif bir yaşam kalitesi ölçüsüdür. Çoğu hasta, daha önce açıklanan ameliyat dışı tedavi rejimlerinden (analjezikler, denetimli terapi/egzersiz rejimleri, enjeksiyonlar, vb.) fayda görür. Konservatif tedaviye rağmen, bir hastanın yaşam kalitesi, dejeneratif skolyoz nedeniyle sırt veya bacak ağrısından önemli ölçüde etkileniyorsa, cerrahi müdahale düşünülmelidir.

Dejeneratif değişikliklere ve skolyozun yarattığı dizilim bozukluğuna bağlı spinal kanal veya nöroforaminal stenoz nörolojik defisitlerle sonuçlanacak kadar ciddi hale gelebilir. Bu gibi durumlarda, cerrahi müdahale çoğu zaman gereklidir. Radiküler bası, güçsüzlük ve nörojenik topallama gibi semptomların erişkin de novo skolyozu olan hastalarda cerrahi müdahaleye yönelmenin esas belirleyicisi olduğu gösterilmiştir.(25)

Dejeneratif skolyoz ilerlemesinin patogenezinin asimetrik disk ve faset dejenerasyonundan kaynaklanan rotasyonel bir instabilite olduğu düşünülür. Vücut ağırlığından ve günlük aktivitelerden kaynaklanan sürekli stresin deformitenin ilerlemeyle sonuçlanabileceği sonucu

çıkarak. Yılda ortalama 3 dereceye kadar olan artışın semptomatik bir problem yaratmadığı çalışmalar ile gösterilmiştir. Bu hasta popülasyonunda bu tür yavaş ilerleme alışılmadık bir durum değildir ve nadiren kendi başına bir cerrahi endikasyondur. Bununla birlikte, atipik oranlarda ilerleyen deformateler için daha yakın takip ve erken cerrahi müdahale gerekir.(24,26)

Dejeneratif skolyoz hastalarının büyük bir kısmında ileri yaş ve tıbbi komorbiditeler mevcuttur. Hastanın genel durumu göz önüne alındığında, bazı ekoller deformateli tedavi etmek yerine lokal problemin dekompresyon veya kısa segmentli füzyonlar ile tedavisinin sonuçlarını araştırmıştır, özellikle de hastanın semptomlarının izole bir radikülopati olduğu durumlarda dekompresyonun uygun olabileceği öne sürülmüştür, sagittal düzlemde dengede olan orta dereceli deformateleri olan hastalarda fokal dekompresyon ve kısa segment füzyonun uygun olabileceği öne sürülmüştür.(27)

Karşıt görüşteki cerrahlar da dekompresif prosedürlerin, özellikle deformateli apeksinde veya yakınında yapılırsa, iyatrojenik bir instabiliteye ve işlem sonucunda deformatenin ilerlemesine neden olabileceğini savunmaktadır.(28,29) Bu nedenle komşu segment dejenerasyonun uzun segment füzyonlarda kısa segment füzyonlara oranla daha düşük olduğu ve daha agresif insizyonlarla uzun segment füzyonların yapılması önerilmiştir.(30)

2.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi

Bir üç boyutlu yazıcı nesnesi oluşturmak için, genellikle BT veya MR ile görüntüleme verileri elde edilir ve Tıpta Veri Görüntüleme ve İletişim (DICOM- Data Imaging and Communications in Medicine) dosya formatında kaydedilir. Veriler, dijital bilgisayar destekli tasarım (CAD-computer aided design) modeli oluşturmak için 3B modelleme yazılımı tarafından işlenir. Bu yazılımlar birbirinden farklılık gösterirler. Görüntülemeler sonucu alınan ve yazılım tarafından işlenen veriler son olarak Standart Mozaik Dili (STL- Standard Tessellation Language) dosyası olarak kaydedilir. Segmentasyon adımı ile yazılım yardımı kullanılarak basılmak istenilen anatomik alanların çevre yumuşak dokulardan ayrıştırılması ve izole edilmesi gerçekleştirilir. Sonuç olarak 3B yazıcı tarafından okunabilen STL dosyası, üretim için bir yazıcıya aktarılır.(31)

Zaman, maliyet ve öğrenme eğrisindeki güçlükler nedeniyle 3B yazıcı teknolojisi henüz beklenen düzeye gelmemiştir. Basım süreleri ve maliyetler kullanılan yöntem, kullanılan materyale, basılacak materyalin büyüklüğüne göre farklılık göstermektedir(32). Materyal basım süresine DICOM verilerinin eklenmesi ve 3B materyalin desteklerinin sökülmesi de eklendiğinde bir ürün için yaklaşık 1 haftalık bir bekleme süresi oluşabilmektedir. Martelli ve

ark. (2016), 3DP modeli kullanılarak herhangi bir ameliyat türünde kazanılan 10 dakikanın, 1 saatlik üretim maliyeti/süresi değerinde olduğunu tahmin etmiştir(33).

Üç boyutlu model oluşturma sürecinde, segmentasyonun nasıl yapılacağına karar verilmesi, hangi yazıcı ve hangi materyalin kullanılacağı ve bunların yazılımsal olarak yönetilmesi öğrenme eğrisini zorlaştıran faktörlerdir.

Basım sürecinde meydana gelen teknik aksaklıklar ve buna bağlı olarak da basımın bir noktada duraklaması bazen modelin bozulmasına ve basım sürecinin yeniden başlamasına yol açmaktadır. Bu da basım sürelerini uzatan bir diğer faktördür.

2.5.1. Üç Boyutlu Yazıcı Çeşitleri

Fused Deposition Modeling (FDM)

FDM, termoplastik veya kompozit filamanların yarı erimiş bir duruma kadar ısıtıldığı ve daha sonra bilgisayar kontrollü bir enjektörden salınarak oluşturulan ekstrüzyon tabanlı bir tekniktir. FDM'nin avantajları ve sınırlılıkları halen tartışmalıdır (34,35). Liu ve ark. (2005), FDM tekniği ile, ameliyattan önce uygun şekilde sterilize edilebilen modeller oluşturulabileceğini bildirdi(35). Ancak daha yakın bir zamanda, Garg & Mehta (2018), FDM'nin tekniğinin hızlı ve ucuz olmasına rağmen, basılan materyalin doğruluk payının diğer yöntemlere göre daha düşük olduğunu ve kullanılan malzemelerin ameliyat öncesi sterilizasyonla ilgili sorunları olduğunu bildirmiştir (36). Sonuç olarak, yazarlar FDM'nin sadece ameliyat öncesi kullanılmasını önermektedir. Şu anda, FDM'nin intraoperatif olarak kullanılıp kullanılmayacağı belirsizdir.

Toz Bazlı Baskı (SLS, SLM, EBM, DMLS)

Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering-SLS), Seçici Lazer Eritme (Selective Laser Melting-SLM), Elektron Işınıyla Eritme (Electron Beam Melting-EBM), ve Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (Direct Metal Laser Sintering-DMLS) toz bazlı baskı türleridir. Çalışma mekanizması toz halindeki materyali yüksek ısıda lazer yardımı ile eriterek model oluşturmak şeklindedir. Bu yöntemler ile genellikle metal alaşımları ve seramikler yoğun olarak kullanılır. Birbirleri arasında çeşitli farkları olmakla birlikte daha küçük materyaller daha büyük doğruluk payı ile basılabilir. Omurga cerrahisinde, intraoperatif cihaz geliştirme için ağırlıklı olarak SLM, EBM ve DMLS yazdırma yöntemleri kullanılır.(37)

Stereolitografi (SLA)

SLA, bir lazer ışınının ışıkla sertleştirilebilir bir sıvı reçine tankına yansıtılmasıyla oluşturulan ve polimerizasyona dayalı bir baskı türüdür. Reçine, 3B yapı tamamlanana kadar sıvıdan katı polimere dönüştürülür (fotopolimerizasyon). SLA, patent alan ilk 3BY teknolojisi ve çeşitli tıbbi alanlarda yaygın olarak kullanılıyor. Bu yöntemin yapı maddesi diğerlerine göre nispeten daha pahalıdır.

2.5.2. Üç Boyutlu Yazıcının Güncel Kullanım Alanları

Üç boyutlu modellerin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu güncel kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

- Hasta eğitimi
- Cerrahi ekibin eğitimi,
- Operasyon öncesi oluşturulan model ile planlama
- Operasyon sırasında kullanılan kılavuzlar
- Kişiye özel implantlar (38–41)

Hasta Eğitimi

Üç boyutlu modeller, hastanın operasyonu veya patolojiyi algılamasını kolaylaştırır ve hasta hekim iletişimini geliştirmek için kullanılabilir. Hastaların kendilerine daha soyut gelen kavramları canlandırmalarına ve görsel algı ile pekiştirmelerine yardımcı olur. Bu nedenle, hasta ve hasta yakınlarının cerrahi prosedürü daha iyi anlamaları sağlanabilir(42). D'Urso ve ark. (1999) bu konudaki ilk çalışmaları yapmış, üç boyutlu yazıcı ile bilgilendirilen hastaları bilgilendirme öncesi ve sonrası ankete tabi tutarak model kullanımı ile hastalarının hastalık ve cerrahi işlem hakkındaki bilgisinde önemli bir artış olduğunu ortaya koymuştur(43,44).

Asistan Doktor ve Cerrahi Ekibin Eğitimi

3DP modellerinin asistan ve tıp öğrencisi eğitimine katkıları bazı yayınlar ile gösterilmiştir. Kadavra örnekleri ile karşılaştırıldığında maliyet, depolama ve etik alanlarda üstünlüğü mevcuttur(31,39). Li ve ark. (2015), 3B omurga modellerini kullanarak ilk randomize çalışmayı gerçekleştirdi(45). Çalışmada 3B omurga kırığı modellerine erişimi olan tıp öğrencilerinin, yalnızca geleneksel görüntüleme verilerini kullanan öğrencilere kıyasla daha yüksek puan

aldıkları bildirildi. Wu ve ark. (2018) da 3B omurga kırığı modeliyle çalışan öğrencilerin daha iyi puanlar aldığını açıkladı (46). 3DP modellerinin öğrenme aracı olarak tamamen kadavraların yerini alıp alamayacağı şu anda belirsizliğini korumaktadır. Kadavraların eğitimde altın standart olmasına rağmen maliyetleri düşürmek ve nadir bulunan materyallerden yeterli sayıda oluşturabilmek için 3B modeller tamamlayıcı eğitim materyali olarak kullanılabilir(41).

3DP modelleri, kursiyerler için cerrahi simülasyonlara da yardımcı olabilir. Park ve ark. (2018), serbest pedikül vidası uygulaması için 3B modellerin eğitim materyali olarak kullanılmasını incelemiştir. Bu modellerin eğitim materyali olarak kullanılması pedikül korteks perforasyonlarının azalmasını ve cerrahi tekniğin hızlanmasını sağlamıştır(47). Bu tür eğitim egzersizleri, genç asistanların ameliyathaneye girmeden önce zorlu tekniklere erken maruz kalmalarını sağlamak için uzmanlık programlarına dahil edilebilir.

Mevcut hali ile yumuşak dokuyu taklit etmedeki yetersizliği ve kemik hissiyatının da yeterince gerçekçi olmaması yönünde çalışmalar olsa da gelecekteki çalışmalar 3BY teknolojisinin gelişmesine ışık tutacaktır(37).

Cerrahi Öncesi Hazırlık

3BY ile oluşturulan model, cerrahi ekibin koyduğu tanıyı yeniden gözden geçirmesine ve operasyonun planını yapmasına yardımcı olur. Ortopedide 3BY modellerin ameliyat öncesi kullanımı, ameliyat sürelerinin azalması, kan kaybının azalması, anestezi kullanımının azalması gibi faydalar sunar ayrıca cerrahi stratejide değişikliklere neden olabilir(37).

Ameliyat öncesi 3DP modelleme, omurga cerrahisi için özellikle karmaşık anatomilerde ve komplike vakalarda yardımcı olabilir. Izat ve ark. (2007), spinal deformite ve tümör hastalarında 3BY modelleri ile cerrahi öncesi planlamanın anatomik detayların kavranmasını kolaylaştırdığını, intraoperatif süreyi azalttığını ve cerrahların enstrüman implantasyonu stratejisini etkilediğini gösterdi(48).

Operasyon Sırasında Kullanım

Spinal deformite tedavisinde Cobb açısının 70 derecenin büyük olduğu esnekliğin yüzde 30'dan az olduğu durumlarda deformitenin düzeltilmesi çeşitli komplikasyonlara yol açabilir. Bunlar omurilik yaralanması, sinir kökü yaralanması, arter yaralanması gibi komplikasyonlardır. Bu

komplikasyonların ana nedenlerinden biri pedikül vidalarının yanlış yerleştirilmesidir ve yanlış yerleştirilmiş vida oranı ortalama %29,1' olarak hesaplanmıştır(49,50).

Sonuç olarak, 3BY klavuz şablonları, serbest el tekniğine kıyasla pedikül vida yerleştirme doğruluğunu önemli ölçüde artırabilir, operasyon süresini ve kan kaybını azaltabilir. Özellikle kompleks spinal deformitelerde bu klavuzların önemi artmaktadır. Bu klavuzların kullanımıyla ilgili daha kesin veriler için prospektif randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır(51).

2.5.3. Üç Boyutlu Yazıcı Modellerini Kullanmanın Avantajları

Asistanlar veya omurga cerrahisinde eğitim almak isteyen uzmanlar için, üç boyutlu modeller gerçek hastalar üzerinde ameliyat yapmadan önce pratik yapma şansı tanır. Bu durum da herhangi bir cerrahi tekniğin öğrenme eğrisini azaltabilir. Cerrahi eğitimcilerin standart bir eğitim programı oluşturmasına ve kursiyerler arasında edinilen ameliyat becerilerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesine yardımcı olacak tutarlı özelliklere sahiptir. (52)

Anatomik araştırmalarda 3 boyutlu baskılı anatomik model kullanmanın avantajları şunlardır:

- Morfolojik yapı olarak vertebranın osseöz komponentine benzerlik mevcuttur
- Fiyatlandırmasının yerine kullanılacak yöntemlere göre daha ucuzdur
- BT veya MR verileri ile istenilen modeli çalışma fırsatı vardır
- Aynı türden farklı sayıda model oluşturulabilir
- Kadavra örneği kullanmanın etik problemlerini içermez
- Kadavra örnekleri gibi sınırlı sayıda örnek değil istenilen kadar model oluşturulabilir
- Kadavra başışı oranının düşük olduğu ülkelerde ulaşılabilir bir alternatiftir
- Kadavradaki gibi özel solüsyonlar ve saklama alanı gerekmez(52)

2.5.4. Üç Boyutlu Yazıcı Modellerini Kullanmanın Dezavantajları

Bununla birlikte, 3 boyutlu baskılı modeller, yumuşak doku (sinir, damar) yerleşimini doğru şekilde simüle edemez. Bu nedenle hala daha kadavra örneğine dayalı eğitim altın standart program olarak kabul edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.(52)

Ayrıca her ne kadar üç boyutlu modellerin maliyeti kadavradan daha ucuz olsa da 3B model ve hastaya özel üretilen şablonların hazırlanması ve bunların basılmasının bazı zorlukları vardır. İşlem, modellerin hacmine ve kullanılan makineye bağlı olarak 2 saat ila 2 gün arasında

sürebilir. Cerrahi plan için 3B baskı malzemelerinin fiyatı son yıllarda önemli ölçüde düşmüş olsa bile, ekipman ve şablonu oluşturmak için gerekli personel maliyetleri dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, 3B model şablonunu bireysel olarak tasarlamak için bir yazılım desteğine ve bunu doğru şekilde kullanabilmek için de uzun bir öğrenme eğrisine ihtiyaç vardır.(52)

Ayrıca 3B modelleri intraoperatif guide olarak kullanmak için şablonun yüzeyinin arka omur yüzeyi ile iyi bir uyum içinde olması gerekir; bu nedenle arka elemanların etrafındaki yumuşak doku tamamen diseke edilmelidir. Bu da kanama miktarını ve yumuşak doku komplikasyonlarını arttırabilir.(52)



3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamız deneysel bir çalışma olarak planlandı. Ege Üniversitesi Tıbbi Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı alındı (Onay No: 22-4.1T/48). Çalışmamıza 2022-2023 yılları arasında Ege Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda çalışmakta olan uzmanlık öğrencileri dahil edildi.

Cerrahi için seçilen bir model üzerinden asistanların pedikül vidası kabiliyetlerini geliştirmek ve ölçmek planlandı, dekompresyon veya farklı bir cerrahi teknik uygulanmadı, tüm asistan hekimlere uygulama öncesi tecrübeli bir spinal cerrah tarafından sunum yapıldı, cerrahi prensipler ve pedikül vidasının uygulanması anlatıldı. Aynı çapta fakat farklı boylarda pedikül vidası seçenekleri sunuldu.

Her asistan daha önceden hazırlanan de novo lomber skolyoz modeline toplamda 5 seviye için 10 adet pedikül vidası uygulaması gerçekleştirdi. Uygulama sonrası asistan hekimlere yapılan anket ile modelin ve uygulamanın değerlendirilmesi istendi. Ayrıca cerrahi uygulama yapılan modellerin BT görüntülemeleri yapılarak pedikül vidalarının yerleşimi değerlendirildi.

Çalışmamıza dahil edilmiş olan 20 uzmanlık öğrencisi Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi A.D'da çalışmaktadır. Bu hekimlerden hiç biri daha önce birinci cerrah olarak vertebra ameliyatı yapmamıştır. Pedikül vidalarının değerlendirme aşamasında asistan hekimler cerrahi kıdem yıllarına göre 3 yıldan daha kısa süredir çalışmakta olanlar ile 3 yıl ve daha fazla süredir çalışmakta olanlar olarak 2 farklı gruba ayrılmışlardır. 3. Yılım seçilmesindeki ana sebep üç yıl altındaki asistan hekimlerin ameliyatlara birinci cerrah olarak katılmayıp 2. Cerrah olarak destek vermesidir. 3 yıl ve üzerindeki uzmanlık öğrencileri ise bir öğretim üyesinin gözetiminde diğer ortopedik müdahaleleri birinci cerrah olarak gerçekleştirmektedir.



Resim 1 Katılımcılara tecrübeli bir cerrah tarafından uygulama basamaklarının aktarılması

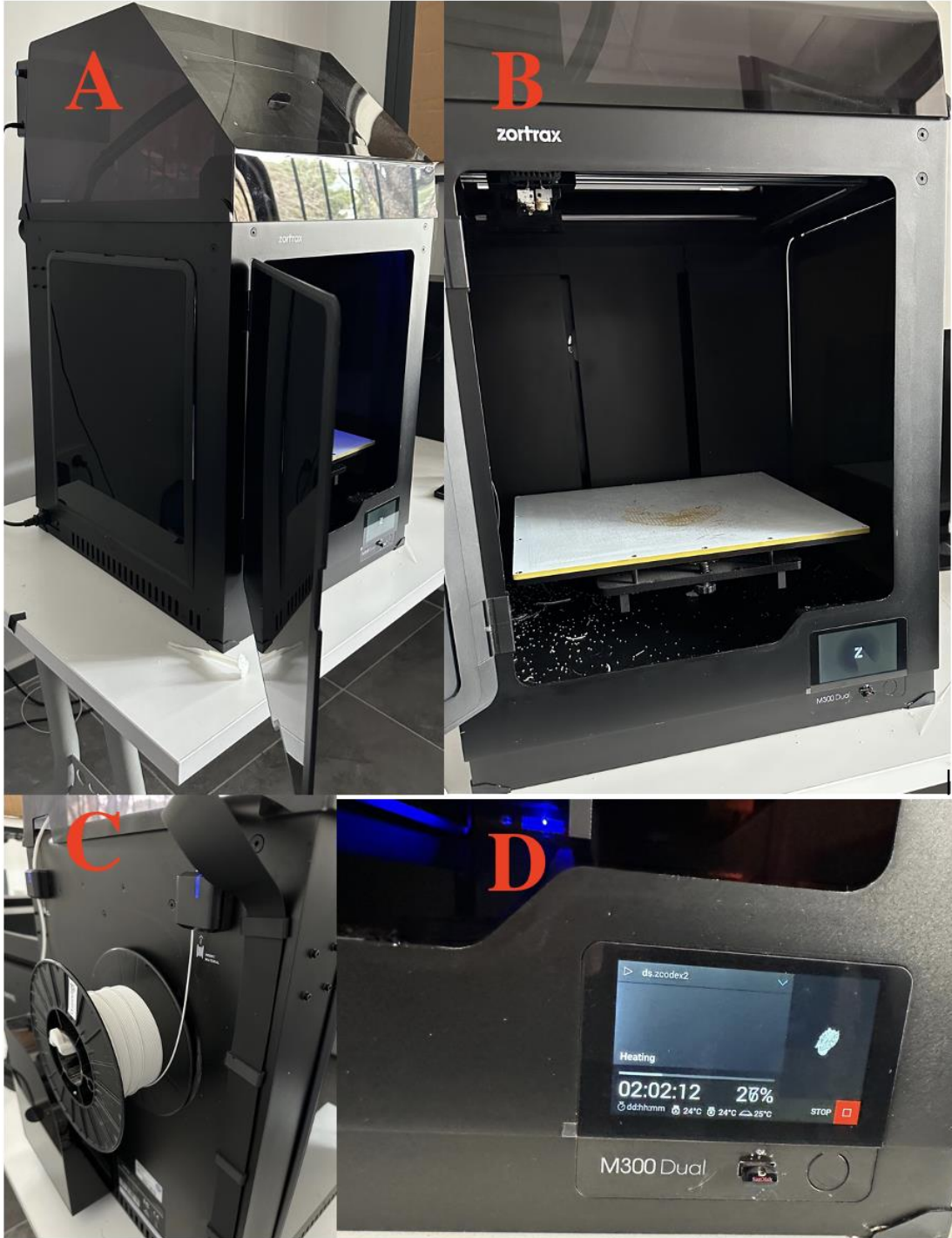
3.1. Üç Boyutlu Modelin Basılması ve Hazırlanması

Radyoloji Anabilim Dalına ait MRI ve BT görüntü arşivi tarandı, modelleme için uygun olabilecek görüntüler seçildi. Hastalara ait BT ve MRI kesitlerinden alınan DICOM verileri ücretsiz “3D Slicer (version 5.2.2)” yazılımı açılarak import edildi. Uygun threshold değerleri belirlenerek segmente edildi ve kaydedildi.

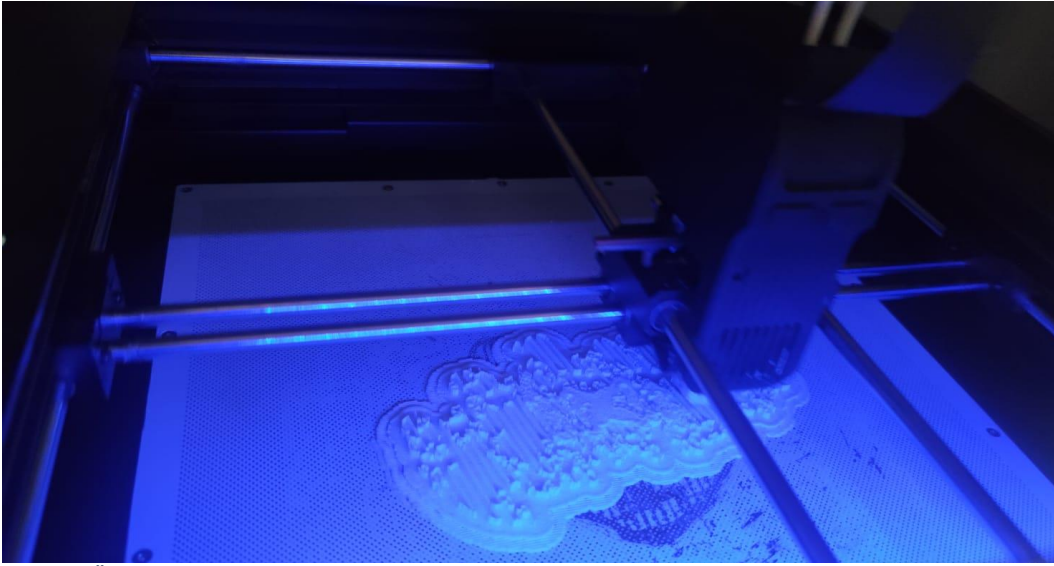
Kaydedilen görüntüler, üst üste bindirilerek stl formatında üç boyutlu olarak modellendi. Stl formatındaki 3D modeli, ücretsiz “Autodesk Meshmixer (version 3.5.474)” yazılımı ile açılarak smooth edildi.

Son olarak, veriler Z Suit (Version 2.31.0.0) yazılımı kullanılarak, basıma hazır hale getirildi. Modeller baskı için hazır hale getirildikçe Zortrax M33 Dual ve Form Labs2 model 3D yazıcılar ile basıldı. Bu aşamada hammadde olarak ABS ve PLA türü filamentler kullanıldı.

Çalışmamızda 1 modelin basım maliyeti ortalama 12\$ olarak hesaplandı. Model basımında 316 gram materyal kullanıldı ve bir modelin basılması 2 gün 2 saat 12 dakika sürdü.



Resim 2 Üç boyutlu modellerin basımında kullanılan Zortrax M300 Dual üç boyutlu yazıcı



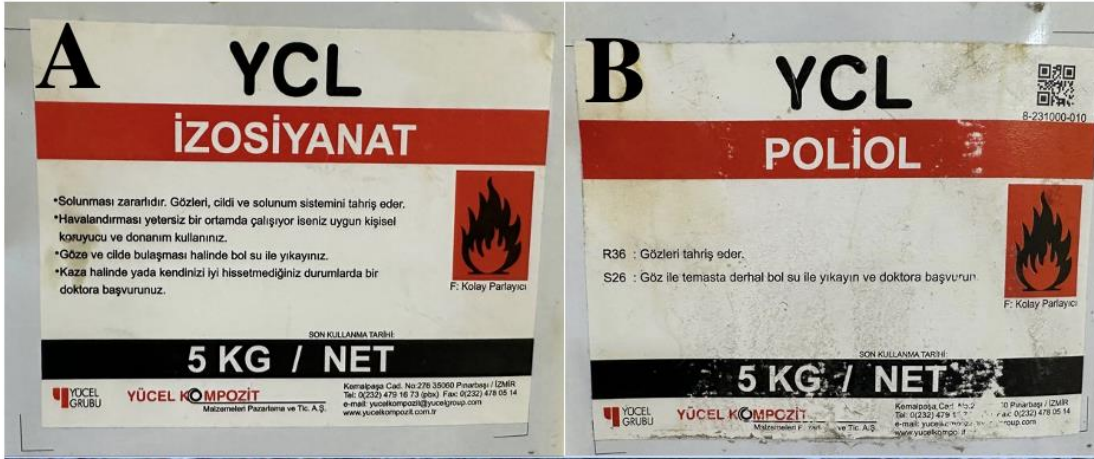
Resim 3 Üç boyutlu modelin basımı



Resim 4 A) Üç boyutlu modelin basıldıktan sonra destek maddesi ile birlikte olan görüntüsü B) Destek maddeleri temizlendikten sonra oluşan model görüntüsü

Çalışmamızda destek madesi olarak elde etmesi kolay ve maliyeti daha uygun olduğu için poliöl ve izosiyonat karışımı ile oluşan köpük materyal tercih edildi. Bu iki maddenin tepkimesi ile oluşan maddelere poliüretanlar denilir. Bunlar yanlış oranlarda veya farklı kimyasallar ile karıştırılırlarsa istenmeyen yan ürünler oluşabilir. Mekanik özellikleri ve dayanıklılığı da karışım oranına bağlıdır. Ayrıca ortamda su molekülü bulunursa bu da izosiyonat ile tepkime vererek karbondioksit gazı açığa çıkmasına yol açar ve hem uygulayıcı açısından hem de çevresel sağlık açısından risklere yol açar. Poliöl ve izosiyonat karışımı yalıtım malzemesi olarak kullanılan köpüklerin üretiminde, ayakkabı ve lastik gibi elastik maddelerin yapıştırılmasında ve mobilyaların imalatında yapıştırma ve dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Temelde izolasyon ve sızdırmazlık gerektiren endüstrilerde kullanımları yaygındır.

Biz de yaptığımız vertebra modelinin cerrahi işlem sırasında sabit durması ve anterior yapıların uygulayıcı tarafından görülmemesi için poliöl ve izosiyonat karışı ile elde edilen köpük materyalini kullandık. Bu iki maddeyi bire bir oranında karıştırdık ve bu sayede modelin yerleştirileceği destek maddesini üretmiş olduk.

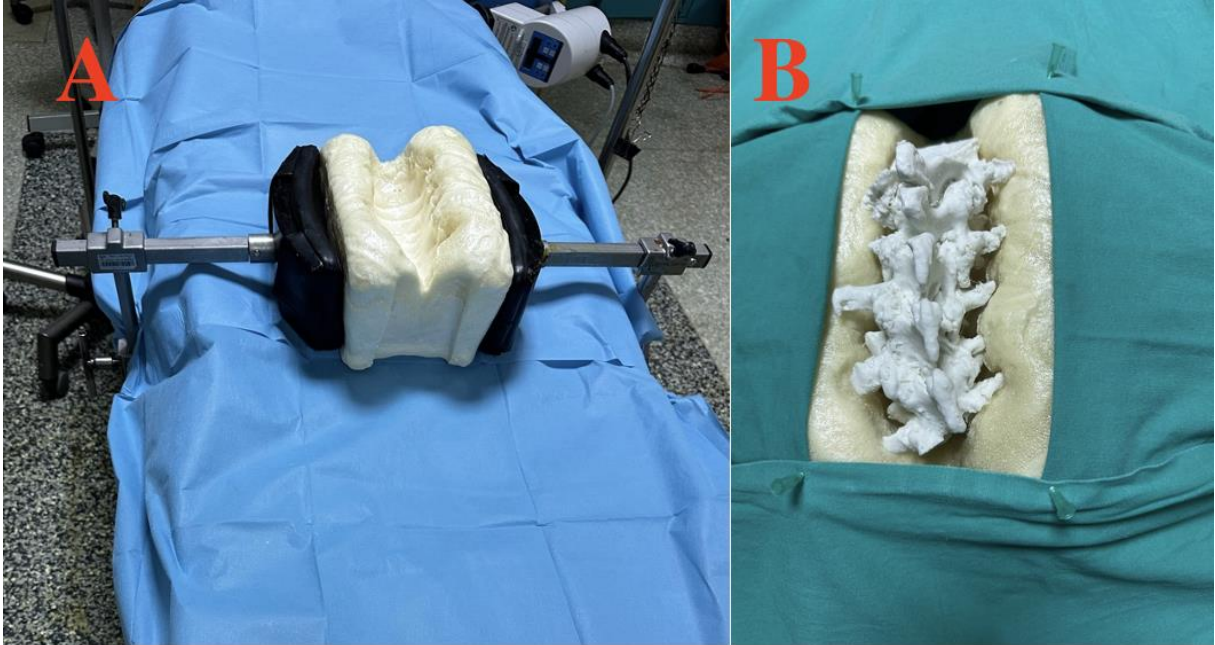


Resim 5 A) karışıma eklenen izosiyonat B) Karışıma eklenen poliöl C) Etkin maddelerin karıştırılmadan önceki görüntüleri D) Kimyasal tepkime sonrası oluşan destek maddesi

3.2. Cerrahi Yöntem

3BY modelinin ve destek materyallerinin basılması ve hazırlanması sonrasında ameliyat salonunda model prone pozisyondaki gerçek hastayı simüle edecek şekilde hazırlandı. Cerrahi aletler ve setler bir masaya gerçek ameliyatı simüle edecek şekilde dizildiler. Ardından işlemi gerçekleştirecek asistan hekimler sırayla ameliyathanede cerrahi prosedürlere uyacak şekilde gelip işlem için hazırlandılar.

Asistan hekimler uygulama yapılacak hastanın radyolojik görüntülerini ve 3BY ile oluşturulan modeli inceledikten sonra işleme başladı. İlk önce transvers prosesin orta hattından geçen hayali çizgi ile faset eklemin kesiştiği notanın mediali giriş noktası olarak belirlenerek işaretlendi. Ardından bir K teli yardımı ile ilk giriş hattı oluşturuldu. Bu ilk giriş drillendi ve ardından 5,5 mm vidaya uygun olacak şekilde tablendi. Bu aşamada pedikül vidası çapından kaynaklanacak farklılıkları engellemek açısından her cerrahın sadece 5,5 mm'lik çapa sahip vidaları seçmesine izin verildi. Ardından vida yerleştirildi ve sonraki seviyelere aynı işlem uygulandı. Toplamda 20 cerrah uygulamaya katıldı ve her cerrah 5 seviye için 10 adet pedikül vidası uygulaması yaptı.



Resim 6 A) Ameliyathanede yan destekler ile destek maddesinin sabitlenmesi B) Yeşil örtü ile örtülmesi sonrası uygulama öncesi modelin görünümü



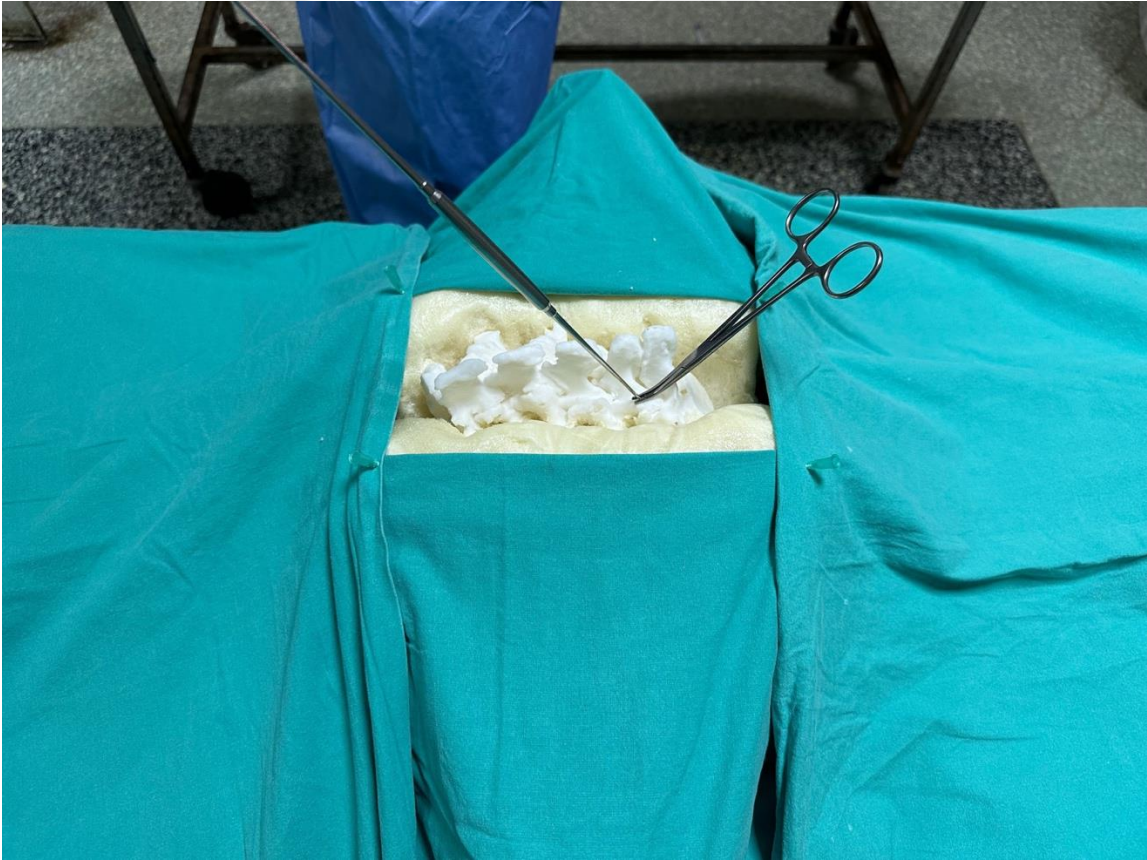
Resim 7 Uygulama sırasında kullanılan cerrahi setler



Resim 8 Pedikül vidası giriş yerinin K teli ile işaterlenmesi



Resim 9 Uygun boyuttaki Tapper ile K telinin doğrultusunda modelin Tap'lenmesi



Resim 10 Pedikül vidasının boyunu belirlemek için kanal uzunluğunun ölçülmesi



Resim 11 Uygun vida boyunun seçilmesi



Resim 12 Pedikül vidasının modele yerleştirilmesi



Resim 13 Uygulama sonrası model ve pedikül vidalarının görünümü

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

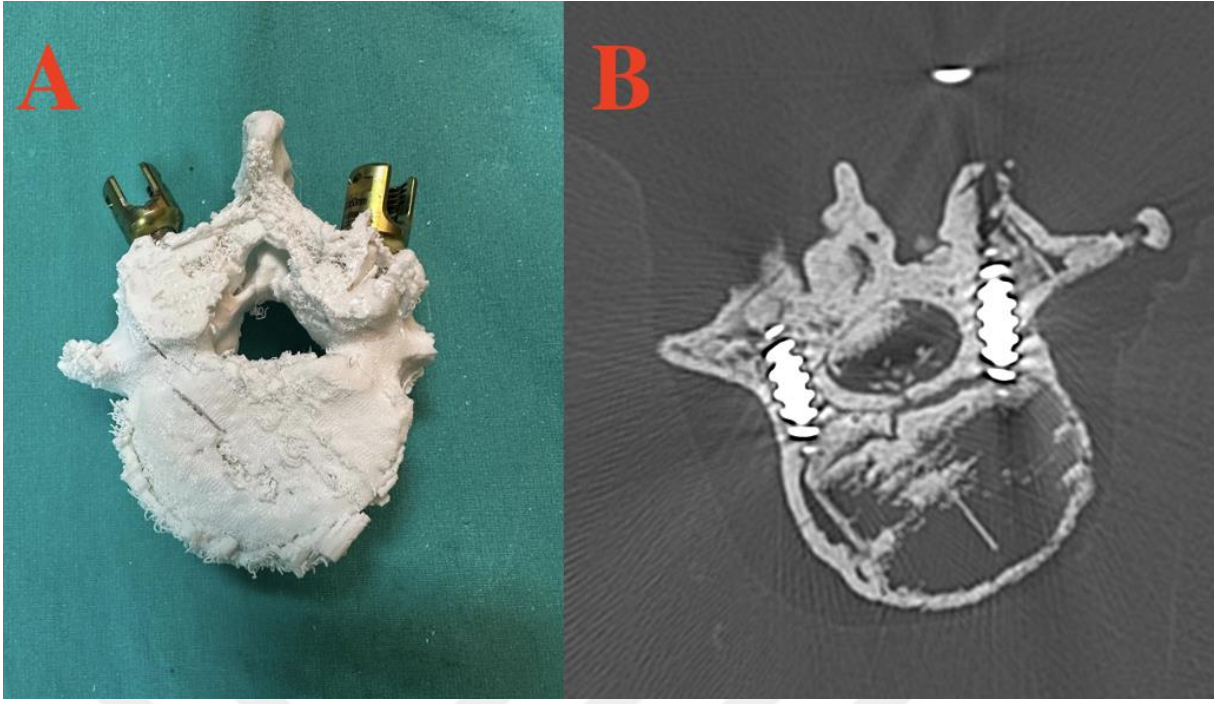
3.3.1. c

AP ve lateral radyografiler operasyon sonrası pedikül vidalarının konumu ile bilgi verir. Fakat direkt grafilerden elde edilen verilerin güvenilirliği yüksek değildir. Bazı durumlarda değerlendirme yapmak güç olabilir. Bilgisayarlı tomografi incelemesi, pedikül vida yerleşiminin değerlendirilmesinde doğruluğu arttırmaktadır. Bu nedenle tomografi yanlış yerleştirilmiş pedikül vidasını saptamada daha değerlidir. Yapılan çalışmalarda konvansiyonel radyografiler kullanılarak, vida yerleşimlerinin %63'ü doğru bir şekilde değerlendirilirken bilgisayarlı tomografi kullanılması doğruluğu %87'ye çıkartmıştır(53).

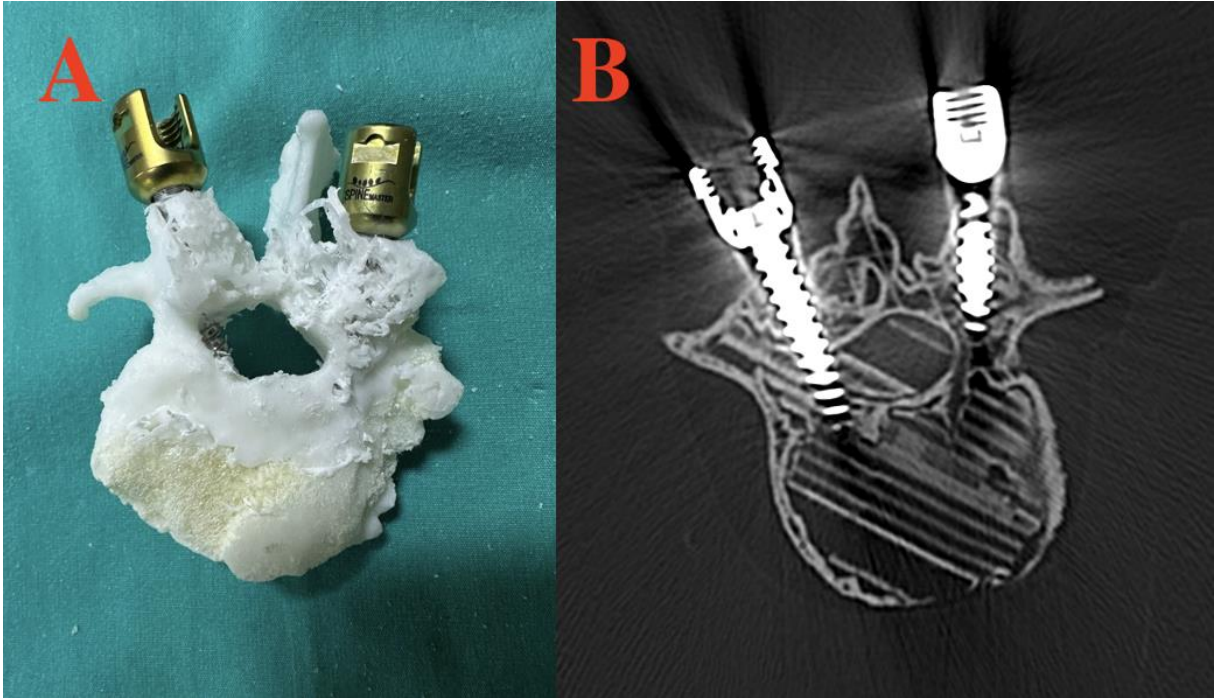
İşlem sonrası model üzerindeki pedikül vidalarının doğruluğunu kontrol etmek için tüm modellere postoperatif BT incelemesi yapıldı. Pedikül vidalarını sınıflandırmak ve vida doğruluğunu belirlemek Learch ve Wiesner tarafından tanımlanan Frank vida malpozisyon sınıflaması kullanıldı:

- Kortikal aşınma: vida nedeniyle pedikül korteksi görülmez
- Seviye 1(Hafif penetrasyon) : 2 mm'den az penetrasyon
- Seviye 2(İlımlı penetrasyon): 2 ila 4 mm'lik penetrasyon
- Seviye 3(Şiddetli penetrosyon): 4 mm'den büyük penetrasyon

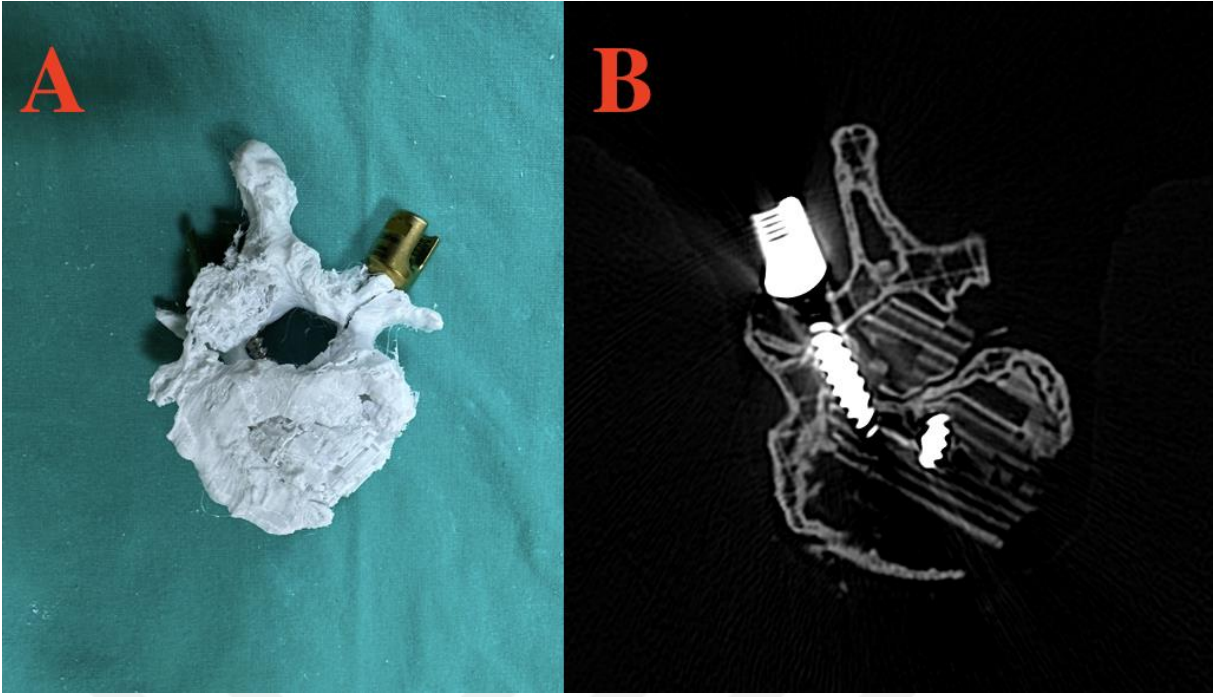
Kritik penetrasyonu >2 mm olarak tanımladık. Pedikül duvarının 2 mm'den büyük perforasyonunun nörolojik komplikasyon potansiyelini arttırdığı yayınlar mevcuttur. Fakat yapılan güncel çalışmalarda henüz penetrasyon miktarı ile nörolojik semptomlar arasında net bir ilişki kurulmamıştır.



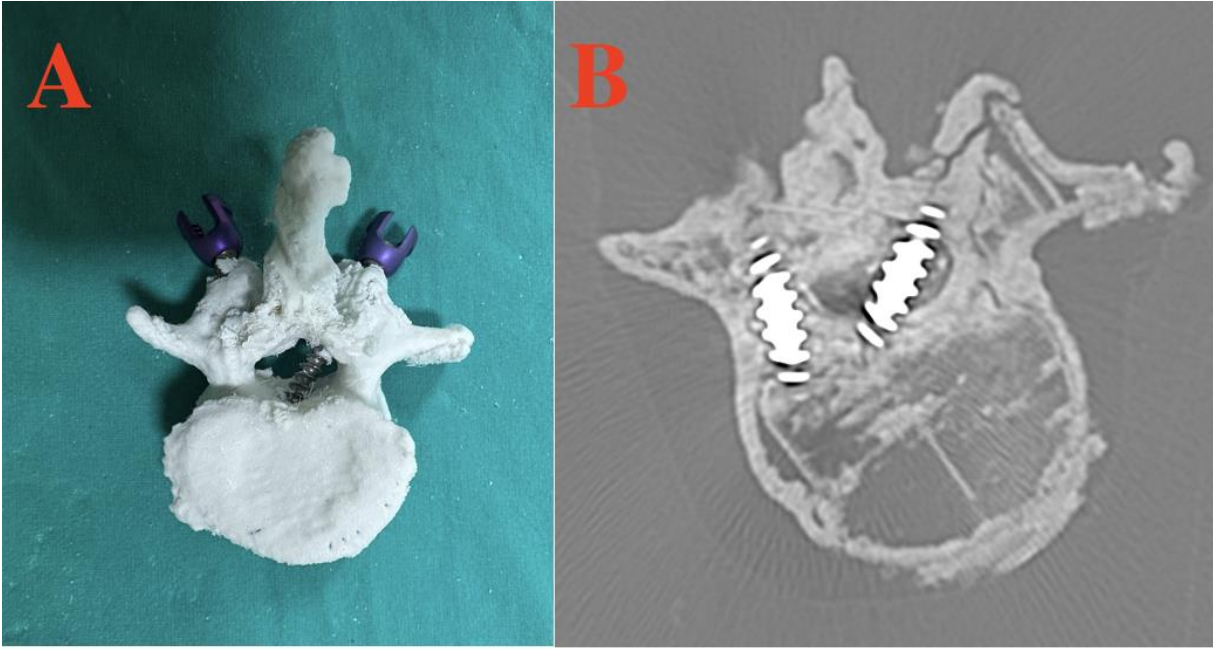
Resim 14 Doğru yerleştirilmiş pedikül vidasının A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü



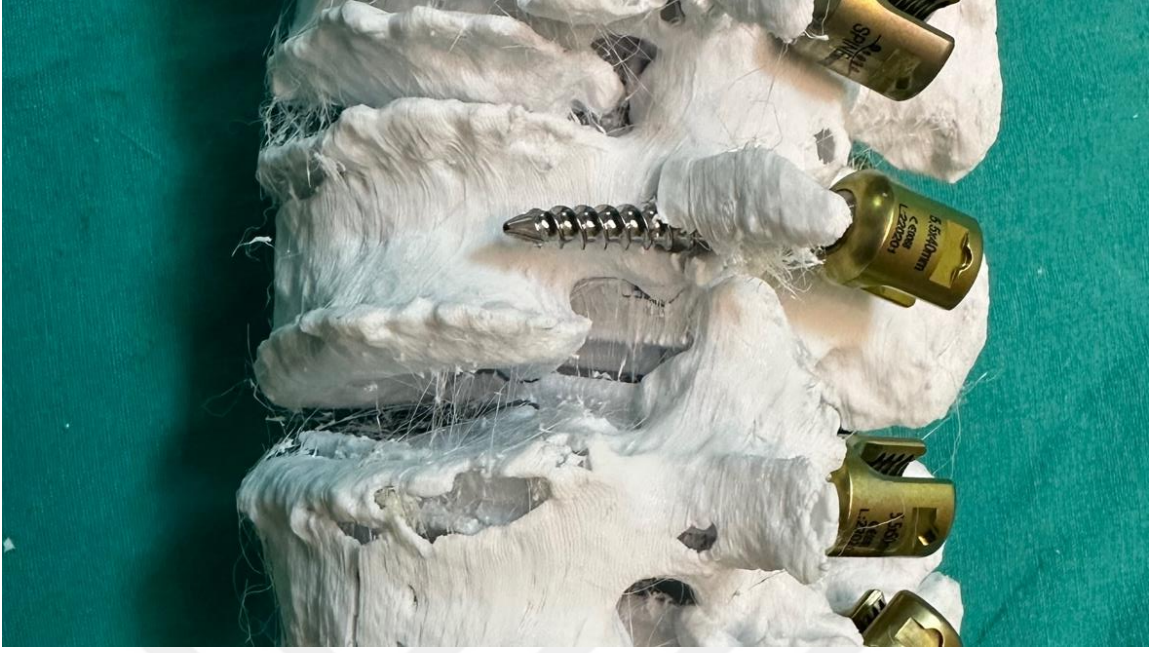
Resim 15 Seviye 1 penetrasyonunun A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü



Resim 16 Seviye 2 penetrasyonun A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü



Resim 17 Seviye 3 penetrasyonun A) Üç boyutlu model üzerinde B) BT kesitleri üzerindeki görünümü



Resim 18 Lateral penetrasyonun üç boyutlu model üzerindeki görünümü



Resim 19 Süperior penetrasyonun üç boyutlu model üzerindeki görünümü

3.3.2. Uygularıcıların Anket ile Değerlendirmesi

Katılımcılar 3BY modeline cerrahi uygulaması yaptıktan sonra model ve uygulama ile ilgili görüşlerini almak için her birine “Likert yöntemi” ile hazırlanmış anket uygulandı. Bu anket yardımı ile katılımcılar modeli, uygulama yönteminin zorluğunu ve uygulamanın öğrenme eğrilerine katkısını değerlendirdiler. Katılımcılara sorulan anket soruları şu şekildeydi:

Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı ve yapılan uygulama hakkındaki düşünceleri

1. Üç boyutlu model yardımı ile deformiteyi net olarak görüp sınıflamasını yapabildim
2. Vertebranın anatomik uzunluklarını ve pedikülleri net olarak ayırt edebildim
3. Kullanılan model pedikül vidası boyuna karar vermemde yardımcı oldu
4. Kullanılan model pedikül vidasının giriş yerini belirlemede yardımcı oldu
5. Kullanılan model pedikül vidanın giriş açısının belirlenmesinde yardımcı oldu
6. Bu modeli kullanarak yapılacak ameliyatı, meslektaşlarıma rahatça anlatabilirim
7. Bu görüntüler ile yapılacak ameliyatı hasta ve hasta yakınlarına rahatça açıklayabilirim
8. Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyat süremi kısaldığını düşünüyorum
9. Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta skopi çekim sayısının azalacağını düşünüyorum
10. Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta kanama miktarının azalacağını düşünüyorum

Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirme

1. Lomber omurga anatomisinin görsel tasarımı ne kadar gerçekçi?
2. Yumuşak doku taklidi ne kadar gerçekçi?
3. Kemik dokusu taklidi ne kadar gerçekçi?
4. Vida uygulama basamağı ne kadar gerçekçi?
5. Drill veya vida ile korteksleri geçerken hissedilen direnç kaybı ne kadar gerçekçi?
6. Modelin bir öğretim aracı olarak ne kadar yararlı olduğunu düşünüyorsunuz?

Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmesi

1. Modeldeki anatomik bölgeleri tanımlamak ve lomber seviye hakkında tahmin yapmak
2. Pedikül vidaların yerleştirileceği başlangıç pozisyonun belirlenmesi
3. Rotasyonel deformiteyi ve pedikül vidasının doğrultusunu hesaplayabilmek
4. Modeli drillerken "direnc kaybı" hissedilmesi ve vida boyuna karar verilmesi

Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesi:

1. Lomber de novo skolyoz modeli bana vidaların yerleşim yerini görselleştirmede ve deformiteyi anlamada yardımcı oldu
2. Lomber de novo skolyoz modeli bana pedikül vidası yerleştirmek için el becerimi geliştirmede yardımcı oldu
3. Lomber de novo skolyoz modeli bana korteksi geçerken oluşan direnc kaybı hissini öğrenmem konusunda yardımcı oldu
4. Lomber de novo skolyoz modeli bana hastada posterior yaklaşımla deformite düzeltilmesine hazırlanma konusunda yardımcı oldu

3.4. İstatistiksel Yöntem

Anket sonucu elde edilen verilerin analizi SPSS 26 ile yapıldı. Likert tipi uygulanan anketin iç tutarlılığına "Cronbach Alfa Katsayısı" ile bakıldı $\alpha:0.827$ olarak güvenilir bulundu. Sayısal değişkenler ortalama, standart sapma, medyan minimum ve maksimum değerleri ile kategorik değişkenler frekans ve yüzdeler halinde sunuldu. Sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu, gerek normallik testleri ve grafiksel yöntemler ile bakıldı. Değişkenlerin tümünde normal dağılıma uygunluk varsayımları karşılamadığı görüldü. Bu değişkenlerin bağımsız alt grup karşılaştırmalarında non-parametrik yöntemler tercih edildi. İkili grup karşılaştırmaları "Mann-Whitney U" testi ile yapıldı. Kategorik bağımsız değişkenler, çapraz tablolar ile frekans ve yüzdeleri sunuldu, dağılımları "Ki-Kare" test yöntemleri ve "Fisher's Exact Test" ile karşılaştırıldı. Odds oranları 95% CI ile hesaplandı. Tüm testlerde birinci tip hata payı $\alpha:0,05$ olarak belirlendi ve çift yönlü test edildi, $p<0.05$ halinde gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Uzmanlık Öğrencilerinin Üç Boyutlu Model Hakkındaki Değerlendirmeleri

Uzmanlık öğrencilerine Likert ölçeği şeklinde hazırlanmış ve çeşitli parametreleri değerlendiren 24 adet soru sorulmuş ve yanıtlar toplanmıştır. Anketin güvenilirliği ve soruların ve verilen cevapların geçerliliği Cronbach's Alpha yöntemi ile test edilmiş ve sonuç 0.827 bulunmuştur. Bu da anketimizdeki soruların ve cevapların tutarlılığının uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 3 Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmesinin dağılımı

	Çok zor (1)		Zor (2)		Orta (3)		Kolay (4)		Çok Kolay (5)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Modeldeki anatomik bölgeleri tanımlamak ve lomber seviye hakkında tahmin yapmak	1	5,0%	2	10,0%	7	35,0%	5	25,0%	5	25,0%
Pedikül vidaların yerleştirileceği başlangıç pozisyonun belirlenmesi	1	5,0%	4	20,0%	2	10,0%	9	45,0%	4	20,0%
Rotasyonel deformiteyi ve pedikül vidasının doğrultusunu hesaplayabilmek	1	5,0%	7	35,0%	3	15,0%	6	30,0%	3	15,0%
Modeli drillerken "direnc kaybı" hissedilmesi ve vida boyuna karar verilmesi	0	0,0%	5	25,0%	6	30,0%	8	40,0%	1	5,0%

Tablo 4 Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmesi

Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirme	Ortalama (\pmSD)
Modeldeki anatomik bölgeleri tanımlamak ve lomber seviye hakkında tahmin yapmak	3,5500 (\pm 1,14593)
Pedikül vidaların yerleştirileceği başlangıç pozisyonunun belirlenmesi	3,5500 (\pm 1,19097)
Rotasyonel deformiteyi ve pedikül vidasının doğrultusunu hesaplayabilmek	3,1500 (\pm 1,22582)
Modeli drillerken “direnc kaybı” hissedilmesi ve vida boyuna karar verilmesi	3,2500 (\pm 0,91047)

Katılımcılara uygulama sonrası yapılan anket ile uygulamanın ve modelin çeşitli özellikleri değerlendirildi. Uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmede ortalama puan 3,38 (\pm 0,86) bulunmuş ve katılımcılar en çok pedikül vidasının doğrultusuna karar vermede zorlandıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca modelin yapısından dolayı drillerin korteksi geçerken yarattığı direnc kaybı hissinin yeterince gerçekçi olmadığı belirtildi.

Tablo 5 Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirmesinin dağıluğu

	Çok kötü (1)		Kötü (2)		Orta (3)		İyi (4)		Çok iyi (5)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Lomber omurga anatomisinin görsel tasarımı ne kadar gerçekçi?	0	0,0%	0	0,0%	1	5,0%	8	40,0%	11	55,0%
Yumuşak doku taklidi ne kadar gerçekçi?	0	0,0%	6	30,0%	10	50,0%	2	10,0%	2	10,0%
Kemik dokusu taklidi ne kadar gerçekçi?	0	0,0%	0	0,0%	2	10,0%	10	50,0%	8	40,0%
Vida uygulama basamağı ne kadar gerçekçi?	0	0,0%	0	0,0%	1	5,0%	6	30,0%	13	65,0%
Drill veya vida ile korteksleri geçerken hissedilen direnç kaybı ne kadar gerçekçi?	0	0,0%	2	10,0%	0	0,0%	13	65,0%	5	25,0%
Modelin bir öğretim aracı olarak ne kadar yararlı olduğunu düşünöyorsunuz?	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	20,0%	16	80,0%

Tablo 6 Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirmesi

Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirmesi	Ortalama (\pm SD)
Lomber omurga anatomisinin görsel tasarımı ne kadar gerçekçi?	4,5000 (\pm 0,60698)
Yumuşak doku taklidi ne kadar gerçekçi?	3,0000 (\pm 0,91766)
Kemik dokusu taklidi ne kadar gerçekçi?	4,3000 (\pm 0,65695)
Vida uygulama basamağı ne kadar gerçekçi?	4,6000 (\pm 0,59824)
Drill veya vida ile korteksleri geçerken hissedilen direnç kaybı ne kadar gerçekçi?	4,0500 (\pm 0,82558)
Modelin bir öğretim aracı olarak ne kadar yararlı olduğunu düşünöyorsunuz?	4,8000 (\pm 0,41039)

Ayrıca sorulan sorularla modelin genel özelliklerini değerlendirirken simüle edilen ortamın eğitim için olumlu bir katkı yaptığını ve uygulama basamaklarının gerçekçi olduğunu belirtmelerine karşın yumuşak doku taklidinin gerçekçi olmaması nedeniyle bu değerlendirme daha düşük puanlandı. Modelin uygunluğuna yönelik ankette ortalama puan 4.21(\pm 0,42) “iyi”

ve “çok iyi” arasında puanlandı. En düşük puanı 3.0 ortalama ile “orta” olarak değerlendirilen yumuşak doku taklidi aldı.

Tablo 7 Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesinin dağılımı

	Kesinlikle katılmıyorum (1)		Katılmıyorum (2)		Fikrim yok (3)		Katlıyorum (4)		Kesinlikle katlıyorum (5)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Model bana vidaların yerleşim yerini görselleştirmede ve deformiteyi anlamada yardımcı oldu	0	0,0%	1	5,0%	0	0,0%	4	20,0%	15	75,0%
Model bana pedikül vidası yerleştirmek için el becerimi geliştirmede yardımcı oldu	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	10,0%	18	90,0%
Model bana korteksi geçerken oluşan direnç kaybı hissini öğrenmem konusunda yardımcı oldu	0	0,0%	2	10,0%	1	5,0%	4	20,0%	13	65,0%
Model bana hastada posterior yaklaşımla deformite düzeltilmesine hazırlanma konusunda yardımcı oldu	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	25,0%	15	75,0%

Tablo 8 Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesi

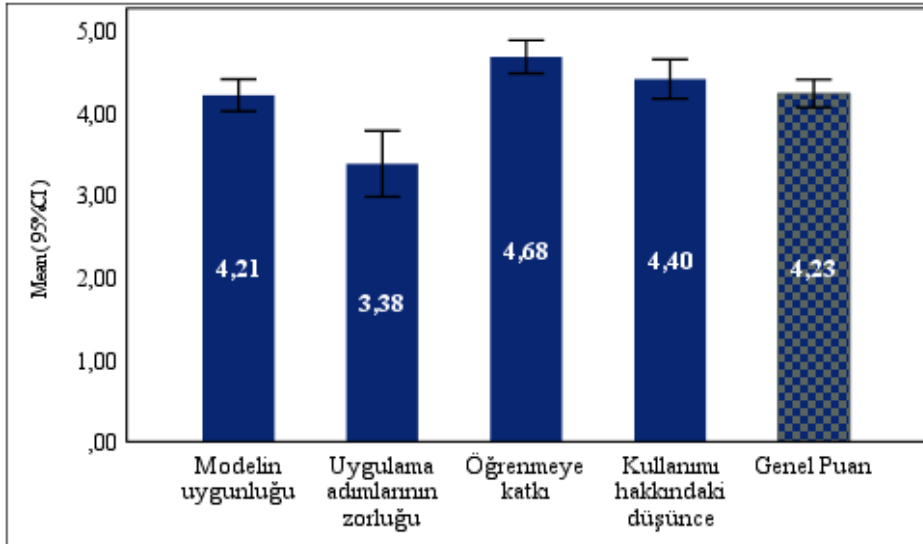
Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesi	Ortalama (\pm SD)
Model bana vidaların yerleşim yerini görselleştirmede ve deformiteyi anlamada yardımcı oldu	4,6500 (\pm 0,74516)
Model bana pedikül vidası yerleştirmek için el becerimi geliştirmede yardımcı oldu	4,9000 (\pm 0,30779)
Model bana korteksi geçerken oluşan direnç kaybı hissini öğrenmem konusunda yardımcı oldu	4,4000 (\pm 0,99472)
Model bana hastada posterior yaklaşımla deformite düzeltilmesine hazırlanma konusunda yardımcı oldu	4,7500 (\pm 0,44426)

Katılımcılar bu modelin eğitim materyali olarak kullanılmasını olumlu değerlendirdiler. Cerrahi becerilerinin gelişmesini ve ilk kez yaptıkları bir işlemi öğrenmelerine yardımcı olduğunu belirterek bu anketi tam puana yakın puanlandırıdılar. Modelin pedikül vidası

uygulamayı öğrenmelerine katkısını 4,68 ($\pm 0,43$) ortalama puan ile “kesinlikle katılıyorum” a yakın olarak değerlendirmiş ve eğitim materyali olarak kullanılmasını öğretici bulmuşlardır.

Tablo 9 Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı hakkındaki düşüncelerinin dağılımı

	Kesinlikle katılmıyorum (1)		Katılmıyorum (2)		Fikrim yok (3)		Katılıyorum (4)		Kesinlikle katılıyorum (5)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Üç boyutlu model yardımı ile deformiteyi net olarak görüp sınıflamasını yapabildim	0	0,0%	1	5,0%	5	25,0%	4	20,0%	10	50,0%
Vertebranın anatomik uzunluklarını ve pedikülleri net olarak ayırt edebildim	0	0,0%	0	0,0%	4	20,0%	6	30,0%	10	50,0%
Model pedikül vidası boyuna karar vermemde yardımcı oldu	0	0,0%	2	10,0%	5	25,0%	5	25,0%	8	40,0%
Model pedikül vidasının giriş yerini belirlemede yardımcı oldu	0	0,0%	0	0,0%	1	5,0%	5	25,0%	14	70,0%
Model pedikül vidanın giriş açısının belirlenmesinde yardımcı oldu	0	0,0%	0	0,0%	2	10,0%	5	25,0%	13	65,0%
Bu modeli kullanarak yapılacak ameliyatı, meslektaşlarıma rahatça anlatabilirim	0	0,0%	0	0,0%	3	15,0%	6	30,0%	11	55,0%
Bu görüntüler ile yapılacak ameliyatı hasta ve hasta yakınlarına rahatça açıklayabilirim	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	20,0%	16	80,0%
Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyat süremi kısaldığını düşünüyorum	0	0,0%	0	0,0%	1	5,0%	5	25,0%	14	70,0%
Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta skopi çekim sayısının azalacağını düşünüyorum	0	0,0%	0	0,0%	2	10,0%	7	35,0%	11	55,0%
Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta kanama miktarının azalacağını düşünüyorum	0	0,0%	1	5,0%	4	20,0%	6	30,0%	9	45,0%



Resim 20 Anket sorularının ortalama puanlaması

Tablo 10 Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı hakkındaki düşünceleri

Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı hakkındaki düşünceleri	Ortalama (\pmSD)
Üç boyutlu model yardımı ile deformiteyi net olarak görüp sınıflamasını yapabildim	4,1500 (\pm 0,98809)
Vertebranın anatomik uzunluklarını ve pedikülleri net olarak ayırt edebildim	4,3000 (\pm 0,80131)
Model pedikül vidası boyuna karar vermemde yardımcı oldu	3,9500 (\pm 1,05006)
Model pediküler vidasının giriş yerini belirlemede yardımcı oldu	4,6500 (\pm 0,58714)
Model pediküler vidanın giriş açısının belirlenmesinde yardımcı oldu	4,5500 (\pm 0,68633)
Bu modeli kullanarak yapılacak ameliyatı, meslektaşlarıma rahatça anlatabilirim	4,4000 (\pm 0,75394)
Bu görüntüler ile yapılacak ameliyatı hasta ve hasta yakınlarına rahatça açıklayabilirim	4,8000 (\pm 0,41039)
Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyat süremi kısaltacağını düşünüyorum	4,6500 (\pm 0,58714)
Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta skopi çekim sayısının azalacağını düşünüyorum	4,4500 (\pm 0,68633)
Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta kanama miktarının azalacağını düşünüyorum	4,1500 (\pm 0,93330)

Son olarak anket sonuçları eşliğinde modelin birçok aşamada kendilerine yardımcı olduğunu, meslektaşlarına ve hasta yakınlarına patolojiyi anlatmada yol gösterdiğini, kendilerinin de mevcut patolojiyi anlama ve sınıflandırmada modelden faydalanabileceklerini belirttiler. Ayrıca bu model ile yapılacak ön çalışmanın ameliyat sırasındaki olası

komplkasyonları azaltabileceğini düşündüklerini belirttiler. Ayrıca bu bölümün ortalama puanı da 4,41 ($\pm 0,51$) ile “katılıyorum” ve “kesinlikle katılıyorum” arasındaydı.

4.2. Uzmanlık Öğrencilerinin Pedikül Vida Yerleşimlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 11 Katılımcıların ortalama uygulama süreleri ve ortalama kötü yerleşmiş pedikül vida sayıları

	Ortalama (\pm SD)	Median	En Az	En Fazla	Aralık
Süre	36:36 ($\pm 09:37$)	34:36	26:22	62:59	36:37
Toplam Penetrasyon	2,25 ($\pm 1,48$)	3,00	0,00	5,00	5,00
Kritik Penetrasyon	1,40 ($\pm 1,47$)	1,00	0,00	4,00	4,00

Yapılan değerlendirme sonucunda her bir cerrah için cerrahi işlemin süresi, total penetrasyon sayısı ve kritik penetrasyon sayısı hesaplandı. Pedikül vida simülasyonunu en hızlı sürede tamamlayan kişi 26 dakika 22 saniyede, en yavaş tamamlayan kişi ise 62 dakika 59 saniyede tamamladı. Ortalam işlem süresi 34 dakika 36 saniye olarak ölçüldü. Ayrıca pedikül vidalarının yerleşimi en doğru şekilde tamamlayan katılımcı hiç hata yapmazken, vida dizilimi en yanlış olan uzmanlık öğrencisi toplamda 5 total penetrasyon yaptı ve bunların 4 tanesi nörolojik hasarla ilgili olabilecek kritik penetrasyondur. İşlem başına ortalama penetrasyon sayısı 3, ortalama kritik penetrasyon sayısı ise 1 olarak ölçüldü.

Tablo 12 Tüm pedikül vidaları içindeki kötü yerleşmiş vida sayısı

	Toplam Penetrasyon Sayısı	Toplam Penetrasyon Yüzdesi
Var	45	22,5
Yok	155	77,5
Toplam	200	100,0

Toplamda 20 uzmanlık öğrencisinin katıldığı bu uygulamada her katılımcı 10 adet pedikül vidası uygulaması gerçekleştirdi. Toplamda koyulan 200 vidadan 45 tanesi hatalı olarak değerlendirilebilecek doğrultu ve yerleşimdeydi.

Tablo 13 Korteks penetrasyonu doğrultusu

Penetrasyon Doğrultusu	Sayı	Yüzde
Medial	32	16,0
Lateral	4	2,0
Superolateral	4	2,0
Superior	3	1,5
Inferior	2	1,0
Doğru yerleşim	155	77,5
Toplam	200	100,0

Uygulama sonunda vidaların %77.5 i doğru yerleştirilirken yanlış yerleşimli vidalar arasında ilk sırayı beklediği üzere medial korteksi penetre eden vidalar aldı.

Tablo 14 Pedikül vidalarının korteks penetrasyonunun derecesine göre dağılımı

Korteks Penetrasyonu Sınıflaması	Sayı	Yüzde
Doğru yerleşim	155	77,5
Seviye I (0-2 mm)	17	8,5
Seviye II: (2-4 mm)	3	1,5
Seviye III (>4mm)	25	12,5
Toplam	200	100,0

Yanlış yerleştirilen vidalar değerlendirilirken Learch ve Wiesner tarafından tanımlanan Frank vida malpozisyon sınıflaması kullanıldı. Buna göre Seviye 1(Hafif penetrasyon) : 2 mm'den az penetrasyon, Seviye 2(İlımlı penetrasyon): 2 ila 4 mm'lik penetrasyon, Seviye 3(Şiddetli penetrasyon): 4 mm'den büyük penetrasyon olarak sınıflandı. Nörolojik defisitle doğrudan ilişkisi olduğundan >2mm penetrasyonu olan Seviye 2 ve Seviye 3 vidalar kritik penetrasyon olarak değerlendirildi. Buna göre yanlış yerleşen 45 vidanın 17'si Seviye 1, 3 tanesi Seviye 2 ve 25 tanesi Seviye 3'tü

Tablo 15 Kıdem yılına göre toplam penetrasyon sayısı

Kıdem yılı		Korteks penetrasyonu		Toplam	İstatistiksel anlamlılık	Odds Ratio
		Var	Yok			
≤3 Yıl	Toplam vıda sayısı	33	77	110	0,008	2,786
	Grup içi dağılım	30,0%	70,0%	100,0%		
	Gruplar arası dağılım	73,3%	49,7%	55,0%		
>3 Yıl	Toplam vıda sayısı	12	78	90		
	Grup içi dağılım	13,3%	86,7%	100,0%		
	Gruplar arası dağılım	26,7%	50,3%	45,0%		

** Ki-Kare testine göre 0,008 düzeyinde anlamlı farklılık *Kıdem yılı açısından Odds Ratio: 2,786

Toplam kortikal penetrasyon sayıları kıdem yılına göre karşılaştırıldı. 3 yıl altındaki katılımcılar 33 vıdada korteks penetrasyonu yaparken 3 yıl ve üzerindeki katılımcılar 12 kortikal penetrasyon yaptı. Ki-Kare yöntemi ile karşılaştırılan bu gruplarda korteks penetrasyonu açısından anlamlı derecede bir farklılık bulundu(p=0,008). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve 3 yıldan daha düşük kıdemde olmanın korteks penetrasyonu riskini 2,786 kat arttırdığı gösterildi.

Tablo 16 Kıdem yılına göre kritik penetrasyon sayısı

Kıdem Yılı		Korteks penetrasyonu seviyesi		Toplam	İstatistiksel Anlamlılık	Odd's Ratio
		Seviye II-III	Seviye 0-I			
≤3 Yıl	Toplam vıda sayısı	24	86	110	0,001	6,000
	Grup içi dağılım	21,8%	78,2%	100,0%		
	Gruplar arası dağılım	85,7%	50,0%	55,0%		
>3 Yıl	Toplam vıda sayısı	4	86	90		
	Grup içi dağılım	4,4%	95,6%	100,0%		
	Gruplar arası dağılım	14,3%	50,0%	45,0%		

** Ki-Kare testine göre 0,001 düzeyinde anlamlı farklılık *Kıdem yılı açısından Odds Ratio 6,000

Toplam kritik penetrasyon sayısı (Seviye 2 ve Seviye 3 olan vidalar) kıdem yılına göre karşılaştırıldı. 3 yıl altındaki katılımcılar 24 vidada kritik korteks penetrasyonu yaparken 3 yıl ve üzerindeki katılımcılar 4 kritik kortikal penetrasyon yaptı. Ki-Kare yöntemi ile karşılaştırılan bu gruplarda kritik korteks penetrasyonu açısından anlamlı derecede bir farklılık bulundu ($p=0,001$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve 3 yıldan daha düşük kıdemde olmanın kritik korteks penetrasyonu riskini 6,000 kat arttırdığı gösterildi.

Tablo 17 Toplam penetrasyonun kıdem yılında ve lomber seviyelere göre dağılımı

	Korteks Penetrasyonu				p*	OR (95% CI)	p**
	Var		Yok				
	Sayı	%	Sayı	%			
≤3 Yıl	33	30.0%	77	70.0%	0.008	2.786 (1.340 - 5.792)	0.006
>3 Yıl	12	13.3%	78	86.7%			
Sağ	23	23.0%	77	77.0%	0.866	1.059 (0.545 - 2.057)	0.866
Sol	22	22.0%	78	78.0%			
L1	8	20.0%	32	80.0%	0.832	0.831 (0.353 - 1.959)	0.672
Diğer	37	23.1%	123	76.9%			
L2	15	37.5%	25	62.5%	0.020	2.600 (1.224 - 5.552)	0.013
Diğer	30	18.8%	130	81.3%			
L3	13	32.5%	27	67.5%	0.138	1.926 (0.895 - 4.146)	0.094
Diğer	32	20.0%	128	80.0%			
L4	6	15.0%	34	85.0%	0.290	0.545 (0.214 - 1.402)	0.209
Diğer	39	24.4%	121	75.6%			
L5	3	7.5%	37	92.5%	0.020	0.228 (0.067 - 0.778)	0.018
Diğer	42	26.3%	118	73.8%			
L2&L3	28	35.0%	52	65.0%	<0.001	3.262 (1.638 - 6.496)	<0.001
Diğer	17	14.2%	103	85.8%			
Genel	45	22.5%	155	77.5%			

*Ki-Kare Test **Mantel-Haenszel Common Odds Ratio Estimate

Tablo 18 Kritik penetrasyonun kıdem yılında ve lomber seviyelere göre dağılımı

	Korteks Penetrasyon Seviyesi				p*	OR (95% CI)	p**
	Seviye II-III		Seviye 0-I				
	Sayı	%	Sayı	%			
≤3 Yıl	24	21.8%	86	78.2%	<0.001	6.000 (1.997 - 18.023)	<0.001
>3 Yıl	4	4.4%	86	95.6%			
Sağ	13	13.0%	87	87.0%	0.839	0.8477 (0.380 - 1.886)	0.380
Sol	15	15.0%	85	85.0%			
L1	3	7.5%	37	92.5%	0.285	0.438 (0.125 - 1.521)	0.125
Diğer	25	15.6%	135	84.4%			
L2	8	20.0%	32	80.0%	0.333	1.75 (0.708 - 4.328)	0.708
Diğer	20	12.5%	140	87.5%			
L3	12	30.0%	28	70.0%	0.003	3.857 (1.647 - 9.033)	1.647
Diğer	16	10.0%	144	90.0%			
L4	4	10.0%	36	90.0%	0.575	0.630 (0.205 - 1.91)	0.205
Diğer	24	15.0%	136	85.0%			
L5	1	2.5%	39	97.5%	0.037	0.126 (0.017 - 0.959)	0.017
Diğer	27	16.9%	133	83.1%			
L2&L3	20	25.0%	60	75.0%	<0.001	4.667 (1.940 - 11.226)	<0.001
Diğer	8	6.7%	112	93.3%			
Genel	28	14.0%	172	86.0%			

*Ki-Kare Test **Mantel-Haenszel Common Odds Ratio Estimate

Tablo 19 Korteks Penetrasyonu Derecesinin Vertebra Seviyelerine Göre Dağılımı

Korteks Penetrasyonu Derecesinin Vertebra Seviyelerine Göre Dağılımı				
		Korteks penetrasyonu seviyesi		Toplam
		Seviye II-III	Seviye 0-I	
Vertebra Seviyesi	L1	3	37	40
	L2	8	32	40
	L3	12	28	40
	L4	4	36	40
	L5	1	39	40
	Toplam		28	172

Tüm vidaların lomber vertebra seviyelerine ve tarafına göre özellikleri değerlendirilmiştir.

Tablo 20 Kıdeme göre penetrasyon doğrultusu

			Korteks penetrasyonu bölgesi					Doğru	Toplam
			Medial	Lateral	Süperolateral	Süperior	İnferior		
Kıdem yıl	≤3 Yıl	Sayı	20	4	4	3	2	77	110
		%	18,2%	3,6%	3,6%	2,7%	1,8%	70,0%	100,0%
	>3 Yıl	Sayı	12	0	0	0	0	78	90
		%	13,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	86,7%	100,0%
Toplam		Sayı	32	4	4	3	2	155	200
		%	16,0%	2,0%	2,0%	1,5%	1,0%	77,5%	100,0%

Kortikal penetrasyonları doğrultusu incelendiğinde 3 yılın altında kıdemi olan katılımcıların vida kötü yerleşimleri birçok yönde görülmektedir. 3 yıl ve daha üzeri kıdemdeki katılımcılar ise sadece medial yönde penetre olmuşlardır.

Tablo 21 Deformite apeksindeki(deformitenin en fazla olduğu bölge) yanlış yerleşmiş pedikül vidasının diğer seviyelerle karşılaştırılması

			Kritik korteks penetrasyonu		Toplam	İstatistiksel Anlamlılık	Odds Ratio
			Var	Yok			
Vertebra Seviyesi	L2-L3	Toplam vida sayısı	20	60	80	0,001	4,667
		Grup içi dağılım	25,0%	75,0%	100,0%		
		Gruplar arası dağılım	71,4%	34,9%	40,0%		
	L1-L4-L5	Toplam vida sayısı	8	112	120		
		Grup içi dağılım	6,7%	93,3%	100,0%		
		Gruplar arası dağılım	28,6%	65,1%	60,0%		
Toplam	Toplam vida sayısı	28	172	200			
	Grup içi dağılım	14,0%	86,0%	100,0%			
	Gruplar arası dağılım	100,0%	100,0%	100,0%			

**Ki-Kare testine göre 0.001 düzeyinde anlamlı farklılık *Diğer vertebra seviyelerine göre Odds ratio: 4,667

Nörolojik hasar ile ilişkili olan kritik korteks penetrasyonunun lomber sevilere göre dağılımı değerlendirildi. Kötü yerleştirilmiş 28 vidanın 20 tanesi deformitenin apeksi olan L2 ve L3 seviyesindeydi. Geri kalan 8 vida ise L1, L4 ve L5 seviyesindeydi. Kritik korteks perforasyonu ile lomber seviye Ki-Kare testi yardımı ile karşılaştırıldı. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu($p=0,001$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve yerleştirilen vidanın defirmentinin olduğu seviyede olmasının kötü yerleşim riskini 4,667 kat arttırdığı tespit edildi

Tablo 22 Deformitenin olmadığı bölgede yanlış yerleşmiş pedikül vidasının diğer seviyelerle karşılaştırılması

			Kritik korteks penetrasyonu		Toplam	İstatistiksel Anlamlılık	Odds Ratio
			Var	Yok			
Vertebra Seviyesi	L5	Toplam vida sayısı	1	39	40	0,037	0,126
		Grup içi dağılım	2,5%	97,5%	100,0%		
		Gruplar arası dağılım	3,6%	22,7%	20,0%		
	L1-L2-L3-L4	Toplam vida sayısı	27	133	160		
		Grup içi dağılım	16,9%	83,1%	100,0%		
		Gruplar arası dağılım	96,4%	77,3%	80,0%		
Toplam	Toplam vida sayısı	28	172	200			
	Grup içi dağılım	14,0%	86,0%	100,0%			
	Gruplar arası dağılım	100,0%	100,0%	100,0%			

** Ki-Kare testine göre 0.037 düzeyinde anlamlı farklılık *Diğer vertebra seviyelerine göre Odds radio: 0,126

Nörolojik hasar ile ilişkili olan kritik korteks penetrasyonunun lomber sevilere göre dağılımı değerlendirildi. Kötü yerleştirilmiş 28 vidanın 1 tanesi deformitenin hiç bulunmadığı ve normal dizilime sahip olan L5 seviyesindeydi. Geri kalan 27 vida ise L1,L2,L3 ve L4 seviyesindeydi. Kritik korteks perforasyonu ile lomber seviye Ki-Kare testi yardımı ile karşılaştırıldı. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu($p=0,037$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve yerleştirilen vidanın defirmentinin olmadığı düz vertebra seviyede olmasının kötü yerleşim riskini 0,126 kat azalttığı tespit edildi

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda uzmanlık öğrencilerinin 3 boyutlu yazıcı modelinin değerlendirmesini içeren Likert ölçekleri ve pedikül vida yerleşimleri değerlendirildi. Anket sorularına verilen cevaplara göre Modelin uygunluğuna yönelik ankette ortalama puan $4.21(\pm 0,42)$ “iyi” ve “çok iyi” arasında puanlandı. En düşük puanı 3.0 ortalama ile “orta” olarak değerlendirilen yumuşak doku taklidi aldı. Han ve arkadaşları tarafından yapılan üç boyutlu vertebra modeline anestezi asistanları tarafından epidural girişim simülasyonu çalışmasında da model katılımcılar tarafından Likert ölçekli anket ile değerlendirilmiş ve yumuşak doku taklidi yetersiz bulunmuştur.(8)

Uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirmede ortalama puan $3,38 (\pm 0,86)$ bulunmuş ve katılımcılar en çok pedikül vidasının doğrultusuna karar vermede zorlandıklarını belirtmişlerdir.

Modelin pedikül vidası uygulamayı öğrenmelerine katkısını $4,68 (\pm 0,43)$ ortalama puan ile “çok iyi” ye yakın olarak değerlendirmiş ve eğitim materyali olarak kullanılmasını öğretici bulmuşlardır.

Tüm bu sorunlar nedeniyle literatürde alternatif eğitim materyali olarak kullanılacak modeller tanımlamaya ihtiyaç vardır ve 3 boyutlu modellerin kullanımıyla ilgili çalışmalar yaygınlaşmıştır. Anestezi asistanların epidural eğitimlerine(8), radyoloji asistanlarının faset eklem enjeksiyonlarına(54) ve vertebra cerrahlarının pedikül vidası yerleştirmelerine(9,55) yardımcı olacak modeller daha önce tanımlanmıştır.

Park ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada 20 farklı modele 2 uzmanlık öğrencisi her biri 10 model kullanacak şekilde pedikül vidası yerleştirmiştir. Uzmanlık öğrencilerinin ilk ve son uygulamaları arasında süre ve pedikül vidası malpozisyonları karşılaştırılmış ve model kullanımıyla birlikte işlem sürelerinin anlamlı şekilde azaldığı ve pedikül vida malpozisyonlarının da anlamlı şekilde düştüğü gösterilmiştir(9). Bu da bizim 3 boyutlu modellerin asistan eğitiminde kullanılmasının cerrahi sonuçları geliştireceği yönündeki fikrimizi desteklemektedir.

Toplam kortikal penetrasyon sayıları kıdem yılına göre karşılaştırıldı. 3 yıl altındaki katılımcılar 33 vidada korteks penetrasyonu yaparken 3 yıl ve üzerindeki katılımcılar 12

kortikal penetrasyon yaptı. Gruplar arasında korteks penetrasyonu açısından anlamlı derecede bir farklılık bulundu ($p=0,008$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve 3 yıldan daha düşük kıdemde olmanın korteks penetrasyonu riskini 2.79 kat arttırdığı gösterildi. Nörolojik hasarla ilişkili olan kritik perforasyonda ise gruplar arasında anlamlı derecede bir farklılık bulundu ($p=0,001$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve 3 yıldan daha düşük kıdemde olmanın kritik korteks penetrasyonu riskini 6 kat arttırdığı gösterildi. Çalışmaya katılan hiçbir katılımcı daha önce birinci cerrah olarak spinal cerrahi yapmamıştı. İlk 3 yıl asistanlarının birinci cerrah olarak operasyona katılmadıkları ve son üç yıl asistanlarının sorumlu öğretim üyesi eşliğinde birinci cerrah olarak vakalara katıldığı düşünüldüğünde vertebra cerrahisi dışındaki cerrahi işlemleri yapmanın vertebra cerrahisinin öğrenme eğrisini de hızlandırdığı şeklinde yorumlanabilir.

Cerrahin deneyimi arttıkça, farklı cerrahi prosedürler için tedavi sonuçları iyileşmektedir. Primer kalça ve diz artroplastisi, revizyon kalça ve diz artroplastisi ve kalça kırıkları gibi ortopedik prosedürler için daha yüksek vaka hacimleri ile daha iyi klinik sonuçlar arasındaki ilişki gösterilmiştir(56–58). Lehman ve arkadaşları da tek bir cerrahın 8 yıllık sonuçlarını incelemiş ve 8 yılın sonunda pedikül vidası komplikasyonları açısından anlamlı farklılık bulmuş ve cerrahi tecrübe ile pedikül vidası komplikasyonlarının azaldığını göstermiştir(59).Gang ve arkadaşları da çalışmasında serbest el pedikül vidası uygulaması için komplikasyon oranının 60 tane pedikül vidası uygulamasından sonra kabul edilebilir düzeye geldiğini göstermiş ve ilk 60 pedikül vidasını tecrübeli bir vertebra cerrahisi ile beraber zorluk seviyesi daha düşük olan seviyelerde yapılmasını önermiştir(60). Biz de çalışmamızda farklı cerrahileri yapmanın pedikül vidası yerleştirme açısından klinik sonuçları iyileştireceği şeklinde yorumlanabilir.

Çalışmamızda nörolojik hasar ile ilişkili olan kritik korteks penetrasyonunun lomber seviyelere göre dağılımı da değerlendirildi. Kötü yerleştirilmiş 28 vidanın 20 tanesi deformitenin apeksi olan L2 ve L3 seviyesindeydi. Geri kalan 8 vida ise L1, L4 ve L5 seviyesindeydi. Kritik korteks perforasyonu ile lomber seviye Ki-Kare testi yardımı ile karşılaştırıldı. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu($p=0,001$). Ayrıca Odds ratio hesaplandı ve yerleştirilen vidanın deformite seviyesinde olmasının kötü yerleşim riskini 4,667 kat arttırdığı tespit edildi. Deformitenin hiç olmadığı L5 vertebra seviyesinde ise riskin 0,126 kat azaldığı gösterildi. Bu verilerden sonuçla tecrübesiz cerrahların Cobb açısını artmış ve ciddi deformitesi olan vakalar ile serbest el pedikül vidası koymanın zor olduğu pedikülü görece dar ve etrafında hayati

anatomik yapılar olan torakal sevipleri öğrenme eğrisini tamamladıktan sonra opere etmesini öneriyoruz.



6. SONUÇ

Günümüzde birçok alanda kullanılan ve devamlı gelişmekte olan üç boyutlu yazıcı teknolojisi ortopedik cerrahide de önemini giderek arttırmıştır. Kemik patolojileri taklit etmede oldukça başarılı olan bu yöntem cerraha birçok klinik senaryoyu önceden pratik yapmak şansı tanır. Şu anda eğitim açısından altın standart olan kadavra eğitimlerinin teknik ve etik zorlukları göz önüne alındığında üç boyutlu yazıcı modelleri gibi alternatif yöntemleri geliştirmek ve desteklemek önümüzdeki yıllarda kaçınılmaz olacaktır. Bizim çalışmamız da skolyoz modelinin daha önce bu ameliyatı hiç yapmamış cerrahlar tarafından kullanılmış ve değerlendirilmiş olması açısından önemlidir. Bu konuda yapılan öncü çalışmalar arasında yer almakta olup kullanım yöntemlerinin ve modellerin geliştirilebilmesi için literatürün bu tür yeni yayınlara ihtiyacı bulunmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Aebi M. The adult scoliosis. C. 14, European Spine Journal. 2005. s. 925-48.
2. Graham RB, Sugrue PA, Koski TR. Adult Degenerative Scoliosis [Internet]. 2016. Erişim adresi: www.clinicalspinesurgery.com
3. Samdani AF, Ranade A, Sciubba DM, Cahill PJ, Antonacci MD, Clements DH, vd. Accuracy of free-hand placement of thoracic pedicle screws in adolescent idiopathic scoliosis: how much of a difference does surgeon experience make? Eur Spine J. Ocak 2010;19(1):91-5.
4. Samdani AF, Ranade A, Saldanha V, Yondorf MZ. Learning curve for placement of thoracic pedicle screws in the deformed spine. Neurosurgery. Şubat 2010;66(2):290-4; discussion 294-5.
5. Öztürk AM, Süer O, Govsa F, Özer MA, Akçalı Ö. Patient-specific three-dimensional printing spine model for surgical planning in AO spine type-C fracture posterior long-segment fixation. Acta Orthop Traumatol Turc. 2022;56(2):138-46.
6. Senkoylu A, Daldal I, Cetinkaya M. 3D printing and spine surgery. C. 28, Journal of Orthopaedic Surgery. SAGE Publications Ltd; 2020.
7. Cho SK, Bridwell KH, Lenke LG, Cho W, Zebala LP, Pahys JM, vd. Comparative analysis of clinical outcome and complications in primary versus revision adult scoliosis surgery. Spine (Phila Pa 1976). 01 Mart 2012;37(5):393-401.
8. Han M, Portnova AA, Lester M, Johnson M. A do-it-yourself 3D-printed thoracic spine model for anesthesia resident simulation. PLoS One. 2020;15(3).
9. Park HJ, Wang C, Choi KH, Kim HN. Use of a life-size three-dimensional-printed spine model for pedicle screw instrumentation training. J Orthop Surg Res. 16 Nisan 2018;13(1).
10. Thayaparan GK, Owbridge MG, Thompson RG, D'Urso PS. Designing patient-specific solutions using biomodelling and 3D-printing for revision lumbar spine surgery. European Spine Journal. 01 Haziran 2019;28:18-24.
11. Faldini C, Di Martino A, De Fine M, Miscione MT, Calamelli C, Mazzotti A, vd. Current classification systems for adult degenerative scoliosis. C. 97, Musculoskeletal Surgery. 2013. s. 1-8.
12. Smith JS, Shaffrey CI, Kuntz C, Mummaneni P V. Classification systems for adolescent and adult scoliosis. C. 63, Neurosurgery. 2008.

13. Graham RB, Sugrue PA, Koski TR. Adult Degenerative Scoliosis [Internet]. 2016. Erişim adresi: www.clinicalspinesurgery.com
14. Birknes JK, Harrop JS, White AP, Albert TJ, Shaffrey CI. Adult degenerative scoliosis: A review. C. 63, Neurosurgery. 2008.
15. Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, Bridwell KH. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King/Moe and Lenke classification systems. Spine (Phila Pa 1976). 01 Eylül 2006;31(19 Suppl):S119-25.
16. Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, Berven S, Glassman S, Harrast J, vd. A clinical impact classification of scoliosis in the adult. Spine (Phila Pa 1976). 15 Ağustos 2006;31(18):2109-14.
17. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, vd. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: A validation study. Spine (Phila Pa 1976). 20 Mayıs 2012;37(12):1077-82.
18. Kirkaldy-Willis WH, Wedge JH, Yong-Hing K, Reilly J. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylosis and stenosis. Spine (Phila Pa 1976). Aralık 1978;3(4):319-28.
19. McAviney J, Roberts C, Sullivan B, Alevras AJ, Graham PL, Brown BT. The prevalence of adult de novo scoliosis: A systematic review and meta-analysis. C. 29, European Spine Journal. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2020. s. 2960-9.
20. Smith JS, Shaffrey CI, Fu KMG, Scheer JK, Bess S, Lafage V, vd. Clinical and Radiographic Evaluation of the Adult Spinal Deformity Patient. Neurosurg Clin N Am [Internet]. 2013;24(2):143-56. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1042368012001489>
21. Sugrue PA, McClendon JJ, Smith TR, Halpin RJ, Nasr FF, O'Shaughnessy BA, vd. Redefining Global Spinal Balance: Normative Values of Cranial Center of Mass From a Prospective Cohort of Asymptomatic Individuals. Spine (Phila Pa 1976) [Internet]. 2013;38(6). Erişim adresi: https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/2013/03150/Redefining_Global_Spinal_Balance__Normative_Values.6.aspx
22. Silva FE, Lenke LG. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management. Neurosurgical Focus FOC [Internet]. 2010;28(3):E1. Erişim adresi: <https://thejns.org/focus/view/journals/neurosurg-focus/28/3/2010.1.focus09271.xml>

23. Kuru T, Yeldan İ, Dereli EE, Özdiñçler AR, Dikici F, Çolak İ. The efficacy of three-dimensional Schroth exercises in adolescent idiopathic scoliosis: a randomised controlled clinical trial. *Clin Rehabil* [Internet]. 16 Mart 2015;30(2):181-90. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1177/0269215515575745>
24. van Dam BE. Nonoperative treatment of adult scoliosis. *Orthop Clin North Am*. Nisan 1988;19(2):347-51.
25. Fu KMG, Rhagavan P, Shaffrey CI, Chernavvsky DR, Smith JS. Prevalence, severity, and impact of foraminal and canal stenosis among adults with degenerative scoliosis. *Neurosurgery*. Aralık 2011;69(6):1181-7.
26. Marty-Poumarat C, Scattin L, Marpeau M, Garreau de Loubresse C, Aegerter P. Natural history of progressive adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 15 Mayıs 2007;32(11):1227-34; discussion 1235.
27. Gupta MC. Degenerative scoliosis: Options for surgical management. *Orthopedic Clinics of North America* [Internet]. 2003;34(2):269-79. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030589803000294>
28. Simmons ED. Surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis with associated scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. Mart 2001;(384):45-53.
29. Houten JK, Nasser R. Symptomatic progression of degenerative scoliosis after decompression and limited fusion surgery for lumbar spinal stenosis. *J Clin Neurosci*. Nisan 2013;20(4):613-5.
30. Cho KJ, Suk SI, Park SR, Kim JH, Kim SS, Lee TJ, vd. Short fusion versus long fusion for degenerative lumbar scoliosis. *Eur Spine J*. Mayıs 2008;17(5):650-6.
31. Tong Y, Kaplan DJ, Spivak JM, Bendo JA. Three-dimensional printing in spine surgery: a review of current applications. *C. 20, Spine Journal*. Elsevier Inc.; 2020. s. 833-46.
32. Wilcox B, Mobbs RJ, Wu AM, Phan K. Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play. *Journal of Spine Surgery*. Eylül 2017;3(3):433-43.
33. Martelli N, Serrano C, van den Brink H, Pineau J, Prognon P, Borget I, vd. Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review. *Surgery*. Haziran 2016;159(6):1485-500.
34. Negi S, Dhiman S, Kumar Sharma R. Basics and applications of rapid prototyping medical models. *Rapid Prototyp J*. 14 Nisan 2014;20(3):256-67.

35. Liu Q, Leu MC, Schmitt SM. Rapid prototyping in dentistry: technology and application. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 17 Haziran 2006;29(3-4):317-35.
36. Garg B, Mehta N. Current status of 3D printing in spine surgery. C. 9, *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. Elsevier B.V.; 2018. s. 218-25.
37. Tong Y, Kaplan DJ, Spivak JM, Bendo JA. Three-dimensional printing in spine surgery: a review of current applications. C. 20, *Spine Journal*. Elsevier Inc.; 2020. s. 833-46.
38. Cai H, Liu Z, Wei F, Yu M, Xu N, Li Z. 3D printing in spine surgery. İçinde: *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Springer New York LLC; 2018. s. 345-59.
39. Garg B, Mehta N. Current status of 3D printing in spine surgery. *J Clin Orthop Trauma*. Temmuz 2018;9(3):218-25.
40. Sheha ED, Gandhi SD, Colman MW. 3D printing in spine surgery. *Ann Transl Med*. Eylül 2019;7(S5):S164-S164.
41. Lopez CD, Boddapati V, Lee NJ, Dyrszka MD, Sardar ZM, Lehman RA, vd. Three-Dimensional Printing for Preoperative Planning and Pedicle Screw Placement in Adult Spinal Deformity: A Systematic Review. C. 11, *Global Spine Journal*. SAGE Publications Ltd; 2021. s. 936-49.
42. Wilcox B, Mobbs RJ, Wu AM, Phan K. Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play. *Journal of Spine Surgery*. Eylül 2017;3(3):433-43.
43. D'Urso PS, Barker TM, Earwaker WJ, Bruce LJ, Atkinson RL, Langan MW, vd. Stereolithographic biomodelling in cranio-maxillofacial surgery: a prospective trial. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. Şubat 1999;27(1):30-7.
44. D'Urso PS, Williamson OD, Thompson RG. Biomodeling as an Aid to Spinal Instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. Aralık 2005;30(24):2841-5.
45. Li Z, Li Z, Xu R, Li M, Li J, Liu Y, vd. Three-dimensional printing models improve understanding of spinal fracture—A randomized controlled study in China. *Sci Rep*. 23 Haziran 2015;5(1):11570.
46. Wu AM, Wang K, Wang JS, Chen CH, Yang XD, Ni WF, vd. The addition of 3D printed models to enhance the teaching and learning of bone spatial anatomy and fractures for undergraduate students: a randomized controlled study. *Ann Transl Med*. Ekim 2018;6(20):403-403.

47. Park HJ, Wang C, Choi KH, Kim HN. Use of a life-size three-dimensional-printed spine model for pedicle screw instrumentation training. *J Orthop Surg Res.* 16 Nisan 2018;13(1).
48. Izatt MT, Thorpe PLPJ, Thompson RG, D'Urso PS, Adam CJ, Earwaker JWS, vd. The use of physical biomodelling in complex spinal surgery. *European Spine Journal.* Eylül 2007;16(9):1507-18.
49. Liang W, Han B, Hai JJ, Hai Y, Chen L, Kang N, vd. 3D-printed drill guide template, a promising tool to improve pedicle screw placement accuracy in spinal deformity surgery: A systematic review and meta-analysis. *C. 30, European Spine Journal.* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. s. 1173-83.
50. Şarlak AY, Tosun B, Atmaca H, Sarisoy HT, Buluç L. Evaluation of thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal.* 14 Aralık 2009;18(12):1892-7.
51. Liang W, Han B, Hai JJ, Hai Y, Chen L, Kang N, vd. 3D-printed drill guide template, a promising tool to improve pedicle screw placement accuracy in spinal deformity surgery: A systematic review and meta-analysis. *C. 30, European Spine Journal.* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. s. 1173-83.
52. Wu AM, Lin JL, Kwan KYH, Wang XY, Zhao J. 3D-printing techniques in spine surgery: the future prospects and current challenges. *C. 15, Expert Review of Medical Devices.* Taylor and Francis Ltd; 2018. s. 399-401.
53. Learch TJ, Massie JB, Pathria MN, Ahlgren BA, Garfin SR. Assessment of Pedicle Screw Placement Utilizing Conventional Radiography and Computed Tomography: A Proposed Systematic Approach to Improve Accuracy of Interpretation. *C. 29, SPINE.* 2004.
54. Li Y, Li Z, Ammanuel S, Gillan D, Shah V. Efficacy of using a 3D printed lumbosacral spine phantom in improving trainee proficiency and confidence in CT-guided spine procedures. *3D Print Med.* 10 Aralık 2018;4(1):7.
55. Patchana T, Ramnot A, Farr S, Ku A, Ghauri M, Crouch A, vd. Thoracic Pedicle Screw Placement Utilizing Hands-On Training Session on Three-Dimensional Models. *Cureus.* 29 Ağustos 2022;
56. Shervin N, Rubash HE, Katz JN. Orthopaedic Procedure Volume and Patient Outcomes. *Clin Orthop Relat Res.* Nisan 2007;457:35-41.

57. Shah SN, Wainess RM, Karunakar MA. Hemiarthroplasty for Femoral Neck Fracture in the Elderly. *J Arthroplasty*. Haziran 2005;20(4):503-8.
58. Katz JN, Losina E, Barrett J, Phillips CB, Mahomed NN, Lew RA, vd. Association Between Hospital and Surgeon Procedure Volume and Outcomes of Total Hip Replacement in the United States Medicare Population*. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. Kasım 2001;83(11):1622-9.
59. Lehman RA, Lenke LG, Keeler KA, Kim YJ, Cheh G. Computed Tomography Evaluation of Pedicle Screws Placed in the Pediatric Deformed Spine Over an 8-Year Period. *Spine (Phila Pa 1976)*. Kasım 2007;32(24):2679-84.
60. Gang C, Haibo L, Fancai L, Weishan C, Qixin C. Learning curve of thoracic pedicle screw placement using the free-hand technique in scoliosis: how many screws needed for an apprentice? *European Spine Journal*. 12 Haziran 2012;21(6):1151-6.

8. EKLER

FORMU DOLDURANIN

UNVANI	
KAÇ AYLIK ASİSTAN	
BAĞLI OLDUĞU BİRİM	
TARİH	

	Katılımcıların modelin uygunluğuna ilişkin değerlendirmesi	Çok iyi	İyi	İdare eder	Kötü	Çok kötü
1	Lomber omurga anatomisinin görsel tasarımı ne kadar gerçekçi?					
2	Yumuşak doku taklidi ne kadar gerçekçi?					
3	Kemik dokusu taklidi ne kadar gerçekçi?					
4	Vida uygulama basamağı ne kadar gerçekçi?					
5	Drill veya vida ile korteksleri geçerken hissedilen direnç kaybı ne kadar gerçekçi?					
6	Modelin bir öğretim aracı olarak ne kadar yararlı olduğunu düşünüyorsunuz?					

	Katılımcıların uygulama adımlarının zorluğuna ilişkin değerlendirilmesi	Çok zor	Zor	Ortalama	Kolay	Çok Kolay
1	Modeldeki anatomik bölgeleri tanımlamak ve lomber seviye hakkında tahmin yapmak					
2	Pedikül vidaların yerleştirileceği başlangıç pozisyonun belirlenmesi					
3	Rotasyonel deformiteyi ve pedikül vidasının doğrultusunu hesaplayabilmek					
4	Modeli drillerken “direnç kaybı” hissedilmesi ve vida boyuna karar verilmesi					

	Katılımcıların, modelin pedikül vidası yerleştirmeyi öğrenmelerine katkısı hakkındaki değerlendirmesi	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Fikrim yok	Katılmıyorum	Keinlikle katılmıyorum
1	Lomber de novo skolyoz modeli bana vidaların yerleşim yerini görselleştirmede ve deformiteyi anlamada yardımcı oldu					
2	Lomber de novo skolyoz modeli bana pedikül vidası yerleştirmek için el becerimi geliştirmede yardımcı oldu					
3	Lomber de novo skolyoz modeli bana kortesksi geçerken oluşan direnç kaybı hissini öğrenmem konusunda yardımcı oldu					
4	Lomber de novo skolyoz modeli bana hastada posterior yaklaşımla deformite düzeltmesine hazırlanma konusunda yardımcı oldu					

	Katılımcıların üç boyutlu model kullanımı ve yapılan uygulama hakkındaki düşünceleri	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Fikrim yok	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
1	Üç boyutlu model yardımı ile deformiteyi net olarak görüp sınıflamasını yapabildim					
2	Vertebranın anatomik uzunluklarını ve pedikülleri net olarak ayırt edebildim					
3	Kullanılan model pedikül vidası boyuna karar vermemde yardımcı oldu					
4	Kullanılan model pediküler vidasının giriş yerini belirlemede yardımcı oldu					
5	Kullanılan model pediküler vidanın giriş açısının belirlenmesinde yardımcı oldu					
6	Bu modeli kullanarak yapılacak ameliyatı, meslektaşlarıma rahatça anlatabilirim					
7	Bu görüntüler ile yapılacak ameliyatı hasta ve hasta yakınlarına rahatça açıklayabilirim					
8	Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyat süremi kısaltacağını düşünüyorum					
9	Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta skopi çekim sayısının azalacağını düşünüyorum					
10	Üç boyutlu model kullanılması ile ameliyatta kanama miktarının azalacağını düşünüyorum					

Tez Benzeşim Raporu

ORJİNALLİK RAPORU

% **4**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **4**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **1**

YAYINLAR

% **1**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 1
2	med.ege.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
3	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<% 1
4	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
5	jag.journalagent.com İnternet Kaynağı	<% 1
6	openaccess.biruni.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	acikerisim.aku.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
8	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
9	eprints.uad.ac.id İnternet Kaynağı	<% 1

10	dspace.trakya.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
11	www.journals.usp.br İnternet Kaynağı	<% 1
12	acikerisim.kirklareli.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
13	acikarsiv.aydin.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
14	midwifery-ataunipress.org İnternet Kaynağı	<% 1
15	Submitted to Ege Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<% 1
16	Submitted to Istanbul Medipol Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<% 1
17	journals.vnu.volyn.ua İnternet Kaynağı	<% 1
18	www.boyutkat.com İnternet Kaynağı	<% 1
19	ALTUN, Murat, MEMNUN SEZGİN, Dilek and YAZGAN, Yeliz. "Sınıf Öğretmeni Adaylarının Rutin Olmayan Matematiksel Problemleri Çözme Becerileri ve Bu Konudaki Düşünceleri", Öğretmen Eğitimi Akademisi-Maya Akademi, 2007. Yayın	<% 1

20	lsej.org.ua İnternet Kaynağı	<% 1
21	eprints.rclis.org İnternet Kaynağı	<% 1
22	tez.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
23	core.ac.uk İnternet Kaynağı	<% 1
24	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<% 1
25	st8.tr.gg İnternet Kaynağı	<% 1
26	www.eab.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
27	www.ftrdergisi.com İnternet Kaynağı	<% 1
28	www.odevsel.com İnternet Kaynağı	<% 1
29	"EUROANAESTHESIA 2006: Annual Meeting of the European Society of Anaesthesiology, Madrid, Spain, June 3-6, 2006", European Journal of Anaesthesiology, 06/2006 Yayın	<% 1