



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

SPİNAL ENSTRUMENTASYON CERRAHİSİNDE 3D BT  
NAVİGASYON SİSTEMİ VE SERBEST EL TEKNİĞİ İLE YERLEŞTİRİLEN  
PEDİKÜL VİDALARININ POZİSYONLARININ RETROSPEKTİF OLARAK  
KARŞILAŞTIRILMASI

Dr Eyyüp ÇETİNER

UZMANLIK TEZİ

BURSA - 2019



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

SPİNAL ENSTRUMENTASYON CERRAHİSİNDE 3D BT  
NAVİGASYON SİSTEMİ VE SERBEST EL TEKNİĞİ İLE YERLEŞTİRİLEN  
PEDİKÜL VİDALARININ POZİSYONLARININ RETROSPEKTİF OLARAK  
KARŞILAŞTIRILMASI

Dr Eyyüp ÇETİNER

UZMANLIK TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Burak AKESEN

BURSA - 2019

## İÇİNDEKİLER

Özet.....	ii
İngilizce Özet. ....	iv
Kisaltmalar Listesi.....	vi
Giriş ve Amaç .....	1
Anatomi.....	3
Pedikül Vidası Yerleştirmede Görüntüleme Teknikleri..	7
Gereç ve Yöntem .....	10
Cerrahi Teknik.....	12
İntraoperatif 3D BT Navigasyon Sistemi.....	13
İstatistiksel Değerlendirme.....	17
Bulgular .....	18
Tartışma ve Sonuç.....	24
Kaynaklar .....	30
Teşekkür.....	34
Özgeçmiş.....	35

## ÖZET

**Amaç:** Spinal cerrahi günümüzde giderek artan bir sıklıkta uygulanmaktadır. Omurga deformiteleri, spinal stenoz ve omurga kırıklarında pedikül vidalarıyla enstrumantasyon yaygın kullanılan bir yöntemdir. Bu enstrumantasyon uygulamasının, medulla spinalis, sinir kökleri, büyük damar ve iç organların yakın komşulukları nedeniyle uygun şekilde yapılması önem taşımaktadır. Pedikül vida uygulaması serbest el tekniği, floroskopi eşliğinde, 3D-BT navigasyon rehberliğinde ya da robotik sistemler kontrolünde yapılabilir. Çalışmamızda amaç kurumumuzda serbest el tekniği ve 3D-BT navigasyon rehberliğinde yerleştirilmiş pedikül vidalarının pozisyonlarını uygunluk açısından retrospektif olarak karşılaştırmaktır.

**Gereç ve Yöntem:** 2016-2018 yıllarında Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde kifoz ve skolyoz tanıları olan posterior yaklaşımla spinal enstrumantasyon uygulanmış hastalar retrospektif olarak değerlendirildi. Vida pozisyonları Gertzbein and Robins sınıflamasına göre hem transvers hem de anterior penetrasyon açısından değerlendirildi (A:0 mm penetrasyon, B:<2mm,C:<4mm, D:<6mm, E:<6mm).

**Bulgular:** Aynı cerrah tarafından opere edilmiş, toplam 73 hasta çalışmaya dahil edildi. Serbest el tekniği ile 40 hastaya 962 adet, 3D-BT navigasyon eşliğinde 33 hastaya 702 adet vida yerleştirilmiş olduğu gözlemlendi.

**Sonuç:** 3D-BT navigasyon rehberliğinde yerleştirilmiş olan vidaların transvers penetrasyon açısından ( A: 629 (%89,6); B: 39 (%5,6); C:14 (%2); D:11(%1,6); E:9 (%1,3)), serbest el tekniği ile yerleştirilmiş olan vidalara (A:736 (%76,5); B:116 (%12,1); C:59 (%6,1); D:39 (%4,1); E: 12 (%1,2)) kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha iyi pozisyonda yerleştirilmiş olduğu görüldü. Anterior penetrasyon açısından da yine 3D-BT Navigasyon grubunda daha başarılı sonuçlar gözlemlendi. Ayrıca her iki grupta da lomber

vertebralardaki vidaların torakal vertebralardakilere göre daha iyi pozisyonda yerleştirilmiş olduğu görüldü.

**Anahtar Kelimeler:** 3D-BT, Navigasyon, Serbest el, Pedikül vidası, Enstrumantasyon



## SUMMARY

**Purpose:** Spinal surgery is being more frequently performed day by day. In spinal deformities, spinal stenosis and spinal fractures, instrumentation with pedicle screws is a widely used method. Medulla spinalis is located in the vertebral canal and the spinal nerve roots pass through the intervertebral foramen. It depends on its importance to insert the screws in the appropriate position within the pedicle. Pedicle screws can be inserted in free-hand technique without any imaging, with fluoroscopic image intensifier, in association with 3D-CT navigation system or with robotic systems. The aim of this study is to compare the accuracy of pedicle screws inserted in our institution with free hand technique and associated with 3D-CT navigation system.

**Materials and Methods:** Patients who underwent spinal instrumentation with the diagnosis of kyphosis and scoliosis in 2016-2018 at Uludağ University Medical Faculty Hospital were evaluated retrospectively. Screw positions were evaluated according to Gertzbein and Robins classification (A: no penetration, B:<2mm, C:<4mm, D:<6mm, E:<6mm). A total of 77 patients operated by the one surgeon were included in the study. 40 patients with free hand technique, 962 screws, 33 patients with 3D-CT navigation system associated, 702 screws, were observed.

**Results:** The screws placed in the 3D-CT navigation guidance were found to be placed in a statistically significantly better position (A: 629 (%89,6); B: 39 (%5,6); C:14 (%2); D:11(%1,6); E:9 (%1,3)) compared to the screws placed with free hand technique (A:736 (%76,5); B:116 (%12,1); C:59 (%6,1); D:39 (%4,1); E: 12 (%1,2)) for transverse penetration. In terms of anterior penetration, more successful results were observed in the 3D-CT Navigation group. In addition, in both groups, the screws in the lumbar vertebrae were better placed than the thoracic vertebrae.

**Conclusion:** 3D-CT navigation is safer than the free hand technique for pedicle screw insertion.

**Keywords:** 3D-BT, Navigation, Free hand, Pedicle screw, Instrumentation



## KISALTMALAR LİSTESİ

**BT:** Bilgisayarlı Tomografi

**3D:** Üç Boyutlu

**C:** Servikal vertebra

**T:** Torakal vertebra

**L:** Lomber vertebra

**S:** Sakral vertebra

**EMG:** Elektromyografi

**LED:** Light Emitting Diodes

**VKi:** Vücut kitle indeksi

**ML:** Mililitre

**mSv:** MiliSievert



## GİRİŞ VE AMAÇ

İnsan bedeninin yerçekimine karşı ayakta kalmasında büyük görev yapan omurga, iskelet sisteminin önemli bir parçasıdır. Kas ve ligamanlarla birlikte yaptığı mekanik destek görevinin dışında, çevrelediği medulla spinalisin de korunmasını sağlar. Omurgada vücudun postürünü de etkileyen çeşitli deformiteler görülmektedir. Omurga deformiteleri antik çağlardaki figürlere de yansımış olup ilk kez Hipokrat'ın "Corpus Hippocraticum" adlı eserinde bahsedilmiştir.

Hipokrat geliştirdiği scammon (merdiven düzeneği) ile deformiteleri düzeltmek amacıyla aksiyel traksiyon uygulamıştır (Şekil-1) (1). Tarihsel süreç içinde omurga deformiteleri alçı, traksiyon, manipülasyon, ortez gibi konservatif tedavi yöntemleri ile tedavi edilmişlerdir.



**Şekil-1:** a: Corpus Hippocraticum, b: Scammon.

1900'lerin başında röntgenin keşfedilmesi deformitelerin daha anlaşılabilir hale gelmesine olanak sağladı. 1911'de Russell Hibbs tarafından ilk posterior spinal füzyon ameliyatı gerçekleştirildi (2). 1950'li yıllarda

Harrington geliştirdiği distraksiyon ve kompresyon yapmaya olanak veren kancalı rod sistemleri ile başarılı sonuçlar elde ederek posterior spinal enstrumantasyonda yeni bir dönem başlatmıştır (3). Harrington rod sistemi tüm dünyada yaygın kullanım alanı bulmuştur. 1990'lara gelindiğinde ise posterior pedikül vidalarıyla segmenter fiksasyon uygulanmaya başlanmıştır. İlk dönemlerde çengellerle birlikte kullanılan pedikül vidaları yapılan araştırmalarda daha yüksek oranda düzeltme sağladığı için tek başlarına kullanılmaya başlanmıştır (4).

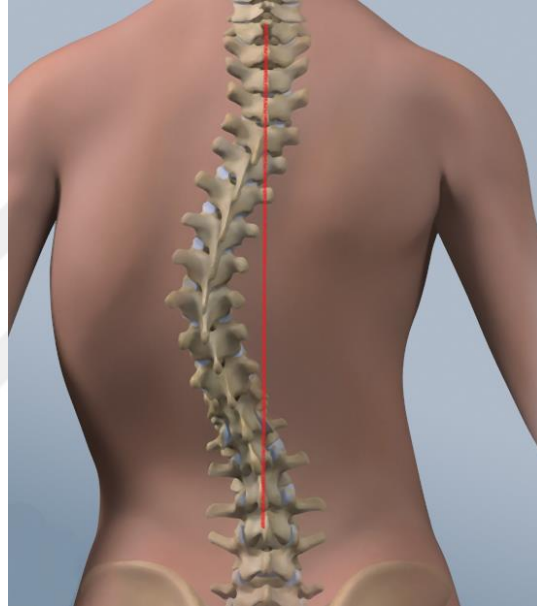
Günümüzde cerrahi tekniklerde ve enstrumantasyon materyallerinde elde edilen gelişmelere paralel olarak spinal enstrumantasyon cerrahisi uygulama sıklığı artmıştır. Ülkemizde 2010-2011-2012 yıllarında sırasıyla 14.076-18.736-25.725 spinal enstrumantasyon ameliyatı uygulanmıştır (5).

Pediküler vida yerleştirilirken pedikül anatomisinin çok iyi bilinmesi gereklidir. Vertebral kanal içinde yer alan medulla spinalis, pediküllere yakın yerleşim gösteren spinal kökler, vertebral kolonun önünde seyreden vena cava inferior, aort, ductus torasikus ve iç organlar vidaların hatalı yerleştirilmesi durumunda zarar görebilecek anatomik yapılardır. Cerrahi sırasında nöromonitörizasyon kullanımı yaygınlaşmış olup nörolojik zedelenmelerin takibi açısından destek sağlamaktadır. Literatürde nörolojik defisit oranları %0,26 ile %17 arasında değişmektedir (6). Günümüzde floroskopi eşliğinde, bilgisayarlı tomografi (BT) navigasyon ve robotik sistemler eşliğinde vida yerleştirilmesi, komplikasyon riskini azaltmıştır.

Bu çalışmada omurga deformitesi (kifo ve skolyoz) nedeniyle posterior enstrumantasyon uygulanan hastalarda vida yerleştirilmesi sırasında kullanılan serbest el tekniği ve üç boyutlu (3D) BT navigasyon sistemi desteği ile yerleştirilen pedikül vidalarının pozisyonlarının uygunluk açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

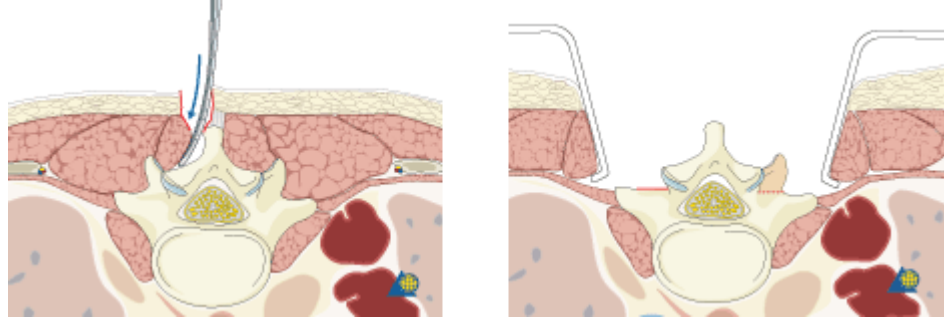
## I. Cerrahi Anatomi

Enstrumantasyon uygulanacak seviyenin bir veya iki seviye yukarisından bir seviye aşağısına kadar insizyon yapılmalıdır. Cilt insizyonu postoperatif kalacak nedbe dokusunun daha uygun görünmesi için düz uygulanır (Şekil-2).



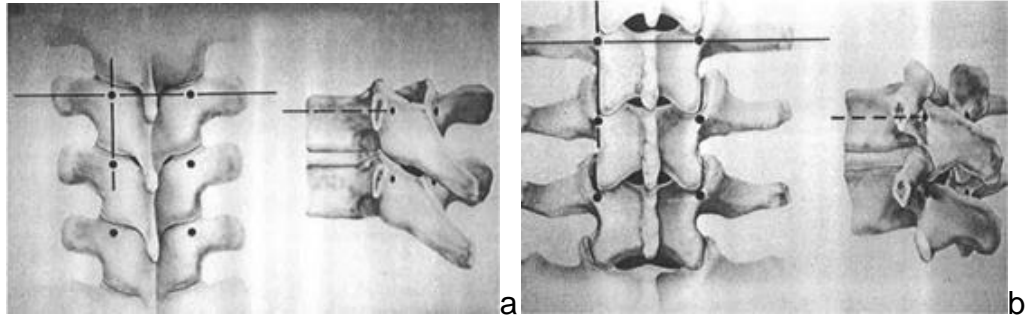
**Şekil-2:** Cilt insizyonu.

Spinöz çıkıntılar ortaya konulduktan sonra, kaslar Cobb Elevatörü yardımıyla subperiostal olarak sıyrılır (Şekil-3). Subperiostal sıyırma kas hasarını ve kanamayı minimale indirir (7). Omurganın ligamentleri ve kısa rotator kasların oblik yerleşiminden dolayı kaudalden sefale doğru diseksiyon yapmak daha kolaydır. Transvers çıkıntılarının ucuna kadar diseksiyon devam ettirilir. Kemikler cerrahi kılavuz noktalarının saptanabilmesi için üzerlerindeki yumuşak dokulardan tamamen sıyrılmalıdır. Böylece omurga enstrumantasyona hazır hale getirilmiş olur.



**Şekil-3:**Subperiostal sıyırma.

Pedikül vidaları yerleştirilirken giriş noktası genelde kesişim tekniği ile belirlenir (7). Torakal vertebralarda inferior artiküler yüzeylerin ortasından geçen dikey hat ile transvers çıkıntılarının ortasından geçen transvers hattın kesişim noktasıdır. Lomber vertebralarda da yine transvers çıkıntıdan geçen hat ile facet eklemin ortasından geçen dikey hattın kesişim noktasıdır (Şekil-4).

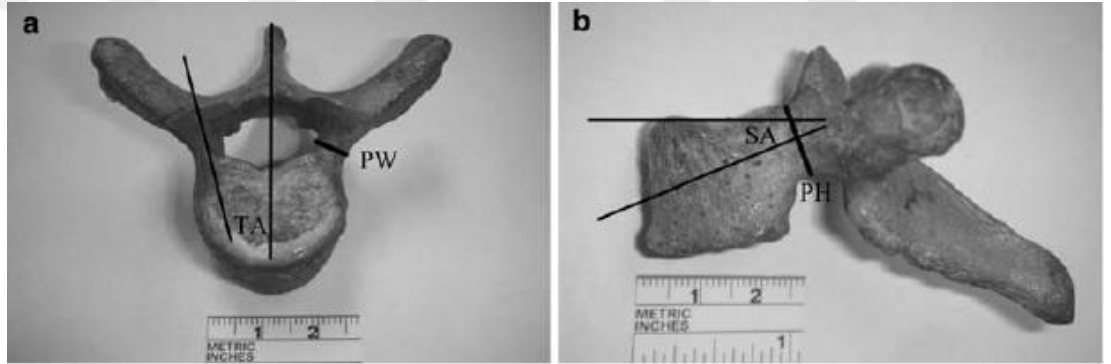


**Şekil-4:** Torakal (a) ve lomber (b) vertebra pedikül giriş noktaları.

Servikal vertebra pediküllerine vida yerleştirmek anterior veya lateralden plak fiksasyonuna göre daha fazla risk taşıdığı için tartışmalıdır (7).

Pedikül boyut ve açıları üst torakal omurgadan aşağı inildikçe değişir. Bu ilişkilerin bilinmesi pedikül vida tutunumu sağlanacak bir yer olarak

düşünüldüğünde daha önemlidir. Torakal (T) birinci vertebradan lomber (L) beşinci vertebraya kadar ölçülen 2905 pedikülde transvers planda L5 en kalın ve T5 en ince olarak bulunmuştur (7). Sagittal planda ise T11 en kalın T1 ise en ince olarak bulunmuştur (7). Pedikül genişliği T1'den T4'e doğru dramatik olarak azalmakta iken sonrasında T12'ye kadar dereceli olarak artar, L1 den L4'e doğru genişlik yine artar ve L5'te maksimum olur (8). Pedikül yüksekliği T1'den T12'ye doğru artar, L2'den L5'e doğru ise azalır, L1'de ise L2'den biraz daha küçüktür (8). Pedikül vida yerleştirilmesi sırasında gözardı edilmemesi gereken diğer bir husus da pedikülün açılal yönelimidir (Şekil-5). Transvers açı T1 de en büyük olup T12'ye doğru azalmakta ve T12 de en küçük açiya ulaşır, L1'den L5'e doğru ise tekrar büyüme gösterir. Sagittal açı ise tam bir sıralama göstermez. En büyük sagittal açı T2'de, en küçük ise L5'de gözlenir (8). Shiu-Bii Lien ve ark.'nın (8) yaptığı kadavra çalışmasında gözlemledikleri transvers ve sagittal açı değerleri tablo olarak verilmiştir (Tablo-1).



**Şekil-5:** Pedikülün transvers (a) ve sagittal (b) açıları, TA: transvers açı, SA: sagittal açı, PW: pedikül genişliği, PH: pedikül yüksekliği.

**Tablo-1:**Tüm vertebra pediküllerinin transvers ve sagittal açı değerleri.

	Transvers Açı (Derece)		Sagittal Açı (Derece)	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
T1	27.8 ± 4.1	28.6 ± 4.5	12.4 ± 2.3	10.8 ± 1.8
T2	26.1 ± 3.2	26.6 ± 4.1	18.6 ± 3.1	19.2 ± 3.5
T3	22.4 ± 3.7	24.2 ± 3.5	16.4 ± 2.5	16.8 ± 2.4
T4	23.1 ± 2.6	22.6 ± 3.4	15.3 ± 2.1	14.7 ± 2.2
T5	17.3 ± 2.8	19.1 ± 2.9	17.6 ± 2.7	18.1 ± 2.3
T6	15.6 ± 2.4	15.2 ± 2.1	16.1 ± 2.2	16.9 ± 2.5
T7	12.5 ± 1.7	13.1 ± 2.2	14.3 ± 2.0	12.5 ± 1.8
T8	14.2 ± 1.5	13.4 ± 1.2	13.8 ± 2.2	14.5 ± 2.5
T9	10.9 ± 1.6	14.1 ± 2.3	12.7 ± 1.9	13.4 ± 1.7
T10	8.4 ± 1.3	9.6 ± 1.5	13.2 ± 2.4	13.7 ± 1.6
T11	8.1 ± 1.6	7.9 ± 1.3	12.4 ± 1.8	11.9 ± 1.5
T12	7.4 ± 1.5	8.4 ± 1.4	10.2 ± 1.7	11.2 ± 1.4
L1	8.3 ± 3.1	8.6 ± 2.5	5.4 ± 1.2	6.8 ± 2.1
L2	11.5 ± 2.7	13.2 ± 2.8	5.1 ± 0.9	5.8 ± 1.5
L3	14.1 ± 3.4	16.4 ± 3.7	4.6 ± 0.7	5.4 ± 0.8
L4	19.7 ± 3.2	18.1 ± 3.4	3.5 ± 0.8	3.2 ± 0.6
L5	25.3 ± 4.7	23.4 ± 3.9	2.8 ± 0.7	3.0 ± 0.8

## II. Pedikül Vidası Yerleştirmede Görüntüleme Teknikleri

Modern spinal cerrahide torakolomber vertebralarda pedikül vidası ile fiksasyon sık kullanılır. Pedikül vidaları, ilk kullanılmaya başlandığı dönemde, laminoforaminotomi ya da kostotransversektomi gibi cerrahi açılımlar sonucu pedikülün direkt görölmesiyle yerleştirilmiştir. Bu açılımlar büyük ve riskli işlemlerdir. Devam eden süreç içinde daha kısıtlı açılımla vida yerleştirilmesine yardımcı olan çeşitli yöntemler saptanmıştır. Pedikül vidası yerleştirilmesinde günümüzde serbest el, floroskopi yardımcı, BT yardımcı ve robot yardımcı teknikler kullanılır.

Serbest el tekniği ile anatomik belirteçler gözetilerek vida yerleştirilirken; drill alanına salinle irrigasyon yapılması (9), intraoperatif küçük fleksible endoskoplara pedikülün gözlenmesi (10) gibi yardımcı ek yöntemler geliştirilmiştir. Eş zamanlı uyarılmış elektromyografi (EMG), işlem sırasında sinir köklerinde oluşan irritasyonları ortaya koyarak olası hasarlanmaları cerrahi sırasında haber vermektedir (11). Literatürde serbest el tekniği ile yerleştirilmiş vidalarda %71,9 (12) ile %98,3 (13) aralığında uygun vida yerleşimi sonuçları bildirilmiştir. Uygunsuz vida yerleşimleri genelde orta torasik bölgede gözlenmiştir. Ayrıca bu teknikte anlamlı bir öğrenme eğrisi olduğu, %71,9 uygunluk oranı olan çalışmanın son dörtte birlik kısmında bu oranın %84 e çıkması ile gözlemlenmiştir (12). Serbest el tekniğinin diğerlerine üstünlüğü radyasyon maruziyetinin olmaması ve cerrahi sürenin kısa olmasıdır (14).

Seri radyografiler, vida yerleştirilmesi sırasında ilk kullanılan görüntüleme yöntemidir. Filmlerin hazırlanması için zaman gerekmesi, görüntünün devamlı değil statik ve anlık olması, ayrıca tek planlı görüntü vermesi dezavantajlarıdır (15). Floroskopide bu kısıtlamalar bir derece kalkmıştır. 2 yönlü, eş zamanlı ve devamlı görüntü sayesinde vida pozisyonu daha değerlendirilebilir hale gelmiştir. Floroskopi dünya genelinde yaygın kullanılmıştır. 2009 yılında, dünya genelinde AOSpine üyesi 3348 spinal

cerrah arasında yapılan bir anket çalışmasında %78'inin floroskopiye primer görüntüleme yöntemi olarak ve rutin kullandığı gözlenmiştir (16). Floroskopide uzamış cerrahi süre, radyasyon maruziyeti başlıca dezavantajlardır. Perisinakis ve ark. (17) yaptıkları çalışmada floroskopi kontrolünde hastalara ortalama 4,8 adet pedikül vidası yerleştirmişler ve bu cerrahinin hastalarda kanser oluşturma ihtimalini milyonda 110 olarak bulmuşlardır. Gündelik hayatta spontan kanser oluşma ihtimalinin ise milyonda 200000 olarak belirtildiği çalışmada floroskopi sırasındaki radyasyon maruziyetinin tolere edilebilir olduğu ifade edilmiştir (17). Floroskopi eşliğinde çalışan ve skolyoz cerrahisi yapan bir cerrahla yapılan çalışmada, tüm vücut ve tiroidin işlem sırasında maruz kaldığı radyasyon hesaplanmış ve 10 yıl içinde tolere edilebilir maksimum dozu aldığı gösterilmiştir (18). Bu risk ekteki diğer üyeler; hemşireler, teknisyenler, anestezi uzmanları için de geçerlidir. Alınan bu risklere rağmen pedikül vida yerleştirilmesindeki başarı oranı %27,6'dan (19) başlayıp %90'ların (20) üzerine çıkan geniş aralıklarda belirtilmiştir. Floroskopi eşliğinde yapılan pedikül vida yerleştirilmesinde başarı oranı, çeşitli metaanalizlerde %86,1 (21), %85 (22), %85,5 (23) ve %90,3 (20) olarak verilmiştir.

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler sonucu bilgisayarlı sistemlerin kullanım alanı genişlemiştir. Önceleri intrakranial girişimlerde kullanım alanı bulan stereotaktik uygulamalar, spinal cerrahide de yer bulmaya başladı (24). Görüntü destekli navigasyon sistemleri, preoperatif çekilen BT görüntülerinin bilgisayarda işlenip cerrahi sırasında kullanılan sonik proba yönlendirme temeline dayanmaktadır (25). Zamanla sonik probun yerini kızılötesi ışınlar ve Light Emitting Diodes (LED) sistemlerin kullanıldığı ve kameraların eşlik ettiği düzenekler almaya başladı (26). Preoperatif BT çekilmesinin getirdiği maliyet, görüntüleme sırasında supin yatan hastanın cerrahi sırasında prone yatırılmasının ve genel anestezi altında olmasının getirdiği anatomik değişiklikler sistemdeki dezavantajlardır (27).

Son zamanlarda ameliyathane ortamında 3D BT görüntüleme sağlayan cihazlar kullanılmaya başlandı (14). İntraoperatif BT, spinal füzyon

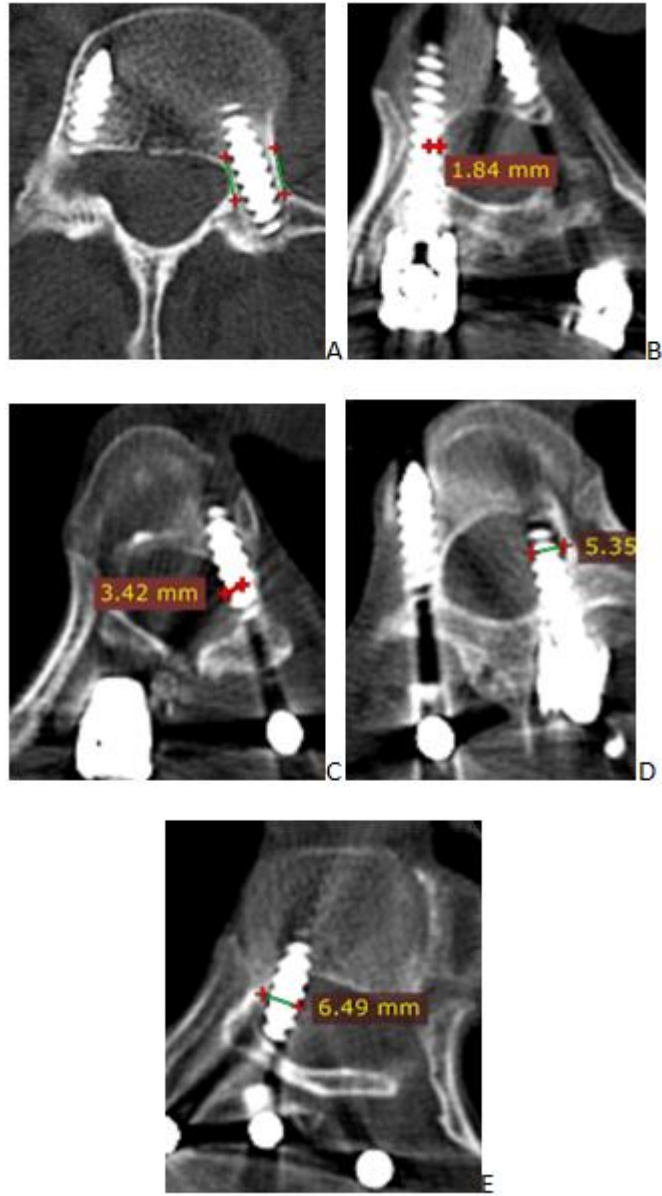


cerrahisinde son jenerasyon ileri görüntüleme yöntemidir (27). Preoperatif BT navigasyon sistemi ile benzer bir işleyişi vardır (26). Görüntülemeyi yapan sirküler tarayıcı, görüntüyü işleyip sunan bilgisayar yazılımı, cerrahi alana yerleştirilen referans çubuğu, elektro-optik kamera, kullanılan cerrahi aletlere yerleştirilmiş algılayıcılar sistemin temel elemanlarıdır (26). Tüm algılayıcıların uzaydaki konumlanması ve görüntülemenin eş zamanlı olmasının yanında görüntülemenin hastanın cerrahi pozisyonunda hatta vertebral kolonun cerrahi açılımı sağlandıktan sonra yapılması sistemin en büyük üstünlüğüdür. Bu sistem gerektiğinde ve istendiğinde ki genelde seviye belirleme aşamasında kullanılır, normal floroskopi görüntülemesi de yapabilmektedir. Wood ve Mannion (28) preoperatif ve intraoperatif 3D BT navigasyon sistemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında başarı oranlarını sırasıyla %94,6 ve %98,4 olarak belirtmişlerdir. Ayrıca sistemin klasik serbest el tekniği ve floroskopiye göre de daha başarılı olduğu bilinmektedir (27). Çalışmamızda da bu sistem kullanıldığı için gereç ve yöntem kısmında daha detaylı anlatılacaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınan, 15 Ocak 2019 tarih ve 2019-1/34 nolu onay ile başlatılan bu retrospektif çalışmada Uludağ Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda Ocak 2017 ve Aralık 2018 tarihleri arasında skolyoz ve kifoz tanısı ile ameliyat edilen olgular geriye dönük değerlendirildi. Pedikül vidaları ile posterior spinal enstrumantasyon uygulanmış 73 hasta değerlendirildi. Bu hastalardan 40 tanesinde pedikül vidası yerleştirilirken serbest el tekniği (Grup 1), diğer 33 hastada ise intraoperatif 3D BT navigasyon sistemi (Medtronic O-Arm® Surgical Imaging System, StealthStation® Navigation System, 826 Coal Creek Circle, Louisville, CO 80027 USA) (Grup 2) kullanılmıştır. Ayrıca tüm hastalarda yardımcı olarak uyarılmış duyuşal ve motor potansiyel monitorizasyonu takibi de yapılmıştır.

Hastaların postoperatif BT görüntüleri hastanenin kullanmakta olduğu PACS (Centricity Universal Viewer Zero Footprint, Sürüm:6.0 SP7.0.2) üzerinden aynı doktor tarafından, aynı ekranda iki defa tarandı. Transvers BT kesitleri üzerinden pedikül vida pozisyonları, çoğu çalışmada olduğu gibi (29), Gertzbein ve Robins'in tanımladığı sınıflamaya göre değerlendirildi (Şekil-6) (12). Değerlendirme pediküldeki (medial-lateral) penetrasyon ve vertebral korpustaki (anterior) penetrasyon için ayrı ayrı yapıldı.



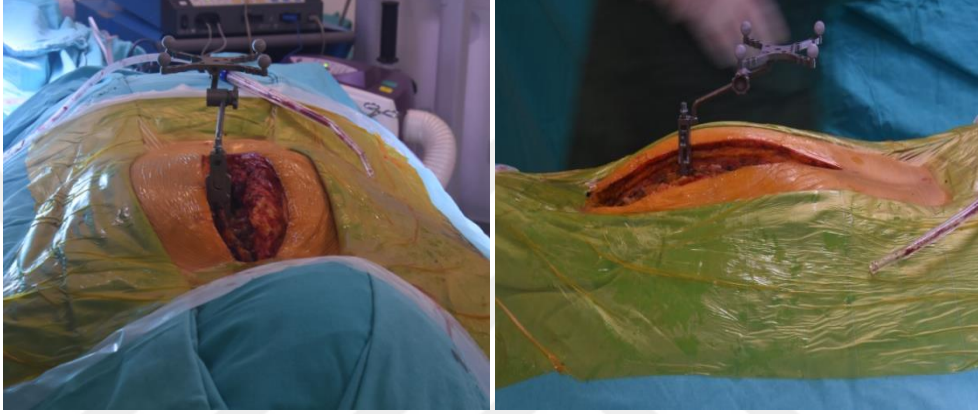
**Şekil-6:** Gertzbein ve Robins sınıflaması; A:penetrasyon yok, B: <2mm, C: 2-4mm, D:4-6mm, E>6mm.

## I. Cerrahi Teknik

Tüm hastalara enfeksiyon ve venöz tromboemboli profilaksisi uygulandı. Kanamayı azaltmak için, intravenöz traneksamik asit (30), cilt ve ciltaltı epinefrin (7) uygulandı ve cerrahi alanda traneksamik asitle ıslatılmış gazlı bezler kullanıldı. Genel anestezi sonrası, radyolusent ameliyat masasında yumuşak frame ve batını destekleyen yastıklar üzerinde hastalara prone pozisyon verildi. Modifiye Wagoner açılımla füzyon planlanan vertebraların posterior elemanları ortaya çıkarıldı (7). Grup 1 hastalarda, perop herhangi bir görüntüleme yöntemi kullanılmadan daha önce belirtilen anatomik belirteçler kullanılarak, serbest el tekniği ile pedikül vidaları yerleştirildi. Tüm vidalar yerleştirildikten sonra kontrol amaçlı floroskopi ile kontrol yapıldı. Floroskopide malpozisyon saptanan vidalar çıkarılıp revize edildi. Her hastada ortalama 3 defa floroskopi görüntüsü alındı. Grup 2 de ise intraoperatif 3D BT navigasyon sistemi kullanılarak pedikül vidaları yerleştirildi. Vidalar yerleştirildikten sonra her iki tarafa uygun eğim ve uzunlukta rodler yerleştirilip vidalara tespit edildi. Gerekli olgularda transvers bağlantı yerleştirildi. Tüm hastalara cerrahi alana 1 veya 2 adet hemovak dren yerleştirilip katlar anatomisine uygun olarak kapatıldı. Her iki grupta da işlem sırasında belli aralıklarla nöromonitorizasyon kontrolü yapıldı.

## II. İnteroperatif 3D BT Navigasyon Sistemi

Cerrahi açılım tamamlandıktan sonra füzyon planlanan tüm vertebralar ortaya çıkarıldıktan sonra referans çubuğu (Şekil-7) üst seviyedeki spinal çıkıntıya tespit edilir.



**Şekil-7:** Referans çubuğunun hasta üzerindeki görünümü.

Referans çubuk ve tüm cerrahi aletlerin üzerinde küçük fiberoptik top şeklinde işaretleyiciler vardır. Görüntüleme öncesi vida yerleştirilmesi sırasında kullanılacak tüm aletler optik algılayıcıya tanıtılır (Şekil-8,9).



**Şekil-8:** Fiberoptik toprak yerleştirilmiş cerrahi aletler.



Optik algılayıcı

Teknik monitör

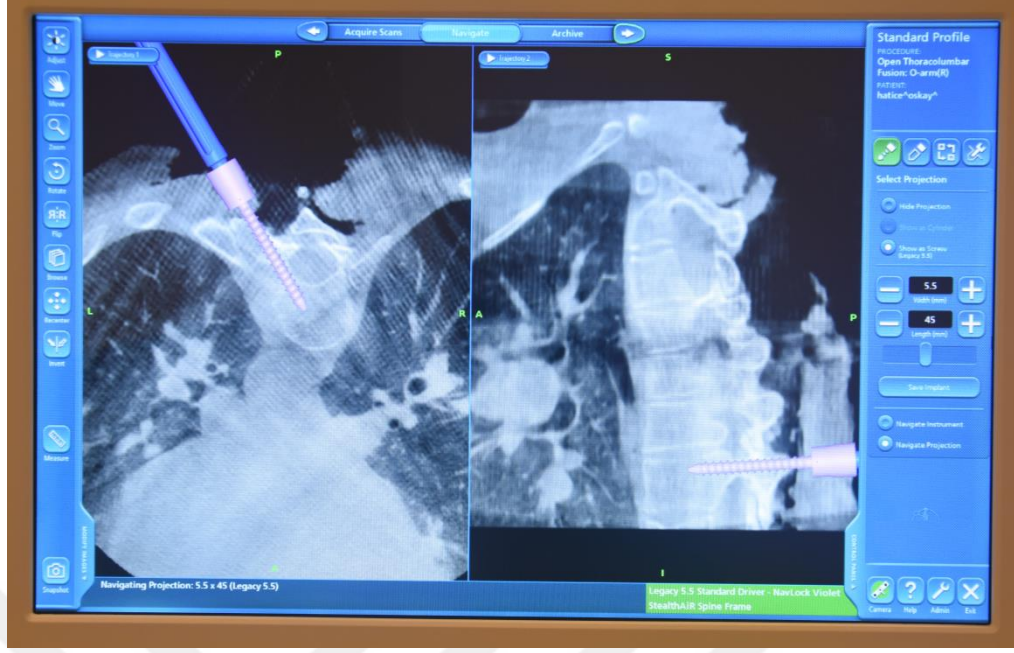
**Şekil-9:** Optik algılayıcı ve teknik monitör.

BT çekimi, sirküler gövde (Şekil-10) tarafından yapıldıktan sonra görüntüler hemen navigasyon sisteminde işlenir ve görüntüler eş zamanlı hem teknik monitöre hem de gözlem monitörüne aktarılır.



**Şekil-10:** Cerrahi alan steril örtülerle kapatıldıktan sonra sirküler gövde ile BT çekimi yapılmakta.

Ekranlarda isteğe göre transvers, sagittal, koronal ya da volümetrik görüntüler kullanılabilir. Çok devirli matkap yardımıyla giriş yeri belirlenir. Giriş noktası açıldıktan sonra yer yapıcı ile pedikülde vida için yol açılır. Sonrasında tapping yapılır. Teknik monitörden bu aşamada uygun vida boyu ve çapı için gerekli ölçümler yapılır. Belirlenen uzunluk ve çapta pedikül vidası yerleştirilir. Tüm bu aşamalarda eş zamanlı olarak aletlerin ve vidanın konumları milimetrik olarak ekrandaki BT kesitleri üzerinden takip edilir (Şekil-11).



**Şekil-11:** Vida yerleştirilirken ilerlemesi gözlem monitöründen takip edilir.

Vida yerleşimi tamamlandıktan sonra teknik monitörden vida bilgileri ve konumu kayıt altına alınır. Gerektiğinde tüm vidalar yerleştirilmiş pozisyonlarıyla ekrana getirilip değerlendirme yapılabilir. Sistemin kesintisiz çalışabilmesi için işlem boyunca cerrahi aletlerin ve referans çubuğunun üzerindeki fiberoptik işaretleyiciler, optik algılayıcının görüş alanında tutulmalıdır. Ayrıca referans çubuğunun konumunun herhangi bir nedenle bozulması durumunda sistem devre dışı kalır ve tekrar kullanmak için yeniden BT çekimi yapmak gerekmektedir. Bu yüzden tüm cerrahi ekibin bu konuda eğitilmiş, bilinçli ve dikkatli olması gerekmektedir.



### III. İstatiksel Değerlendirme:

Verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS 22.0 (Version 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı kullanıldı. Kategorik değişkenler frekans ve yüzde değerleri n(%) ile verilmiş olup karşılaştırmalarda Pearson Ki Kare ya da Yates' Düzeltmeli Ki Kare testleri kullanılmıştır. İstatistiki anlamlılık düzeyi 0.05 olarak alınmıştır.



## BULGULAR

Hasta grupları tanı, yaş (<18 ya da >18), vücut kitle indeksi (VKİ <25kg/m<sup>2</sup> ya da >25kg/m<sup>2</sup>), cinsiyet dağılımları açısından karşılaştırılmıştır. Hastaların bu değişkenler açısından gruplara dağılımında anlamlı bir fark saptanmamıştır (p>0,05) (Tablo 2).

**Tablo-2:**Hastaların demografik bilgileri.

		Grup 1	Grup 2	p değeri
Cinsiyet	Erkek	19 (%47,5)	12 (%36,4)	0,471
	Kadın	21 (%52,5)	21 (%63,6)	
Tanı	Kifoz	9 (%22,5)	4 (%12,1)	0,397
	Skolyoz	31 (%77,5)	29 (%87,9)	
VKİ	<25kg/m <sup>2</sup>	24 (%60)	22 (%66,7)	0,731
	>25kg/m <sup>2</sup>	16 (%40)	11 (%33,3)	
Yaş	<18	19 (%47,5)	19 (%57,6)	0,534
	>18	21 (%52,5)	14 (%42,4)	

Bizim çalışmamızda hiçbir hastada postoperatif nörolojik defisit ya da damar ve organ yaralanması görülmemiştir. Grup 1’de sadece 1 hastada postoperatif erken yara enfeksiyonu görülmüş olup debridman amaçlı tekrar opere edilmiştir. İmplantlar çıkarılmamıştır ve intravenöz antibiyoterapi tedavisi sonrası şifa ile taburcu edilmiştir.

Grup 1' de T1-S1 vertebra seviyeleri arasına 962 adet, Grup 2' de ise yine T1-S1 seviyeleri arasına 702 adet pedikül vidası yerleştirilmiş olduğu gözlemlendi. Vidaların vertebralara göre dağılımı (Tablo 3)' de verilmiştir. Her iki grupta da T1, 2 şer adet olmak üzere en az vida yerleştirilen vertebra dır. Grup 1'de 72 adetle T12 en fazla vida yerleştirilen seviye iken; Grup 2'de 56 adetle T3 en fazla vida yerleştirilen seviyedir.

**Tablo-3:** Pedikül vidaların vertebra seviyelerine göre dağılımı.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	L1	L2	L3	L4	L5	S1
Grup 1	2	34	42	50	62	66	66	65	66	66	70	72	68	68	64	52	28	21
Grup 2	2	36	56	46	45	45	45	44	40	41	44	49	44	44	44	36	24	17

Vertebral kolon boyut ve yönelim benzerlikleri nedeniyle 4 bölgeye ayrılabilir; üst torakal (T1-T2-T3-T4), orta torakal (T5-T6-T7-T8), alt torakal (T9-T10-T11-T12), lumbosakral (L1-L2-L3-L4-L5). Bölgelere göre yerleştirilen pedikül vida sayıları (Tablo 4)' de verilmiştir. Grup 1'de vidaların %13.3'ü üst torakal bölgeye, %26.9'orta torakal bölgeye, 28.5'alt torakal bölgeye, %31.3'ülumbosakral bölgeye yerleştirilmiştir. Grup 2 de ise bu oranlar sırasıyla %19.9, %25.5, %24.8, %29.8 şeklindedir.

**Tablo-4:** Vidaların vertebra bölgelerine göre dağılımı.

	Üst torakal	Orta torakal	Alt torakal	Lumbosakral
Grup 1	128	259	274	301
Grup 2	140	179	174	209

Transvers penetrasyon açısından yapılan değerlendirmede toplam 1664 vidanın 1365 (%82) tanesi Sınıf A; 155 (%9,3) tanesi Sınıf B; 73 (%4,4) tanesi Sınıf C; 50 (%3) tanesi Sınıf D; 21 (%1,3) tanesi de Sınıf E olarak görülmüştür. Hasta gruplarına göre değerlendirildiğinde Grup 2'nin (A:%89,6) Grup 1'e (A:%76,5) göre daha başarılı olduğu ve bunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ) (Tablo-5).

**Tablo-5:** Pedikül vidalarının transvers penetrasyon açısından gruplara göre dağılımı.

	Grup 1	Grup 2	p değeri
A	736 (%76,5)	629 (%89,6)	0,000
B	116 (%12,1)	39 (%5,6)	
C	59 (%6,1)	14 (%2)	
D	39 (%4,1)	11 (%1,6)	
E	12 (%1,2)	9 (%1,3)	
Toplam	962	702	

Transvers penetrasyon gösteren (Sınıf A dışında kalanlar) 299 vidanın 179 (%59,9) tanesi mediale doğru; 120 (%40,1) tanesi laterale doğru penetrasyon göstermiştir bu yönelim açısından anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0,05$ ). Gruplar karşılaştırıldığında da anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ( $p>0,05$ ) (Tablo-6).

**Tablo-6:** Vidaların transvers yönelimlerine göre dağılımı.

	Grup 1	Grup 2	p değeri
Medial	134 (%59,3)	45 (%61,6)	0,722
Lateral	92 (40,7)	28 (%38,4)	

Vertebral bölgelerin transvers penetrasyon açısından yapılan karşılaştırmasında Grup 2'nin tüm bölgelerde Grup 1'dan daha başarılı olduğu görüldü ( $p < 0,05$ ). Grup 1 kendi içinde değerlendirildiğinde yöntemin lumbosakral bölgede diğer bölgelere göre daha başarılı olduğu görüldü ( $p < 0,05$ ). Grup 2'de ise bölgelerdeki başarı arasında anlamlı farklılık saptanmadı ( $p > 0,05$ ) (Tablo-7).

**Tablo-7:** Pedikül vidalarının transvers penetrasyon açısından vertebral bölgelere göre dağılımı.

		Grup 1	Grup 2	p değeri
Üst Torakal	A	91 (%71,1)	122 (%87)	0,002
	B,C,D,E	37 (%28,9)	18 (%12,9)	
Orta Torakal	A	179 (%69,1)	156 (%87,2)	0,000
	B,C,D,E	80 (%30,9)	23 (%12,8)	
Alt Torakal	A	210 (%76,6)	160 (%92)	0,000
	B,C,D,E	64 (%23,4)	14 (%8)	
Lumbosakral	A	256 (%85)	191 (%91,4)	0,045
	B,C,D,E	45(%15)	18 (%8,6)	
p değeri		0,000	0,283	

Anterior penetrasyon açısından yapılan değerlendirmede toplam 1664 vidanın 1495 (%89,2) tanesi Sınıf A; 113 (%6,8) tanesi Sınıf B; 32 (%1,9) tanesi Sınıf C; 13 (%0,8) tanesi Sınıf D; 11 (%0,7) tanesi de Sınıf E olarak görülmüştür. Hasta gruplarına göre değerlendirildiğinde Grup 2'nin (A:%92,5) Grup 1'e (A:%87,9) göre daha başarılı olduğu ve bunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ) (Tablo-8).

**Tablo-8:**Pedikül vidalarının anterior penetrasyon açısından gruplara göre dağılımı.

	Grup 1	Grup 2	p değeri
A	846 (%87,9)	649 (%92,5)	0,000
B	89 (%9,3)	21 (%3,4)	
C	17 (%1,8)	15 (%2,1)	
D	6 (%0,6)	7 (%1)	
E	4 (%0,4)	7 (%1)	
Toplam	962	702	

Vertebral bölgelerin anterior penetrasyon açısından yapılan karşılaştırmalarında üst torakal bölgede Grup 2'nin (A:%86,4) Grup 1'e göre daha başarılı olduğu ( $p<0,05$ ); diğer bölgelerdeki başarıları arasında ise anlamlı farklılık olmadığı görüldü ( $p>0,05$ ). Grup 1 kendi içinde değerlendirildiğinde yöntemin alt torakal bölgede diğer bölgelere göre daha başarılı olduğu ( $p<0,05$ ); Grup 2'de ise alt torakal ve lumbosakral bölgede sonuçların daha başarılı olduğu görüldü ( $p<0,05$ ) (Tablo-9).

**Tablo-9:** Pedikül vidalarının anterior penetrasyon açısından vertebral bölgelere göre dağılımı.

		Grup 1	Grup 2	p değeri
Üst Torakal	A	90 (%70,3)	121 (%86,4)	0,002
	B,C,D,E	38 (29,7)	19 (%13,6)	
Orta Torakal	A	220 (%84,9)	163 (%91,1)	0,080
	B,C,D,E	39 (%15,1)	16 (%8,9)	
Alt Torakal	A	260 (%94,9)	167 (%96)	0,763
	B,C,D,E	14 (%5,1)	7 (%4)	
Lumbosakral	A	276 (%91,7)	198 (%95,7)	0,116
	B,C,D,E	25(%8,3)	9 (%4,3)	
p değeri		0,000	0,003	

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Serbest el tekniğine kıyasla intraoperativ BT uygulanması çok zaman alacak bir işlem olarak görünmektedir ancak Scheufler ve ark. (31), BT çekimi için geçen süreyi ortalama 14 dk olarak belirtmişler ve ameliyathane ekibinin alışmasıyla bu sürenin daha da kısıllacağını bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada da serbest el ve 3D BT Navigasyon yöntemleri arasında cerrahi süre açısından anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir (32). 3D BT Navigasyon sistemi kullanılırken cerrahi açılım serbest el tekniğine kıyasla daha kısıtlı tutulabilir çünkü navigasyon sistemiyle vida yerleştirildiği için anatomik belirteçlerin tamamen ortaya konması şart değildir. Cerrahi açılımın kısıtlı olması da hem cerrahi süreyi, hem de kanamayı kısaltabilir. Rajasekaran ve ark. (33) spinal deformiteli hastalarda yaptıkları çalışmada 3D BT Navigasyon sistemi kullandıkları hastaların kanama miktarını ortalama 950 ml, navigasyon sistemi kullanmadıkları diğer grupta ise ortalama 1100 ml olarak bildirmişlerdir.

Vida yerleştirilirken kullanılan görüntüleme cihazlarının çoğu x-ışını ile çalışır. Radyasyon maruziyeti hem hasta hem de ameliyathane ekibi için gözönünde bulundurulması gereken büyük bir problemdir. Jin ve ark. (32) 3D BT navigasyon sisteminde bir çekimin hastayı 4,2 mSv eş değer radyasyon dozuna maruz bıraktığını; bunun yanında tek bir floroskopi çekiminin ise 1,5 mSv doza maruz bıraktığını göstermişler ve 3D BT Navigasyon sisteminin hem hasta için hem de ameliyathane ekibi için radyasyon maruziyetini azalttığını bildirmişlerdir. BT çekimi sırasında tüm ameliyathane ekibi dışarı çıkmakta ve hiç radyasyona maruz kalmamaktadır.

Vida yerleşimlerini karşılaştıran çalışmalarda, vida pozisyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınıflama yöntemlerinin çoğu benzer olup birbirinin ufak varyasyonlarıdır (29). Bazı çalışmalarda sadece röntgenle değerlendirme yapılmakla birlikte BT değerlendirilmesi daha yaygın



kullanılmaktadır ve altın standart olarak kabul edilmektedir (34). Bizim çalışmamızda da BT'de değerlendirilen, yaygın kullanılan Gertzbein ve Robins Sınıflaması kullanılmıştır (29).

Vida pozisyonlarının değerlendirildiği çalışmalarda penetrasyon oranları arasında geniş aralıklar bulunmaktadır. Gertzbein ve Robins (12) BT değerlendirmesi yaptıkları çalışmalarında vertebra kırıklı hasta serisinde serbest el tekniği kullanmış ve %26 penetrasyon bildirmişlerdir.

Suk ve ark. (4), serbest el tekniği için penetrasyon oranlarını skolyoz hastaları için %1,5 olarak belirtmişler ancak değerlendirme BT ile değil düz röntgenlerle yapılmıştır.

Lenke ve ark. (35), serbest el tekniği ile yaptıkları skolyoz ameliyatlarında torakal pedikül vidaları için penetrasyon oranlarını BT ile yapılan değerlendirmelerinde %6,2 olarak bildirmişlerdir.

Belmont ve ark. (36), serbest el tekniği ile yaptıkları skolyoz ve kifoz hastalarında sadece torakal vidaları karşılaştırdıkları çalışmada penetrasyon oranlarını skolyoz grubu için %58; kifoz grubu için %38 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada da değerlendirme BT ile yapılmıştır.

Modi ve ark. (37), serbest el tekniği kullandıkları nöromusküler skolyozlu hasta grubunda BT ile yaptıkları değerlendirmeye göre transvers penetrasyon oranını %27 olarak bildirmişlerdir. Bunun %16,3'ü lateralde; %10,7'si ise medialde gözlenmiştir. Bölgesel olarak değerlendirildiğinde üst, orta, alt torakal, lomber bölgelerde sırasıyla %33, %36, %28, %17,5 penetrasyon oranları gözlenmiştir.

Bizim çalışmamızda serbest el tekniği grubunda transvers penetrasyon %23,5 ile literatürle uyumlu görülmektedir. Bölgesel değerlendirmede literatürle uyumlu olarak lumbosakral daha başarılı olmakla beraber, torakal bölgelerin kendi içinde değerlendirilmesinde farklılıklar gözlenmiştir (37-40). Etemadifar ve Jamalaldini (38), adölesan idiopatik skolyoz grubunda transvers penetrasyon oranlarını üst, orta, alt torakal bölge

için sırasıyla %19.1, %15.6, %13 olarak bildirmiştir. Bu oranlar Modi ve ark. (39)'nın torakal vidaları değerlendiren diğer bir çalışmasında sırasıyla %29.1, %39.9, %30.9 olarak bildirilmiştir. Smorgick ve ark. (40)'da üst-orta torakal bölgede penetrasyon oranını daha yüksek bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da serbest el tekniği grubunda bu oranlar %28.9, %30.9, %23.4 olup istatistiksel olarak orta torakal bölgede anlamlı olarak yüksek gözlenmiştir. Orta torakal bölgede penetrasyon oranının yüksek olması, pedikül çaplarının bu vertebralarda daha ince olması (8) ve muhtemelen çoğu olguda deformitenin apikal bölgesinin buraya denk gelmesi ile açıklanabilir. 3D BT Navigasyon grubunda bu oranlar %12.9, %12.8 %8 olup istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir. 3D BT navigasyon sistemi her bölgede serbest el tekniğine göre daha başarılı gözlenmiştir.

Bazı çalışmalarda transvers penetrasyon için medialde ve lateralde güvenli zonlar belirtilmiştir (12, 37-39, 41 ). Gertzbein ve Robins medialde 4mm, lateralde ise 6mm penetrasyonu kabul edilebilir "güvenli bölge" olarak belirtmiştir (12). Modi ve ark. (37, 39) medialde 2mm, lateralde 4mm penetrasyonu "güvenli bölge" olarak tanımlamıştır. Upendra ve ark. (41) çalışmalarında tüm defisitlerin 4 mm ve üzeri penetrasyonda gözledikleri için medialde 2 mm'yi güvenli sınır olarak belirtmişlerdir. Modi'nin güvenli bölge değerlerine göre bizim çalışmamızı ele alırsak, Grup 1'de vidaların %91.3'ü; Grup 2'de ise %95,7'si güvenli sınırlardadır.

Modi ve ark. (37, 39), her iki çalışmalarında da transvers penetrasyonda lateral yönelimi daha yüksek oranda belirtmiştir. Bizim çalışmamızda lateral ve medial yönelim arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Modi ve ark. (37, 39), anterior penetrasyon oranlarını ise %6,5 ve %3 olarak belirtilmiş. Rajasekaran ve ark. (33), bu oranı %16 olarak belirtmiştir. Bizim çalışmamızda ise serbest el grubunda %12,1; 3D BT Navigasyon grubunda %7,5 olarak bulunmuştur. Bizim çalışmanın anterior penetrasyon sonuçları da literatürle uyumlu bulunmuştur.

Literatürde 3D BT Navigasyon tekniğini diğer çeşitli tekniklerle (floroskopi, 2D Navigasyon, preop BT Navigasyon, robotik) karşılaştıran ve direkt bu tekniğin penetrasyon oranlarını gösteren yayınlar mevcuttur (20). Bunların büyük bir kısmı travma hastaları, bir kısmı da lomber dejeneratif hastalardır. Deformite hastalarında serbest el ve 3D BT Navigasyon tekniklerini karşılaştıran yayınlar kısıtlı sayıdadır ve iki teknik arasındaki fark çok net ortaya konmuş değildir (42).

Jin ve ark. (32), Nörofibromatozis Tip 1'li skolyoz hastalarında eğriliğin apikal bölgesindeki vida pozisyonlarını serbest el ve 3D BT navigasyon tekniği için karşılaştırmışlar. Postoperatif çekilen BT görüntülerinde Gertzbein ve Robins'e göre vida pozisyonlarının değerlendirildiği; C, D ve E sınıflarının penetrasyon kabul edildiği bu çalışmada serbest el grubunda transvers penetrasyon %32 (%18 lateral; %14 medial ), anterior penetrasyon %1, 3D BT navigasyon grubunda ise transvers penetrasyon %18 (%16 lateral; %2 medial), anterior penetrasyon %3 olarak belirtilmiştir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak anterior penetrasyon oranları daha düşük bulunmuş. Ayrıca yine bizim çalışmamızdan farklı olarak penetrasyonların lateral taraf yönelimi daha fazla bildirilmiş.

Zhao ve ark. (43), skolyoz hastalarında yaptıkları serbest el ve 3D BT navigasyon karşılaştırmasında vida pozisyonlarını postoperatif BT ile değerlendirirken farklı bir sınıflama kullanmışlar (Derece 0: vida tam pedikül içinde, Derece 1: penetrasyon <1mm, Derece 2: penetrasyon 1-3mm, Derece 3: penetrasyon >3mm). İki ve 3. dereceleri penetrasyon olarak kabul etmişler ve serbest el grubunda %18,4; 3D BT navigasyon grubunda ise %12,1 penetrasyon oranı bildirmişlerdir. Ayrıca serbest el grubunda diğerlerine göre pulmoner effüzyon görülme oranlarının da daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Qiao ve ark. (44), Marfan Sendrom'lu skolyoz hastalarında serbest el ve 3D BT navigasyon tekniklerini kullanıp postoperatif BT ile Gertzbein ve Robins'e göre sınıflandırma yapmışlar. Bizim çalışmamızdan ve diğer

çalışmalardan farklı olarak tüm vidalar açısından torakalde (%22,3) penetrasyon oranlarını lomber bölgeye (34,1) göre daha düşük belirtmişlerdir. Bu farkın Marfan'lı hastaların lomber vertebralarında pediküllerin daha ince olduğu hipotezine dayandırmışlardır. Grupları karşılaştırınca da 3D BT navigasyon (%11,4) grubunu serbest el (%30,8) grubundan daha başarılı bulmuşlardır.

Urbanski ve ark. (42), idiopatik skolyozlu hasta serilerinde yine postoperatif BT görüntülerinde Gertzbein ve Robins sınıflamasını kullanmışlar ve 3D BT navigasyon (%17,97) grubu ile serbest el (%17,08) grupları arasında penetrasyon oranları arasında anlamlı farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da bizim çalışmadan farklı olarak her iki grupta da üst torakal bölge penetrasyon oranının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Bizim çalışmamızda tüm hastaların aynı cerrah tarafından, aynı cerrahi yöntemle ameliyat edilmiş olması ve hastaların VKİ, yaş, cinsiyet, tanı açısından rastgele dağılmış olması gruplar arasında homojenite sağlamıştır. Değerlendirme altın standart olan BT görüntüleri ile yapılmıştır. Tüm postoperatif BT görüntülerinin aynı ortopedi ve travmatoloji doktoru tarafından 2 defa taranmış olması çalışmanın güvenilirliğine katkıda bulunmuştur. Hastaların tanı detayları konusunda yani skolyozun ya da kifozun hangi tipleri olduğuna bakılmaksızın değerlendirilmesi bu çalışmanın kısıtlılığıdır. Tek tip kifoz ya da tek tip skolyoz, mümkünse aynı Cobb açılarına sahip hasta grupları arasında yapılacak olan bir çalışma, yöntemlerin karşılaştırılması için daha iyi sonuçlar ortaya koyabilir.

## SONUÇLAR

- 3D BT Navigasyon tekniği her seviyede serbest el tekniğine göre daha düşük transvers ve anterior penetrasyon oranları göstermiştir.
- Bu çalışmamızda transvers penetrasyon yönelimleri açısından medial ya da lateral arsında anlamlı farklılık görülmemiştir.
- Her iki teknikte de literatürle uyumlu olarak lomber vertebralarda penetrasyon oranları daha düşük bulunmuştur. Serbest el tekniğinde literatürle uyumlu olarak orta torakal bölgede penetrasyon oranları daha yüksek bulunmuştur. 3D BT Navigasyon tekniğinde torakal bölgeler arasında fark gözlenmemiştir.
- Vidaların güvenli bölgede olması açısından değerlendirildiğinde her iki teknik de literatürle uyumlu sonuçlar göstermiştir.

## KAYNAKLAR

1. ES Vasiliadis, TB Grivas, A Kaspiris, Historical overview of spinal deformities in ancient Greece, *Scoliosis* 2009, 4:6
2. H Serhan, M Kuhn, The History of Spinal Deformity, *Annals of Orthopedics & Rheumatology* 2016, 4(3): 1072
3. PR Harrington, Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spinal instrumentation, *Journal of Bone and Joint Surgery* 1962; 44A:591-610
4. SI Suk, CK Lee, Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1995; 20:1399-1407
5. S Naderi, SGK Verilerine Göre Türkiye’de 2010, 2011 ve 2012’de Yapılan Spinal Cerrahi Operasyonlarının Analizi, *Türk Nöroşirürji Dergisi* 2014, Cilt: 24, Sayı: 1, 1-6
6. JD Coe, V Arlet, W Donaldson et al, Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine* 2006;31(3):345-349
7. ST Canale, JH Beaty, *Campbell’s Operative Orthopaedics*, Cilt 2, 11. Türkçe Baskı, Güneş Kitabevi Ankara 2011
8. SB Lien, NH Liou, SS Wu, Analysis of anatomic morphometry of the pedicles and the safe zone for through-pedicle procedures in the thoracic and lumbar spine, *European Spine* 2007, 16:1215–1222
9. HS An, PR Benoit, Saline injection technique to confirm pedicle screw path: a cadaveric study. *American J. Orthopaedic (Belle Mead NJ)* 1998;27:362-5.
10. EH Frank, The use of small malleable endoscopes to assess pedicle screw placement: technical note. *Minimal Invasive Neurosurgery* 1998;41:10-2.
11. B Calancie, ML Donohue, RR Moquin, Neuromonitoring with pulse-train stimulation for implantation of thoracic pedicle screws: a blinded and randomized clinical study. Part 2. The role of feedback. *Neurosurgery Spine* 2014;20:692-704.
12. SD Gertzbein, SE Robbins. Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine (Phila Pa 1976)* 1990; 15: 11-14
13. SL Parker, MJ McGirt, SH Farber et al, Accuracy of free-hand pedicle screws in the thoracic and lumbar spine: analysis of 6816 consecutive screws. *Neurosurgery* 2011; 68: 170-178; discussion 178
14. V Puvanesarajah, JA Liauw, SF Lo, LA Lina, TF Witham, Techniques and accuracy of thoracolumbar pedicle screw placement, *World J Orthopedics* 2014 April 18; 5(2): 112-123
15. LT Holly, KT Foley, Intraoperative Spinal Navigation *SPINE* 2003 Volume 28, Number 15S, pp S54–S61

16. R Härtl, KS Lam, J Wang et al, Worldwide survey on the use of navigation in spine surgery. *World Neurosurgery* 2013;79:162-72.
17. K Perisinakis, N Theocharopoulos, J Damilakis et al, Estimation of patient dose and associated radiogenic risks from fluoroscopically guided pedicle screw insertion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004; 29: 1555-1560
18. MU Haque, HL Shufflebarger, M O'Brien, A Macagno, Radiation exposure during pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis: is fluoroscopy safe? *Spine* 2006; 31: 2516-2520
19. C Kuntz, PC Maher, NB Levine, R Kurokawa, Prospective evaluation of thoracic pedicle screw placement using fluoroscopic imaging. *J Spinal Disorder Technology* 2004; 17: 206-214
20. V Kosmopoulos, C Schizas, Pedicle screw placement accuracy: a meta-analysis. *Spine* 2007; 32:E111-20.
21. AC Bourgeois, AR Faulkner, YC Bradley et al, Improved Accuracy of Minimally Invasive Transpedicular Screw Placement in the Lumbar Spine with Three-dimensional Stereotactic Image Guidance: A Comparative Meta-analysis. *J Spinal Disorder Technology* 2014.
22. BJ Shin, AR James, IU Njoku et al, Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. *J Neurosurgery Spine* 2012;17:113-22.
23. NF Tian, HZ Xu, Image-guided pedicle screw insertion accuracy: a meta-analysis. *International Orthopedics* 2009;33:895-903.
24. GH Barnett, DW Kormos, CP Steiner et al, Use of a frameless, armless stereotactic wand for brain tumor localization with two-dimensional and three-dimensional neuroimaging. *Neurosurgery* 1993;33:674-8.
25. IH Kalfas, DW Kormos, MA Murphy et al, Application of frameless stereotaxy to pedicle screw fixation of the spine. *J Neurosurgery* 1995;83:641-7.
26. F Gebhard, A Weidner, UC Liener et al, Navigation at the spine. *Injury* 2004;35 1:S-A35-45.
27. AC Bourgeois, AR Faulkner, AS Pasciak, YC Bradley, The evolution of image-guided lumbosacral spine surgery, *Annals of Translational Medicine* 2015;3(5):69
28. M Wood, R Mannion, A comparison of CT-based navigation techniques for minimally invasive lumbar pedicle screw placement. *J Spinal Disorder Technology* 2011;24:E1-5.
29. V Kosmopoulos, C Schizas, Pedicle Screw Placement Accuracy A Meta-analysis *Spine* 2007 Volume 32, Number 3, pp E111–E120
30. MR Farrokhi, AP Kazemi, HR Eftekharian, K Akbari. Efficacy of prophylactic low dose of tranexamic acid in spinal fixation surgery: a randomized clinical trial. *J Neurosurgery Anesthesiology* 2011;23:290–6

31. KM Scheufler, J Franke, A Eckardt, H Dohmen, Accuracy of Image-Guided Pedicle Screw Placement Using Intraoperative Computed Tomography-Based Navigation With Automated Referencing. Part II: Thoracolumbar Spine, *Neurosurgery*, 2011 69:1307–1316
32. M Jin, Z Liu, X Liu et al, Does intraoperative navigation improve the accuracy of pedicle screw placement in the apical region of dystrophic scoliosis secondary to neurofibromatosis type I: comparison between O-arm navigation and free-hand technique, *European Spine Journal*, 2016, 25:1729–1737
33. S. Rajasekaran, S. Vidyadhara, P Ramesh, AP Shetty, Randomized Clinical Study to Compare the Accuracy of Navigated and Non-Navigated Thoracic Pedicle Screws in Deformity Correction Surgeries, *Spine* 2007 Volume 32, Number 2, pp E56–E64
34. A Mason, R Paulsen, M Jason et al, The accuracy of pedicle screw placement using intraoperative image guidance systems A systematic review, *Journal of Neurosurgery Spine*, 2014, 20:196–203
35. YJ Kim, LG Lenke, KH Bridwell, YS Cho, KD Riew, Freehand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? *Spine* 2004, 29(3):333–342
36. PJ Belmont, WR Klemme, M Robinson, DW Polly, Accuracy of thoracic pedicle screws in patients with and without coronal plane spinal deformities. *Spine*, 2002, 27:1558-66
37. HN Modi, SW Suh, H Fernandez, JH Yang, HR Song, Accuracy and safety of pedicle screw placement in neuromuscular scoliosis with free-hand technique, *European Spine Journal*, 2008, 17:1686–1696
38. M Etemadifar, MH Jamalaldini, Evaluating Accuracy of Free-hand Pedicle Screw Insertion in Adolescent Idiopathic Scoliosis Using Postoperative Multi-Slice Computed Tomography Scan, *Advanced Biomedical Research*, 2017, 6:19
39. H Modi, SW Suh, HR Song, JH Yang, Accuracy of thoracic pedicle screw placement in scoliosis using the ideal pedicle entry point during the freehand technique, *International Orthopaedics*, 2009, 33:469–475
40. Y Smorgick, MA Millgram, Y Anekstein, Y Floman, Y Mirovsky, Accuracy and Safety of Thoracic Pedicle Screw Placement in Spinal Deformities, *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 2005, 18:522–526
41. BN Upendra, D Meena, B Chowdhury, A Ahmad, A Jayaswal, Outcome-Based Classification for Assessment of Thoracic Pedicular Screw Placement, *Spine*, 2008, Volume 33, Number 4, pp 384–390
42. W Urbanski, W Jurasz, M Wolanczyk et al, Increased Radiation but No Benefits in Pedicle Screw Accuracy With Navigation versus a Freehand Technique in Scoliosis Surgery, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2018, 476:1020-1027
43. Z Zhao, Z Liu, Z Hu et al, Improved accuracy of screw implantation could decrease the incidence of post-operative hydrothorax? O-arm navigation



- vs. free-hand in thoracic spinal deformity correction surgery, *International Orthopaedics*, 2018 42:2141–2146
44. J Qiao, F Zhu, L Xu et al, Accuracy of pedicle screw placement in patients with Marfan syndrome, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2017, 18:123.



## TEŞEKKÜR

Bana omurga cerrahisini sevdiren, bu alandaki tüm bilgi ve becerilerimi kazanmama yardımcı olan, bu tezin planlama, değerlendirme ve yazım aşamalarında bana yardımcı olan değerli hocam Doç Dr Burak AKESEN'e şükranlarımı sunarım. Asistanlığım boyunca bilgi ve becerilerinden yararlandığım Prof Dr H. Tufan KALELİ, Prof Dr Kemal DURAK, Prof Dr M. Bartu SARISÖZEN, Doç Dr M. Sadık BİLGİN, Doç Dr Teoman ATICI hocalarıma da sonsuz teşekkürler. Bölümde geçirdiğim 5 yıl boyunca birlikte çalıştığım eğitime katkıda bulunan tüm kıdemli ve çömez asistan arkadaşlarıma da teşekkür ederim. Ve ortopedi ailesinin diğer bireyleri bölümde birlikte çalıştığımız, tüm klinik hemşirelerine, ameliyathane hemşirelerine, çeşitli birimlerde çalışan tüm personel arkadaşlarıma da teşekkür ederim. Doğduğum ilk günden beri beni eğiten, hayata hazırlayan, maddi manevi her türlü desteği sağlayan anne ve babama da sonsuz teşekkürler. Tanıştığımız ilk günden beri yoğun mesai, nöbet vs nedenlerle tam olarak zaman ayıramadığım ama bana her daim destek olan, karşılaştığım zorluklar karşısında tam pes edecekken dik durmamı sağlayan biricik eşim Gökçen' e de sonsuz teşekkürü borç bilirim. Çok sevgili kızım Kübra ve oğlum Harun, bu beş yıllık eğitimim sırasında her zaman motivasyon kaynağı olduğunuz için size de sonsuz teşekkürler.

## ÖZGEÇMİŞ

Siirt'in Kurtalan ilçesinde 1987 yılında doğdum. İlkokul ve ortaokulu Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda, liseyi Siirt Atatürk Anadolu Lisesi'nde okudum. Üniversite öğrenimimi Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesinde 2005-2011 yılları arasında tamamladım. 2011 yılında tıp eğitimimin 6. yılında Erasmus Öğrenci Değişim Programı ile Polonya'nın Katowice şehrinde Silesia Medical University'de 4 aylık süreyle Dahiliye ve Pediatri stajlarımı tamamladım. 04 Nisan 2014 tarihinde Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimime başladım. 2012 yılından beri evliyim. Biri kız, diğeri de erkek olmak üzere 2 çocuk babasıyım.