



Tıp Fakültesi

T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ GÖĞÜS CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

**PEKTUS EKSKAVATUM HASTALARINDA PREOPERATİF
RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME İLE CERRAHİNİN
PLANLANMASI**

Dr. JEYHUN PASHAYEV

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2024



Tıp Fakültesi

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ GÖĞÜS CERRAHİSİ ANABİLİM DALI

**PEKTUS EKSKAVATUM HASTALARINDA PREOPERATİF
RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME İLE CERRAHİNİN
PLANLANMASI**

Dr. JEYHUN PASHAYEV
TIPTA UZMANLIK TEZİ

Danışman: Doç. Dr. TUNÇ LAÇİN

İSTANBUL 2024

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Dr. JEYHUN PASHAYEV

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimimim süresince bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen gerek akademik mentörlük gerek cerrahi tecrübe gerekse hayata bakış açısı edinmemde üzerimde büyük emekleri olan tez danışmanım Doç. Dr. TUNÇ LAÇİN'e,bugünkü cerrahi tecrübemin gelişmesinde büyük emeği olan, her zaman arkamda olup desteğini ve güvenini sonuna kadar hissettiğim anabilim dalı başkanım Prof. Dr. Bedrettin YILDIZELİ'ne,

Uzmanlık eğitimimde desteklerini ve güvenlerini her zaman hissettiğim, gelişimimde büyük emekleri olan Prof. Dr. Korkut BOSTANCI, Doç. Dr. NEZİH ONUR ERMERAK'a, beraber kısa çalışma süremiz olsa da destekleri için Prof. Dr. HASAN FEVZİ BATIREL'E ve uzmanlarımıza,

Çalıştığım klinikte beraber çalıştığımız, beraber öğrenip beraber değerli anılar biriktirdiğimiz, asistanlık süresince çoğu zamanımızı beraber geçirdiğimiz asistan abilerim, ablalarım ve kardeşlerime,

Aynı klinikte gece gündüz beraber çalıştığımız klinik ve ameliyathane ekibindeki arkadaşlarıma,

Tüm başarı ve başarısızlıklarında yanımda olan, dışından tırnağından artırıp bugünlere gelmeme vesile olan, dualarıyla ayakta durduğum annem, babam ve kardeşim, yakın arkadaşlarım Dr. Emin İmanlı ve Dr. Reyhan ERTAN a

Ve canım ailem... cerrahi asistan eşinin yaşayabileceği tüm zorlukları yaşayan, evden daha çok hastanede zaman geçirdiğim asistanlık ve tez sürecinde her zaman yanımda olan, yol arkadaşım, sevgili eşim Dr. MÖMÜNET Nuriyeva'ya,

En içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Jeyhun Pashayev

ÖZET

Giriş: Pektus ekskavatumlu bir hastaya yerleştirilecek bar sayısına karar vermek cerrahın uzmanlığına bağlıdır. Hasta memnuniyetinin öncelikli olması ve ana şikayetin kozmetik olması nedeniyle, doğru bar yerleştirme sayısını belirlemek çok önemlidir. Bu çalışma, maksimum memnuniyet için gereken ideal bar sayısını belirleyen bir severity indeksi sunmayı amaçlamaktadır.

Yöntem: Eylül 2018 ve Mart 2024 tarihleri arasında Göğüs Duvarı Deformiteleri Klinik Veritabanı kayıtları, pektus ekskavatumun minimal invaziv onarımı yapılan 365 hastayı içermektedir. 365 hastadan 81'i bu çalışmaya dahil edildi ve ameliyat öncesi göğüs bilgisayarlı tomografisi çekildi. Hastaları aldıkları bar sayısına göre üç gruba ayırdık. Grup I'e bir (n=24), Grup II'ye iki (n=39), Grup III'e üç bar (n=18) verildi. Haller indeksi (HI), düzeltme indeksi (CI), asimetri indeksi (AI), kostosternal açı, sternum eğim oranı, sternum uzunluğu ve yoğunluğu hesaplandı ve bu değerler yerleştirilen bar sayısı ile korele edildi ve yerleştirilecek bar sayısını belirlemek için bir severity indeksi oluşturuldu.

Bulgular: Sternal cismin yoğunluğu ile bar sayısı arasında ters bir ilişki olduğu bulundu. Yoğunluk Grup I ve II arasında istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0,003449$). Sternum eğim oranı, kostosternal açı ve CI Grup I ve III arasında istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$). Sternum uzunluğu, HI ve AI herhangi bir anlamlılık göstermedi.

Sonuçlar: HI, CI ve AI, ekskavatumun ciddiyetini hesaplamak için kullanılan indekslerdir. Bu çalışma, cerrahi düzeltme sırasında gereken uygun bar sayısını belirlemek için indekslerin ve yeni parametrelerin kullanımını ele alan ilk rapordur. Bu parametrelerin kullanılması, yetersiz sayıda bar nedeniyle yetersiz sternum elevasyonu, bar rotasyonu ve interkostal kas yırtıkları gibi cerrahi komplikasyonları önleyebilir.

Anahtar kelimeler: VATS, Pektus Ekskavatum, MİRPE, Toraks BT, Haller indeksi, Correction indeksi, Asimetri indeksi, Korpus dansitesi, Kostasternal açı, Sternum eğim oranı

İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)

Aim: The decision on the number of bars to be placed in a patient with pectus excavatum depends on the surgeon's expertise. As patient satisfaction is the priority and the main complaint is cosmetic, it is crucial to determine the correct number of bar placements. This study aims to introduce a severity index that determines the ideal number of bars required for maximum satisfaction.

Method: The records of the Chest Wall Deformities Clinical Database between September 2018 and March 2024 include 365 patients who underwent minimally invasive repair of pectus excavatum. 81 out of 365 patients were enrolled in this study and received preoperative chest computerized tomography. We divided the patients into three groups based on the number of bars they received. Group I received one (n=24), Group II had two (n=39), Group III had three bars (n=18). Haller index (HI), correction index (CI), asymmetry index (AI), costosternal angle, sternum slope ratio, length and density of sternal body were calculated. These values were correlated with the number of bars that were placed. A severity index is created to determine the number of bars to be placed.

Results: We found that there was an inverse relationship between the density of the sternal body and the number of bars. The density was found to be statistically significant between Group I and II ($p=0,003449$). Sternum slope ratio, costosternal angle, and CI were statistically significant between Groups I and III ($p<0.05$). Length of sternal body, HI, and AI did not show any significance.

Conclusion: HI, CI and AI are indices that are used to calculate the severity of the excavatum. This study is the first report to address the use of the indices and new parameters to determine the appropriate number of bars needed during surgical correction. Using these parameters can prevent surgical complications, such as inadequate sternum elevation, bar rotation, and intercostal muscle tears, due to an insufficient number of bars.

Keywords: VATS, Pectus Excavatum, MIRPE, Thorax CT, Haller index, Correction index, Asymmetry index, Sternum slope ratio, Costasternal angle, Corpus density

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
ÖZET	iii
İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
KISALTMA VE SİMGELER	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	9
2.1 PEKTUS EKSKAVATUM TANIMI	9
2.2 PEKTUS EKSKAVATUM TARİHÇESİ	9
2.3 PEKTUS EKSKAVATUM ETİYOLOJİSİ	12
2.4 PEKTUS EKSKAVATUM SEMPTOMLARI	13
2.5 PEKTUS EKSKAVATUMDA MINİMAL İNVAZİV TEDAVİ YÖNTEMİ	13
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	15
3.1 HASTALAR	15
3.2 ARAŞTIRMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ:	15
3.3 ARAŞTIRMADAN DIŞLANMA KRİTERLERİ:	15
AMELİYAT EDİLEN PREOP TORAKS BT Sİ OLMAYAN PEKTUS EKSKAVATUM HASTALARI.....	15
3.4 AMELİYAT ÖNCESİ DEĞERLENDİRME:	15
3.5 CERRAHİ TEKNİK.....	16
3.5.1 Videotorakoskopi	16
3.6 AMELİYAT SONRASI HASTA BAKIMI	27
3.7 İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	28
4. BULGULAR	29
4.1 HASTALAR VE PERİOPERATİF VERİLER	29
5. TARTIŞMA	45
6. SONUÇ.....	48

7.	KAYNAKÇA	50
8.	EKLER.....	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
	EK-1: Etik KURUL ONAYI	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri ve bar sayısı	29
Tablo 2. Barsayısı ile cinsiyet arasındaki ilişkinin Ki-Kare testi ile değerlendirilmesi.....	30
Tablo 3. Barsayısı ile bar yerleşim şekli arasındaki ilişkinin Ki-Kare testi ile karşılaştırılması.	31
Tablo 4. Hastaların pre-op BT parametreleri	32
Tablo 5a: Bir bar takılan hastalar için Kolmogorov-Smirnov testi.....	33
Tablo 6:Hastaların bar sayıları ile BT ölçüm parametrelerinin OneWay Anova Testi ile karşılaştırılması.	36
Tablo 7.Değişkenlerin homojenlik testi.....	37
Tablo 8. Multiple karşılaştırma (TUKEY HSD testi)	38
Tablo 9 : Yaş ve kostasternal açı ile bar sayıları arasında ilişkinin Oneway Anova testi ile değerlendirilmesi	40
Tablo 10 : Varyansların homojenite testi.....	40
Tablo 11. Tamhane T2 testi ile karşılaştırma	41
Tablo 12:Sternum Eğim Oranı Kruskal Wallis testi.....	42
Tablo 13 :Asimetri İndeksi Kruskal Wallis testi.	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: BT taraması torasik indeksleri hesaplamak için gereken ölçümler	6
Şekil 2: <i>Sternum eğim oranının ölçülmesi</i>	7
Şekil 3: Kostasternal açının hesaplanması.....	7
Şekil 4:Corpus sternum dansitesinin ölçülmesi.	8
Şekil 5: Sternum corpus boyutunun ölçülmesi	8
Şekil 6: Dr.Nuss 1998 yılında 10 yıllık tecrübesini anlatıp tekniği ilk kez tarif ettiği makaleden alınan illüstrasyon (Nuss D,1998).	14
Şekil 7: PE alt tiplerinin görüntüleri:	19
Şekil 8: Hasta sağ kol fleksiyonda başın ön tarafına bitişik olacak şekilde.....	21
Şekil 9: Cerrahi öncesi işaretleme ve kalıbın hazırlanması.....	22
Şekil 10: Kalıba uygun olarak barın bükülerek hazırlanması.	22
Şekil 11: İntradüserin karşı işaretlenmiş tarafa geçilmesi.	23
Şekil 12: İntradüserin naylon teyp bağlanması ve geri çekilmesi.	23
Şekil 13: Teyp yardımıyla barın karşı tarafa geçilmesi.....	24
Şekil 14:Barın döndürülerek stabilizörün yerleştirilmesi.	24
Şekil 15: Barın bükülerek kas altına yerleştirilmesi.	25
Şekil 16: Hastanın preop ve postop muayine görüntüsü.	26
Şekil 17: Cerrahi insizyonu, ameliyat sonrası 4. Hafta.....	28

KISALTMA VE SİMGELER

ACS	American College of Surgeons
BT	Bilgisayarlı Tomografi
MİRPE	Minimally İnvasive Repair Of Pectus Excavatum
CWIG	İnternational Chest Wall Group
CWD	Chest Wall Deformity
ERAS	Enhanced Recovery After Surgery
CI	Correction Index
min	Minimum
max	Maksimum
VB	Vacuum Bell
AI	Asymmetry Index
HI	Haller İndex
SFT	Solunum Fonksiyon Testi
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
VATS	Video Assisted Thoracic Surgery
PCA	Hasta kontrollü analjezi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Pektus Ekskavatum (PE), yaklaşık olarak her 300-400 doğumda bir görülen ve erkek baskınlığı gösteren (yaklaşık 4:1 oranı) en yaygın göğüs duvarı deformitesini (CWD) temsil eder [1].

Sternumun ve genellikle 4-5 kaburga kemiğinin anormal bilateral büyümesinden kaynaklanır [2]. Erkek predominansı 2-9:1'dir ve genellikle Kafkasyalılarda görülür [3]. Pektus ekskavatum izole bir anormallik olabileceği gibi, belirli sendromların veya genellikle aşağıdakileri içeren diğer patolojik durumların bir parçası da olabilir [4]. Ayrıca, ailesel kalıtım belgelenmiştir ve ailesel görülme oranı %54'tür [5]. Bu durum kardiyopulmoner fonksiyonu etkileyebilir ve bazı hastalarda göğüs ağrısı, dispne ve egzersiz intoleransına neden olabilir. Bunun yanı sıra, utanç, anksiyete, depresyon ve sıkıntının psikolojik yönü de iyi bilinmektedir.

Düzeltilici cerrahi planlanan hastaların standart preoperatif değerlendirmesinin önemli bir parçası, anatomik değerlendirme ve göğüs boyutlarının belgelenmesi için standart radyolojik görüntülemedir. Hastaların ilk değerlendirmesinde standart bir göğüs röntgeni kullanılır çünkü yaygın olarak kullanılabilir ve ciddiye indekslerinin ölçülmesine olanak tanır. Standart göğüs röntgeni, anormal kıkırdak kalsifikasyonunun boyutunu gösterdiği için tekrarlayan pektus ekskavatum hastalarında da faydalıdır. Göğsün bilgisayarlı tomografik taraması (BT) deformitenin ve kemik ve kıkırdak iskeletin üç boyutlu olarak daha net bir resmini sağlayabilir ve Haller indeksinin hesaplanmasına olanak tanır [6].

Pektus ekskavatum için çeşitli tedavi seçenekleri vardır [7]. Geleneksel olarak, anormal kıkırdağın rezeke edildiği ve sternumun kırılarak düzeltilmiş bir pozisyonda sabitlendiği açık bir onarım (Ravitch tekniği) gerçekleştirilirdi [8]. Son zamanlarda, Ravitch tekniğinin yerini, pektus ekskavatum vakalarının çoğunda tercih edilen operatif tedavi olarak standardize edilen, önemli ölçüde daha az invaziv olan Nuss prosedürü almıştır [9]. Kavisli bir metal çubuk ya kör olarak ya da torakoskopik yardımla baş aşağı geçirilir ve sternumun altındaki pozisyona çevrilerek sternum ve göğüs duvarı etkili bir şekilde düzeltilmiş bir pozisyona kaldırılır [10]. Nuss prosedürü pediatrik cerrahlar arasında popülerlik kazanmış ve minimal kan kaybı, daha kısa ameliyat süresi, ameliyat sonrası iyi sonuçlar ve memnuniyet ile düşük komplikasyon oranına sahip olduğu gösterilmiştir [11].

1987 yılında Donald Nuss, açık onarımın çeşitli operatif özelliklerinden kaçınmak için kıkırdak veya sternal rezeksiyon gerektirmeyen minimal invaziv bir pektus ekskavatum onarım tekniği (MIRPE) geliştirdi [12]. 1998'de yayınlandıktan sonra, MIRPE iyi bir şekilde yerleşti ve son 20 yıl içinde dünya çapında artan sıklıkta uygulandı. Günümüzde MIRPE, ergen PE hastalarının yanı sıra yetişkin hastalarda ve hatta çocuklarda PE'nin cerrahi onarımı için dünya çapında kullanılan "altın standardı" temsil etmektedir. Ancak, buna rağmen "minimal invaziv", MIRPE ile ilişkili sadece minör değil, özellikle majör komplikasyonlar ve artan sayıda ölüme yakın komplikasyonlar bu arada rapor edilmiş ve başka yerlerde özetlenmiştir [13]. Sonuç olarak, yöntem son 20 yılda çok sayıda değişikliğe uğramıştır. Modifikasyonlar arasında hasta seçimi ve endikasyonu, hastanın konumlandırılması, cilt insizyonları, bar geçişi (intra ve ekstra plevral yerleştirme), barların şekli/büyüklüğü veya sayısı ve bar fiksasyonu. Özellikle intraoperatif kardiyak yaralanmaları önlemeye yönelik iki önemli değişiklik yapılmıştır: rutin tek taraflı ve/veya iki taraflı torakoskopi ve rutin sternal elevasyon. Ayrıca, özellikle karmaşık CWD'leri düzeltmek ve ikincil bar yer değiştirme riskini azaltmak için çoklu barların yerleştirilmesi ve/veya çapraz bar tekniği olarak adlandırılan teknik uygulamaya konmuştur [14].

Yukarıda belirtildiği gibi, 1998'deki ilk yayından bu yana MIRPE'nin teknik yönlerini, modifikasyonlarını, komplikasyonlarını ve tanısal çalışma ve PE tedavisinin diğer yönlerini açıklayan çok sayıda makale yayınlanmıştır. Bugün bile, MIRPE'nin kardiyopulmoner fonksiyon, egzersiz toleransı, vücut duruşu üzerindeki etkilerine ilişkin tartışmalar devam etmektedir. Elbette, etkili ağrı yönetimi başarılı bir tedavi protokolünün bir diğer önemli parçasıdır ve güncel modifikasyonlar da kullanılmaktadır. Analjezik seçenekleri arasında epidural, paravertebral sinir blokları veya kateterleri, interkostal sinir blokları veya kateterleri, kriyoablasyon veya subkutan infüzyon kateterleri ve hasta kontrollü analjezi (PCA) gibi bölgesel analjezi yer almaktadır. Ayrıca, oral ağrı ilacı ve derin nefes alma egzersizlerini içeren standart bir ameliyat sonrası fizyoterapi programı, kapsamlı standart çalışma prosedürünü tamamlar ve ameliyat sonrası gelişmiş bir iyileşme (ERAS) programının oluşturulmasını kolaylaştırabilir [15].

Klinik muayenenin yanı sıra, klinik olarak ciddi deformitesi olan PE hastalarının standart değerlendirmesi torakal bilgisayarlı tomografi (BT) taraması veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG), ekokardiyogram ve elektrokardiyogram, solunum fonksiyon testi ve gerekirse psikolojik değerlendirmeyi içerir. PE hastasında

ciddi pektus deformitesi varsa ve aşağıdaki kriterlerden iki veya daha fazlasını karşılıyorsa cerrahi endikasyonu vardır: BT indeksi > 3.25 , deformitede belirgin ilerleme, deformiteye bağlı belirgin klinik semptomlar, kardiyak veya pulmoner bası, restriktif akciğer hastalığı ve belirgin vücut imajı bozukluğu [16].

Nuss tarafından yapılan ilk yayında, ameliyat sırasındaki medyan yaş 5'tir ve 15 yaşın üzerinde hiçbir hasta dahil edilmemiştir [12]. Pubertal büyüme atağı sırasında CWD'de belirgin kötüleşme gözlemlendiğini ve göğüs duvarının kalan esnekliği ve elastikiyetinin mükemmel bir sonuç için önemli değişkenler olduğunu fark edilmiştir. Pektus cerrahları topluluğu içinde, günümüzde MIRPE elde etmek için en iyi yaşın, göğüs kıkırdağı ve kemiklerinin hala yumuşak olduğu ve manipüle edilmesinin ve doğru şekle bükülmesinin daha kolay olduğu 13 ila 16 yaşları arasında olduğu konusunda geniş bir fikir birliği vardır. Sonuç olarak, onarım için medyan yaş 15'e kaymıştır [15-17]. Buna karşın, bazı merkezler daha genç hastaların onarımında mükemmel sonuçlar bildirmekte ve 12 yaşından sonra onarımı savunmaktadır. Bunun tam tersi olarak, geniş seriler yetişkin hastalarda pektus onarımı için iyi sonuçlar tanımlamıştır[18]. Bu çalışmalar MIRPE'nin her yaşta uygulanabilirliğini gösterse ve MIRPE yapmak için genel bir sınırlama olmasa bile, genç ergenlerde olduğu gibi yumuşak, elastik, esnek ve bükülebilir bir göğüs duvarının mükemmel bir sonuç için temel bir ön koşul olduğunu düşünüyoruz. Bunun aksine, ciddi kombine defekti ve/veya sert göğüs duvarı olan PE hastalarında sternal osteotomi, kaburga kıkırdağı rezeksiyonu, çoklu bar yerleştirilmesi ve hatta belki de kombine açık ve kapalı prosedür gibi ek önlemler gerekebilir [3].

Nuss tarafından yapılan ilk yayında torakoskopi olmaksızın Kelly klemp ile künt retrosternal diseksiyon tanımlanmıştır [12]. Aynı grup 2002 yılında mediastinal diseksiyon sırasında güvenliği artırmak için rutin torakoskopi kullanma deneyimlerini bildirmiştir [19]. MIRPE ile ilişkili en ciddi komplikasyon, introduserin yerleştirilmesinden ve pektus barının konumlandırılmasından kaynaklanan kardiyak yaralanma ve/veya perforasyondur. Nadir de olsa, MIRPE sırasında istem dışı yan etki olarak kardiyak perforasyon potansiyel olarak ölümcül bir risk olmaya devam etmektedir. Torakoskopik kılavuzluğun rutin kullanımı, kardiyak yaralanma ve mammarian damarlarının yaralanması gibi büyük komplikasyonlardan kaçınmada yardımcı olmaktadır. Bu yöntemin kullanılmaya başlanması ilk büyük değişikliktir ve kardiyak yaralanma oranını azaltmıştır. Ancak kardiyak perforasyonları tamamen ortadan kaldıramamıştır [7, 20, 21].

Hayatı tehdit eden komplikasyonların ve mortalitenin gerçek insidansı bilinmemektedir, çünkü dünya çapında gerçekleştirilen toplam prosedür sayısını bilmiyoruz ve majör advers sonuçlar eksik bildirilmektedir. Kardiyak yaralanmalar neyse ki nadir kalsa bile, rutin torakoskopinin uygulanmaya başlamasından önce veya sonra kaç kardiyak yaralanma meydana geldiğini tam olarak belirlemek mümkün değildir. Uluslararası göğüs duvarı grubu (CWIG) üyeleri arasında yapılan bir ankette, torakoskopili ve torakoskopisiz pektus barı yerleştirilmesi sırasında kardiyak yaralanma insidansının %0,05'ten az olduğu bildirilmiştir[20]. Bununla birlikte, bu vakaların özellikleri, birincil ve ikincil MIRPE prosedürleri, pektus barı yerleştirilmesi ve çıkarılması sırasında kardiyak yaralanmalar, farklı uzmanlık seviyelerine sahip cerrahlar dahil olmak üzere geniş bir spektrumu bir araya getiren eksik veri kaynaklarına dayanmaktadır. Ayrıca, 50 ACS NSQIP-pediyatrik kurumundaki (American College of Surgeons 2012 Ulusal Cerrahi Kalite Geliştirme Programı-Pediyatrik) güncel uygulamaların yakın zamanda yapılan bir analizi, katılımcı merkezlerin yalnızca %84'ünde rutin torakoskopi kullanıldığını ortaya koymuştur [22].

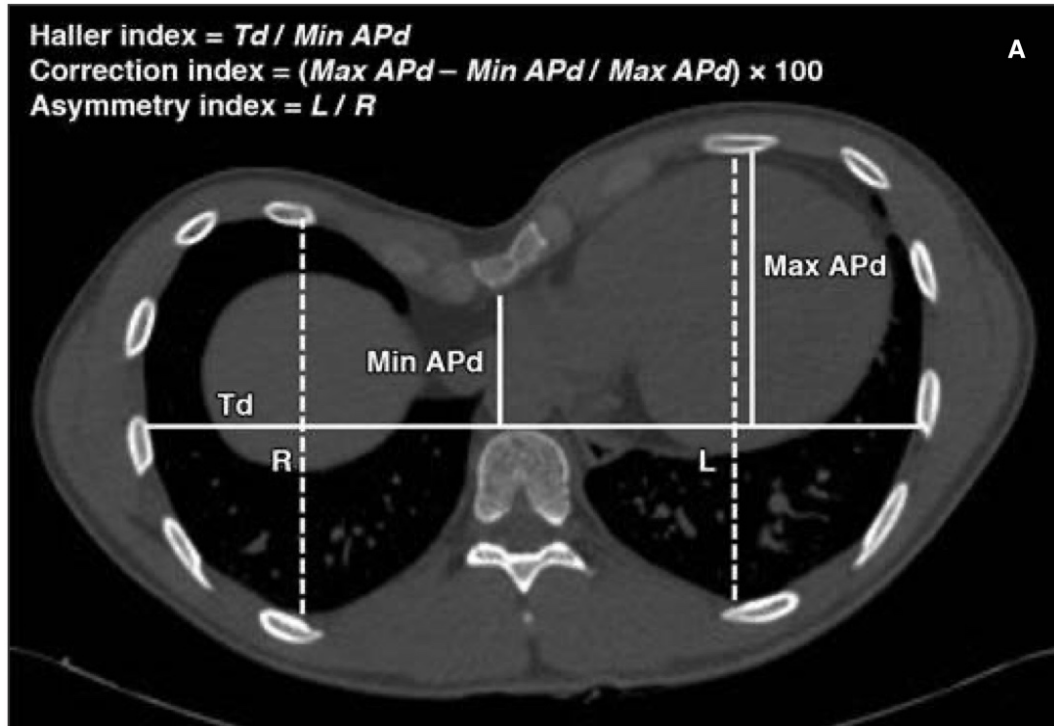
Torakoskopi, toraks içi diseksiyon sırasında genel olarak daha iyi bir görünürlük sağlaması ve akciğer hasarı gibi diğer önemli komplikasyon risklerinin daha düşük olduğunun bildirilmesi nedeniyle yaygın olarak kabul görmeye devam etmektedir. Günümüzde torakoskopinin kardiyak yaralanmaların gerçek insidansı üzerindeki etkisine ilişkin kanıta dayalı veriler bulunmasa da, ölüme yakın komplikasyonları bildiren makale ve çalışmaların çoğunun 2011 yılından önce yayınlandığını fark edebiliriz. Bu komplikasyonlardan kaçınmak için, MIRPE sırasında torakoskopinin rutin kullanımının zorunlu olduğunu düşünülmekte [20, 21].

MIRPE'nin açık pektus onarımına kıyasla daha az invaziv olduğuna şüphe yoktur. Bununla birlikte, PE'nin vakum bell (VB) kullanılarak konservatif tedavisi, MIRPE'ye kıyasla daha az invaziv olarak düşünülmelidir. Birçok CWD hastası, hemen ameliyat gerektirmeyen hafif ila orta derecede CWD ile başvurur. Ancak, özellikle pediyatrik ve genç ergen hastalar bir tür cerrahi olmayan tedaviden fayda görebilir. Ameliyat sonrası iyileşme ile ilişkili ağrı, kusurlu sonuç riski ve cerrahi onarımın genel anestezi altında yapılması gerektiği gerçeği, hastaların ameliyattan kaçınmak istemelerinin başlıca nedenleridir. Bu gerçekler nedeniyle, PE'nin yanı sıra pektus karinatumu (PC) düzeltmek için konservatif tedavi yöntemlerinin tanıtılması, bu alternatif tedaviyi hastalar, ebeveynleri ve cerrahlar için bir ilgi odağı haline getirmiştir.

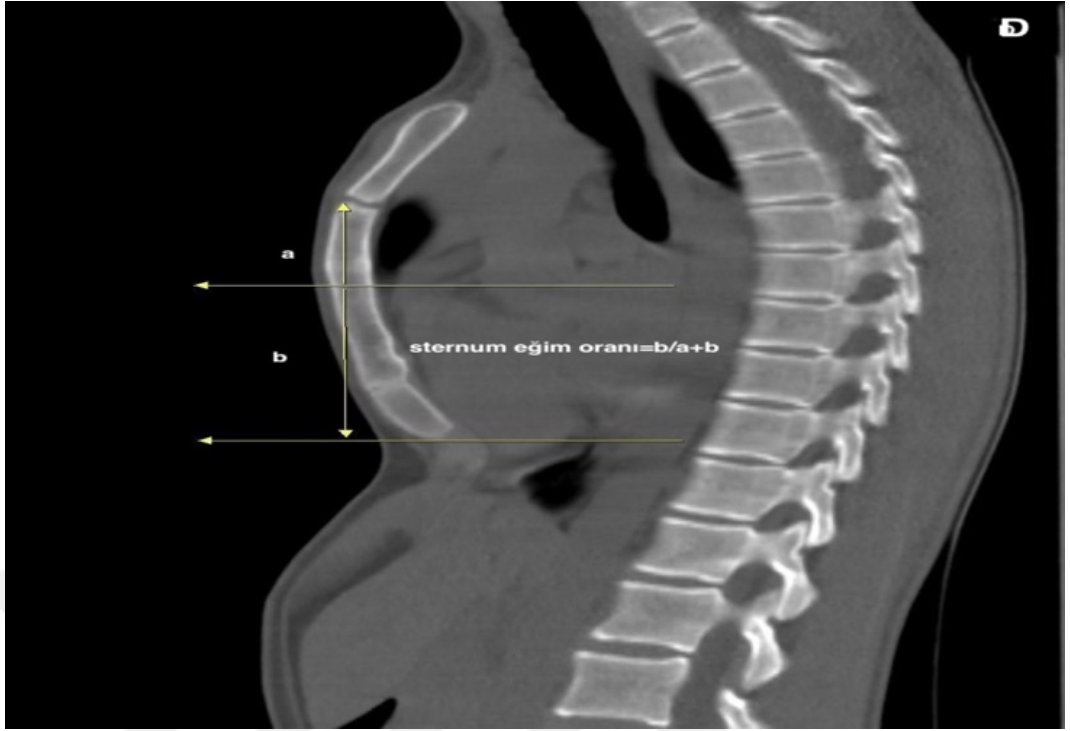
Pektus cerrahları, CWD'li her hastada spesifik konservatif ve/veya cerrahi tedavinin gerekli olmadığını farkında olmalıdır. Bununla birlikte, dikkatli klinik muayeneye büyük önem verilmelidir. Özellikle çocuk ve ergen hastalarda gözlem ile klinik takip önerilmektedir. Hastanın yaşına ve CWD'nin ciddiyetine bağlı olarak, cerrahi olmayan tedavi tedavide ilk adım olabilir. Cerrahi onarıma benzer şekilde, ventral göğüs duvarının elastikiyetini ve esnekliğini VB tedavisinin iyi ila mükemmel başarısı için önemli bir ön koşul olarak görüyoruz [23]. Bazı yayınlarda en genç PE hastası 2 yaşında, en yaşlı PE hastası ise 61 yaşında başlamıştır[24]. Hastanın uyumu veya VB uygulamak için ventral yüzeyin boyutu, çok erken başlamada sınırlayıcı faktörleri temsil etmektedir. Günlük VB uygulama sıklığı ve süresi, negatif basıncın kademeli olarak artırılması ve tedavi süresi hakkında daha fazla ayrıntı başka yerlerde yayınlanmıştır[24-26].Mevcut literatüre ve kendi deneyimlerimize göre, konservatif tedavi yöntemleri PC hastalarında PE hastalarına göre daha sık kullanılmaktadır. Ortezleme, PC hastalarının çoğunda etkili, tercih edilen ve en sık önerilen tedavi modalitesini temsil etmektedir. İlk tedavi seçeneği olarak düşünülmelidir. Bu durum, mevcut literatürde PC'nin spesifik tedavisi ile ilgili olarak cerrahi onarımdan çok daha fazla destekleyici tedavi çalışması bulabilmemizle de desteklenebilir[25]. PE hastalarında da konservatif tedavi cerrahi onarımdan çok daha sık uygulanacaktır. Daha büyük serilerde PE hastalarının yaklaşık %80'inin VB kullanılarak konservatif tedaviye başvurduğu doğrulanmıştır. Buna karşılık, yaklaşık %20' ine cerrahi onarım uygulanmıştır .VB tedavisi, PE hastalarının spesifik tedavisinde ek ve tamamlayıcı bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle pediatrik ve genç ergen hastalar başarıyla tedavi edilebilir[23-25, 27-32] . Hastalar ≤ 11 yaş, göğüs duvarı derinliği $\leq 1,5$ cm, göğüs duvarı esnekliği ve ardışık 12 ay boyunca VB kullanımı, mükemmel bir sonuç için öngörücü değişkenler olarak tanımlanmıştır[33].

Onarım ameliyatının gerekli olup olmadığını belirlemek için genellikle bir BT taraması yapılır ve Haller indeksi (Hİ), correction indeksi (Cİ) ve asimetri indeksleri (Aİ) hesaplanarak PE şiddetini değerlendirmek için hastanın göğüs kafesinin ölçümleri alınır [34]. Haller (**Şekil 1**), denklemle tanımlanan sternum depresyonunun ciddiyetini değerlendirir [35]. Enine göğüs mesafesinin (TCD, göğüs kafesinin iç kısmının yatay uzunluğu) ve ön-arka mesafenin (APD, sternumun arka kısmı ile omurganın ön yüzü arasındaki en kısa mesafe) oranı olarak hesaplanır [36]. Cİ (**Şekil 1**), gerekli düzeltme miktarını ölçer ve denklem ile verilir [37-39]. Sanal düzeltme mesafesi (VCD, düzeltme sonrasında omurga ile beklenen göğüs kemiği konumu

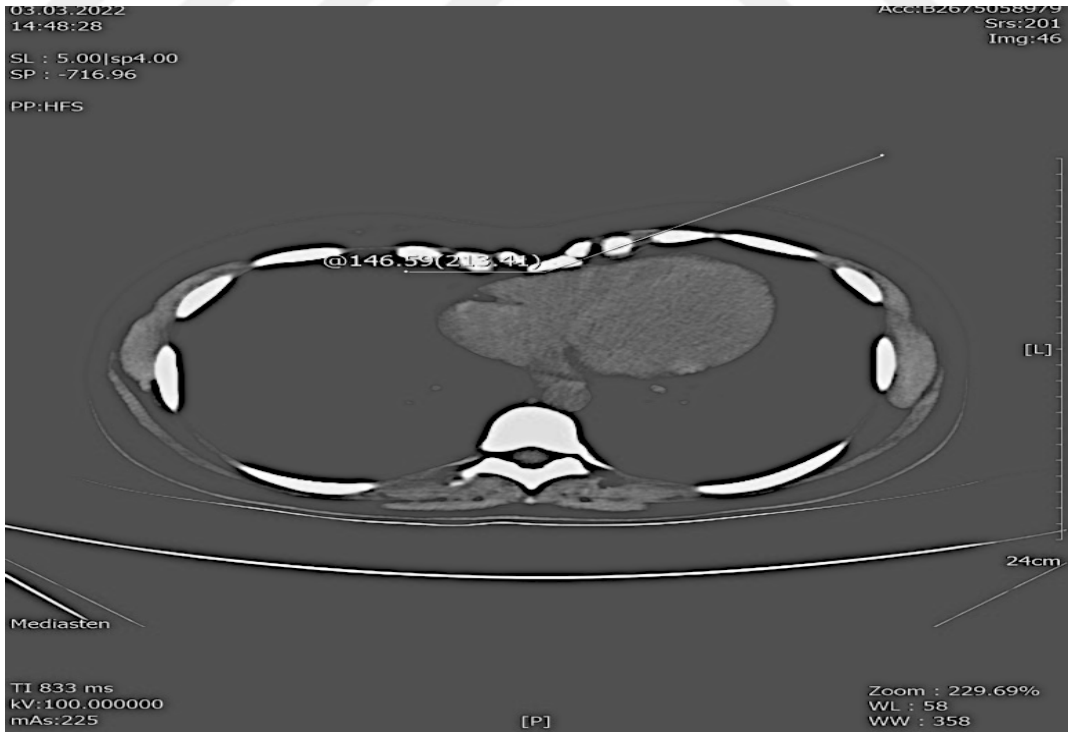
arasındaki maksimum mesafe) ile APD arasındaki bağıl yüzde olarak ,Aİ (Şekil 1); PE asimetrisinin derecesini karakterize etmek için kullanılır ve denklem ile hesaplanır [40]. Sol ve sağ ön-arka mesafeler (LAPD ve RAPD) arasındaki oranlar klinik pratikte manuel olarak yapılır; bu şekilde hesaplanması klinisyen için sıkıcı, zaman alıcı olmakla beraber sonuçları klinisyenler arası değişkenliğe yatkındır. Aslında BT 'nin 3 boyutlu yapısı göz önüne alındığında, uzmanın öncelikle ölçümle gerçekleştirileceği aksenel kesiti tanımlaması gerekir. Bu dilim göğüs ön duvarının en derin çöküntü noktasında yer almalıdır, dolayısıyla hacim içinde gezinilmeli ve yeniden yapılandırılmış sagittal dilimler kullanılarak bu noktanın nerede olduğu değerlendirilmelidir. Öte yandan mesafe ölçümü için noktaların konumlandırılması deneyimle yakından bağlantılıdır ve klinisyenin yorumuna tabidir. Bu indekslerin PE bağlamındaki önemine rağmen şu anda bu süreci standardize edecek bir çözüm yoktur. Yıllardır yapılmakta olan Nuss prosedürü esnasında takılacak bar sayıları açısından genel bir yaklaşım olmadığından genellikle birçok cerrah hala tek bar kullanmakta, bar sayısına operasyon esnasında karar vermektedir. Biz de bu çalışmamızda kliniğimizde takip ve tedavi ettiğimiz hastalarımıza sternum eğim oranı (Şekil 2), kostasternal açı (Şekil 3), sternal korpus boyutu (Şekil 5), asimetri indeksi, correction indeksi, haller indeksi ölçümü, BT ile sternum kemik dansitesi ölçümü (Şekil 4), yapılarak takılacak bar sayısının operasyon öncesinde planlanabilirliğini araştırdık.



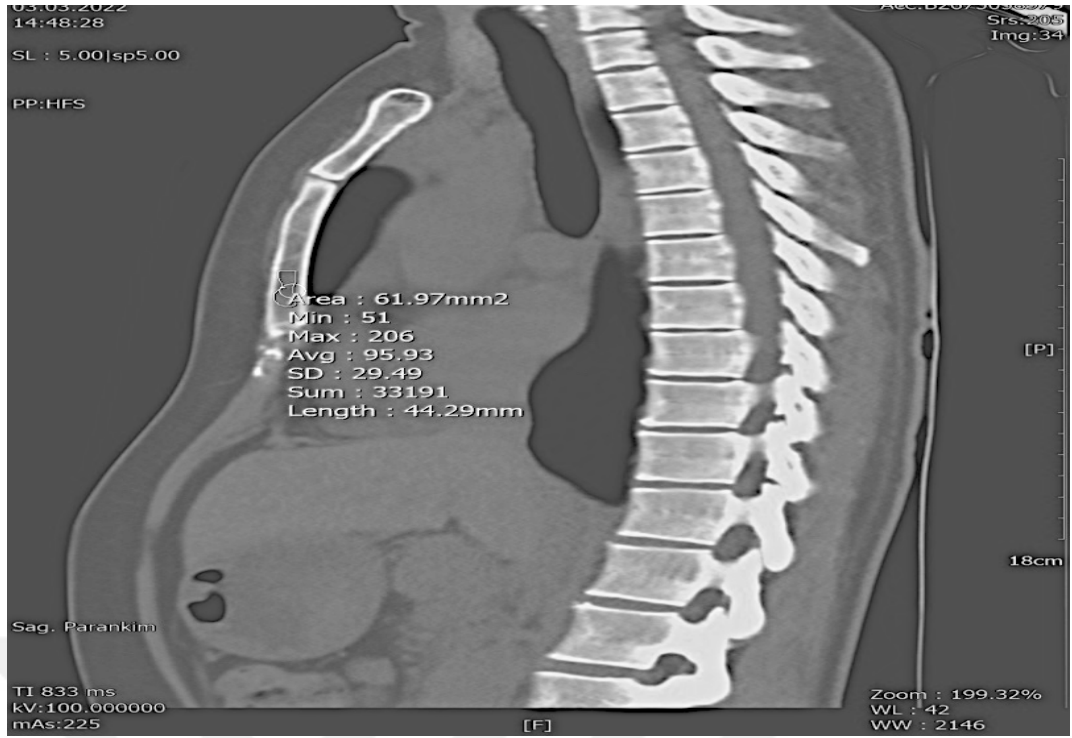
Şekil 1: BT taraması torasik indeksleri hesaplamak için gereken ölçümleri göstermektedir. Td transvers çapı ifade eder; Min APd minimum anteroposterior çap; Max APd maksimum anteroposterior çap; L, sol ve R, sağ



Şekil 2: Sternum eğim oranının ölçülmesi.



Şekil 3: Kostasternal açının hesaplanması.



Şekil 4: Corpus sternum dansitesinin ölçülmesi.



Şekil 5: Sternum corpus boyutunun ölçülmesi.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Pektus Ekskavatum Tanımı

Pektus Ekskavatum latineden “çökük göğüs” olarak çevrilmektedir. Diğer adlandırmaları ise; “kunduracı göğsü”, “trichterbrust” (huni göğüs, funnel chest), “koilosternia”, “chone-chondrosternon” şeklindedir [41].

Pektus ekskavatum, sternumun orta hat ile alt kısmının posterior depresyonu ve ilişkili kostaların kırıldaklarının posterior eğriliği olarak nitelenen göğüs duvarı deformitesidir [42]. Sternum korpusunun anormal büyüme gösteren kostal kırıldaklarla beraber deprese olması ile kostalar sternumdan anteriora doğru çıkıntı yaparak birlikte bu görüntüyü oluştururlar.

Deformite durumunda manubrium, birinci ve ikinci kotlar genellikle normal olmakla birlikte çöküklüğün derinliği ve şekli değişkendir.

Morfolojik görünüme göre Kuhn ve arkadaşları pektus ekskavatum deformitelerini dört tipe ayırmıştır [43] :

1. Lokalize Derin Çöküklük (Cup Shaped)
2. Diffüz Yüzeysel Çöküklük (Saucer Shaped)
3. Asimetrik Uzun Boru Şeklinde Çöküklük (Grand Canyon)
4. At nalı Deformitesi (Currarino-Silverman, Horns of steer)

2.2 Pektus Ekskavatum Tarihçesi

Elimizdeki veriler 16. yy.’dan 20 yy.’a kadar pektus ekskavatumun vaka raporları üzerinden tanımının ve kliniğinin araştırıldığı gösterilmektedir. İlk kez 1594’te Bauhinus, pektus ekskavatumun klinik özelliklerini tanımlayarak ilk olguyu raporlamış ve Johan Schenck tarafından pektus ekskavatum üzerine yapılan çalışmalar toplanarak pektus ekskavatumun tanımı oluşturulmuştur [44, 45].

1820 ‘de Coulson deformitenin genetik yatkınlığı konusunda bir makale yayınlamıştır. “Trichterbrust” (huni göğüs) terimini ilk kez 1882’de Wilhelm Ebstein bir olgu yayınında kullanmıştır [46].

Pektusa yönelik ilk müdahale ise deneme düzeyinde olup 1911’de Meyer, pektuslu bir olguda 2. ve 3. kostal kartilajların eksize etmiş ancak klinik düzelme sağlayamamıştır [47].

1913’te negatif basınç odası oluşturarak göğüs cerrahisinde yeni bir çıkır açan Sauerbruch, pektus ekskavatum hastasında ilk kez bilateral kostal kartilaj rezeksiyonu ve sternal osteotomiyi uygulamış vakada semptomların gerilemesini de sağlamıştır [48, 49].

1939’da Ochsner ve De Bakey bilateral kostakondral rezeksiyon ve transvers sternotomi operasyonu ile; 1944’te Nissen ise sternum ve kartilaj rezeksiyonu uyguladıktan sonra sternumu ters çevirerek (sternal turnover) gerçekleştirdiği operasyonla pektus ekskavatum hastalarının şikayetlerinin düzelmiş olduğunu raporlamışlardı [50, 51].

1947’de Sauerbruch tekniğinin daha radikal bir modifikasyonunu kullanarak eksternal traksiyon uygulamadan bilateral kartilaj rezeksiyonu ve sternal osteotomi operasyonu yapan Ravitch, bu prosedüründe sık rekürrensle karşılaşmışlardı. 1949’da ise Ravitch ve Chin, daha agresif sternum mobilizasyonu, kostal kartilaj eksizyonu ve Kirschner teli kullanılarak sternum fiksasyonu uyguladıkları vakayı raporlamışlardı [52, 53].

1956 yılında Wallgreen ve Sulamaa hafif eğimli paslanmaz çelik çubuğu sternumun altından geçirerek internal destek olarak kullanmışlardır [42].

Pektus operasyonlarında sternum arkasına çelik bar uygulamasını Adkins ve Blade 1961’de tariflemişlerdir. Pektus deformitelerinin operasyon ile düzeltilmesi bu teknik üzerinden şekillenmiş ve geliştirilmiştir.

1974’te Welch ve Kearney, Prune-Belly sendromu ile pektus ekskavatum birlikteliğinin sıklığını raporlamış ayrıca Welch deformitenin derecesini belirlemek için günümüzde halen en geçerli metod olan Welch indeksini geliştirmiştir [54, 55].

1986’da Nuss kostal kartilajların fleksibl olmasından yola çıkarak kotların eksize edilmeden deformitenin düzeltilmesi amacıyla alternatif bir teknik ortaya koyarak kaburga ya da sternum rezeksiyonu yapılmadan kan kaybının minimal olduğu kendi adıyla anılan Nuss prosedürünü geliştirmiştir.

10 yıllık deneyiminin raporunda ise kısa operasyon süresi, iyi kozmetik sonuç, minimal kan kaybı sonuçlarını vurgulamıştır [12].

Scherer 1988 yılında, Marfan sendromu ve eşlik eden skolyoz birlikteliğine dikkat çekerken 1989'da Waters pektus ekskavatum ile skolyoz birlikteliğinin %26 oranında olduğunu raporlamıştır [56, 57].

Pektus ekskavatum düzeltilmesinde çelik değil titanyum plak kullanılmasına dair çalışma Saxena tarafından 1998'de yayınlanmıştır [58].

Osawa ve arkadaşları da Nuss tekniği için metal bar yerine titanyum bar kullanmayı tavsiye etmişlerdir [59].

Rezeke edilen kartilaj sayısının azaltarak modifiye Ravitch tekniğini, 2000 yılında Robicsek tariflemiştir [60].

Croitoru ve arkadaşlarının 2002 yılında yayınladıkları 303 hasta içeren serilerinde, pektus ekskavatumun cerrahi tedavisi için en iyi seçeneğin minimal invaziv Nuss tekniği olduğunu ve modifikasyonlarla komplikasyonları azalttıklarını belirtmişlerdir [19].

2005'te Schaarschmidt ve arkadaşları, bilateral torakoskopi yardımcı bar yerleştirilmesinin ekstraplevral submuskuler teknikle yapılmasının ağrı, pnömotoraks, bar yapışıklığı, perikardiyal efüzyon gibi komplikasyonları azalttığını bir vaka üzerinde yayınlamıştır [61].

Aynı yıl, Schier ve arkadaşları ise pektus ekskavatum hastalarının vakum yolu ile düzeltilebileceğini ileri sürmüşlerdir [62].

Cerrahi tekniklerdeki gelişmelerle birlikte anestezi ve algoloji alanındaki gelişmeler de pektus ekskavatum vakalarında başarı oranını yükseltmiştir.

2006'da Futagawa ve arkadaşları postoperatif dönemde epidural fentanil infüzyonunun etkin bir ağrı kontrolü sağladığını böylece barın malrotasyonu gibi komplikasyonları da önlediğine dikkat çekmişlerdir [63].

Nuss 2008'de 947 vakalık serisini Nuss prosedürünün tatmin edici sonuçlarıyla yayınlamıştır [64].

2009'da Gurnett ve arkadaşları yaptıkları genetik çalışmalarda 18. kromozom q koluna sahip akrabalar arasında pektus ekskavatum görülme riskinin arttığını belirtmişlerdir [65].

Son zamanlarda bu göğüs deformitesinin cerrahi işleme gerek duyulmaksızın vakum ya da mıknatıs gibi dışarıdan basınç uygulaması ile düzeltip düzeltemeyeceği gündeme getirilmiştir [66]. Fakat bu konuyla ilgili daha ileri düzeyde deneysel ve

linik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Minimal invaziv pektus tamiri (Nuss prosedürü) ve açık cerrahi yöntemler pek çok çalışmada karşılaştırılmakta ve sonuçlarına yönelik çalışmalar tüm dünyada devam etmektedir.

2.3 Pektus Ekskavatum Etiyolojisi

Bu deformitenin etiyolojisi kesin olarak bilinmemektedir. En sık idiyopatik olarak izlenmektedir. Bununla beraber etiyoloji ile ilgili uterus içi basıncı, riketsialar, diyafram anomalileri gibi fikirler içeren çalışmalar da yayınlanmıştır [42].

1954'te Chin, deformitenin anormal diyaframa bağlı olduğuna inanarak diyafram biyopsileri yapmış ancak makroskopik olarak görece ince görünen diyaframların mikroskopik sonuçları normal olarak raporlanmıştır [52]. Lester ve öncesindeki araştırmacılar pektus ekskavatum deformitesinin diyaframın santral tendonunun kısa olması sonucunda sternum alt ucunu posteriora doğru çekmesinden kaynaklandığını iddia etmişlerdir [67].

1967'de Kenneth, osteogenez ve kondrogenez yetmezliğinde yumuşak kot ve kartilajların oluşması ile solunumsal basıncı farkına karşı koyulamaması sonucu deformitenin oluştuğunu ne sürmüştür [68].

1981'de Hecker ve arkadaşları kosta kartilajlarda histopatolojik değişiklikler tanımlayarak pektus ekskavatumlu hastalarda ailesel yatkınlığın olduğunu raporlamışlardır [69]. Buna karşın 2005'te Kelly ve arkadaşları 1889-2001 yılları arasında otopsisı yapılan pektus ekskavatum vakalarının birçok bağ dokusu hastalığı ile ilişkili olduğunu vurgulamıştır [70].

Serafin 2003'te yayınladığı çalışmasında, göğüs duvarı deformiteleri etiyopatolojisinin netlik kazanmamış olmasına rağmen endokondriyal ossifikasyon ve kosta kartilajların büyümesindeki bozukluğun deformitenin oluşmasında diyafram gelişim kusurundan daha fazla etkili olduğuna dikkat çekmiştir [71].

Shamberger ve arkadaşları hastaların %37'sinde ailede göğüs duvarı deformitesi öyküsü bulunduğunu raporlamışlardır (39).

2009’da Gurnett ve arkadaşları yaptıkları genetik çalışmalarda 18. kromozom q koluna sahip akrabalar arasında pektus ekskavatum görülme riskinin arttığını raporlamışlardır [66].

2.4 Pektus Ekskavatum Semptomları

Pektus ekskavatum kliniği, kozmetik bir sorun ve getirdiği psikolojik hasardan kardiyopulmoner tutulum gibi major fizyolojik bir hastalığa kadar geniş bir spektrumu içerir. Vakaların büyük çoğunluğu hayatın ilk yılında fark edilir, puberteye kadar daha çok asemptomik seyreder ve böylece tolere edilebilir iken puberte döneminde gelişimin hızlanması ile deformite daha belirgin hale gelmektedir. Pektus ekskavatum ile ilişkili iskelet kas sistem anomalileri birlikteliği %18 düzeyindedir, en sık birliktelik görüleni ise %15 ile skolyozdur [72]. Ayrıca beraberinde %5,2 ile astım, %2 civarında mitral valv prolapsusu gibi konjenital kalp hastalıkları eşlik edebilir [73].

Çok merkezli prospektif bir çalışmaya göre en sık görülen semptom hastaların %66’sında egzersizle ortaya çıkan nefes darlığı iken diğer semptomlar; sınırlı egzersiz toleransı (%64,5), istirahatte nefes darlığı (%62,1), egzersizle göğüs ağrısı (%51,1), egzersizle ilişkili olmayan göğüs ağrısı (%32), çarpıntı (%11) olarak belirtilmiştir [74].

Pektus ekskavatum deformiteli hastalar en sık asemptomatiktir fakat tek şikayetleri dış görünüş memnuniyetsizliğinden oluşan estetik kaygı olabilir. Aslında Dünya Sağlık Örgütü’nün “herhangi bir hastalık veya sakatlık durumu bulunmaması yanında beden, ruhen ve sosyal bakımdan da tam bir iyi olma durumu” olarak tanımladığı “sağlık” kavramının da hedeflediği durumlardan hastaların psikososyal durumunun iyileştirilmesi amacıyla estetik kaygı da deformite düzeltilmesinin endikasyonu olabilen bir semptomdur.

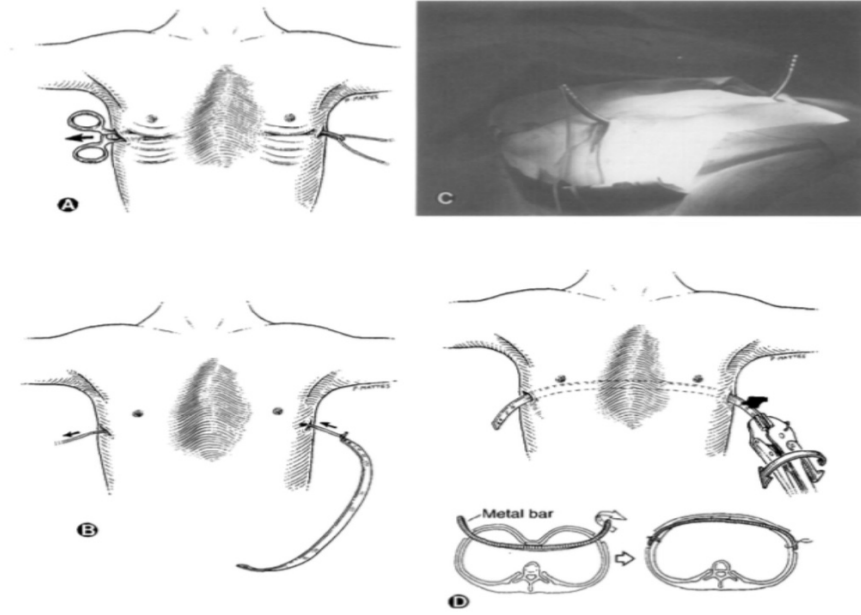
2.5 Pektus Ekskavatumda Minimal İnvaziv Tedavi Yöntemi

Pektus ekskavatum olgusunda aşağıda sıralanan Kelly kriterlerinden 2 ya da daha fazlası mevcut ise cerrahi düzeltme endikasyonu vardır [42, 75]:

1. İlerleyici ve semptomatik pektus ekskavatum

2. Solunum fonksiyon testleri ile ölçülen restriktif tipte solunum paterni
3. Kardiyak kompresyon, pulmoner ateletazi
4. Mitral kapak prolapsusu veya dal bloğu içeren kalp bozuklukları
5. Haller indeksinin 3.25'ten büyük olması
6. Yetersiz düzeltme ameliyatından sonra oluşan nüks pektus ekskavatum

1987'de Dr. Nuss, şekil verilen metal bir barın retrosternal olarak yerleştirilmesi ve osteotomiye gerek duyulmadan barın kronik basısıyla deformitenin düzelmesinin sağlanmasını takiben barın belirli bir süre sonra çekilmesi esasına dayanan minimal invaziv tekniği (MIRPE, Nuss prosedürü) geliştirmiştir [12]. Literatürde MIRPE'nin 1 ile 50 yaş arasında uygulabileceği belirtilmiş ancak ideal yaş 10-16 arasındır [76].



Şekil 6: Dr.Nuss 1998 yılında 10 yıllık tecrübesini anlatıp tekniği ilk kez tarif ettiği makaleden alınan illüstrasyon (Nuss D,1998).

A:Uzun eğri klemp, sternum altından mediasten boyunca ilerletilir.

B:Rehber kurdele yardımıyla çelik barın oluşturulmuş tünelden geçişi görülmektedir.

C:Sternumun altından geçirilmiş pektus barı yüzü posteriora dönük biçimde görülmektedir.

D:Çelik bar deformiteyi düzeltmek için çevrilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Hastalar

Çalışmamıza Eylül 2018 ile mart 2024 tarihleri arasında Pektus Ekskavatum tanısı ile kliniğimize başvuran ve MİRPE tekniği ile ameliyat edilmiş 365 hastadan toraks BT'si olan 81 hasta dahil edildi. Hastaların demografik verileri, kullanılan bar sayısı, kostasternal açısı, sternum eğim oranı, sternal korpus boyutu, asimetri indeksi, correction indeksi, haller indeksi ölçümü, BT ile sternum kemik dansitesi ölçümü yapıldı. Daha sonra veriler retrospektif olarak değerlendirildi.

3.2 Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri:

Ameliyat edilen preop toraks BT si olan Pektus Ekskavatum Hastaları

3.3 Araştırmadan Dışlanma Kriterleri:

Ameliyat edilen preop toraks BT si olmayan Pektus Ekskavatum Hastaları

3.4 Ameliyat öncesi değerlendirme:

Hastalar detaylı özgeçmiş ve aile öyküsü sorgulamaları sonra ameliyat öncesi Toraks bilgisayarlı tomografi ile değerlendirildi. Bu veriler eşliğinde cerrahi endikasyonu bulunan hastalar rutin laboratuvar tetkikleri, solunum fonksiyon testi (SFT) ve ek hastalıkları bulunan hastalar ilgili bölümler ile değerlendirilerek ameliyat hazırlığı yapıldı. Medikal olarak ameliyata engel durumu bulunmayan hastalar ameliyata alındı.

3.5 Cerrahi Teknik

3.5.1 Videotorakoskopi

Operasyon genel anestezi altında mümkün ise tek lümenli entübasyon ile yapılır. Hastaya servikotorasik geçiş ve brakiyal pleksustaki gerilimi en aza indirmek için sağ kol yukarı asılı şekilde (**Şekil 8**), sol kol yana açık olarak supin yatırılır.

Göğüs kontürünün tümünü görmek gerekli olduğundan hastanın boynundan umblikal alana ve lateralde arka aksiller çizgiye kadar cerrahi alan olacak şekilde steril örtülür. İlk önce çöküklüğün en derin olduğu noktada horizontal planda giriş ve çıkış noktası olarak planlanan interkostal aralıklar toraksın her iki yanında işaretlenir. Bu noktalar sternumun her iki tarafında kostokondral yükseltinin tepesinin medialinde olmalıdır. Çöküklüğün başlangıç ve bitiş noktaları, ksifoid, kostal arklar belirlenir. Barın şekillenmesinde kullanılan kalıbın (template) kılavuz olması için deformitenin sternuma komşu en derin noktasında bilateral midaksiller hat arası uzaklık işaretlenir. Kalıba hastanın göğsüne verilecek şekil uygulanır (**Şekil 9**), kalıp yardımıyla da bara şekil verilir (**Şekil 10**). Bar uzunluğu bilateral ön aksillar hat arasındaki uzaklıktan 2-3 cm daha uzun olarak belirlenir. Deformitenin en derin olduğu yer, barın konulacağı sağ ve soldaki interkostal alanlar belirlenir. Pektus bar bu bölgelerin üzerine uyacak şekilde ölçümler yapılır. Uygun ölçüde bar seçilerek merkezden her iki uca doğru bükülür. Bar bükücü yardımı ile ufak aralıklarla ilerlenip bükmeler yapılarak bar toraks üzerine rahatça oturacak şekilde hazır hale getirilir. Şekillendirme yapılırken barın tepe noktasının kesinlikle düz bırakılmaması, stabilizatör takılacak uç kısmının ise çok fazla eğilmemesine dikkat edilmelidir. Ciltte belirlenen bölgelerde önce sağ midaksiller hattın anteriora doğru yaklaşık 2 cm'lik transvers insizyon yapılır. Cilt insizyonunun inferiorunda kalacak şekilde 1 cm lik insizyondan 5 mm torakoport ve torakoskop yerleştirilir. Plevral boşluğa CO2 gazı verilerek akciğer indirilir. Sağ hemitoraks ve mediasteninin inspeksiyonu yapılarak çöküklüğün intratorasik yerleşimi izlenir böylece tasarlanan giriş-çıkış ve cilt insizyonları tam olarak belirlenir. Sol tarafta işaretlenmiş noktadan da yine midaksiller hattın anteriora doğru yaklaşık 2 cm'lik insizyon yapılır. Pektus introdüseri sağ interkostal boşluktan sokularak torakoskop gözlemi altında mediastinal yapıların üzerinden ilerletilir. Sternum altından geçtikten sonra sol interkostal aralığa yapılmış olan insizyondan dışarı

çıkartılır (**Şekil 11**). Önceden belirlenen giriş ve çıkış noktalarına kadar subkutanöz bir tünel oluşturulur. Barın distal ucu ve stabilizatör için cep oluşturulur. Torakoskop eşliğinde bir kılavuz tünelden geçirilerek giriş noktasından toraksa sokulur, yavaşça ilerletilir, anterior yüzü sternumla temas halde perikarda zarar vermeden mediastenden geçilir. Substernal tünel tamamlandığında introduser çıkış noktasından interkostal açıklığa ilerletilir, cilt insizyonundan çıkılır. Cerrah sol eliyle, karşısındaki asistan sağ eliyle introduseri kaldırarak sternumu çökük pozisyonundan yükseltilmiş hale getirirler. Bir naylon teyp kılavuzun ucuna bağlanır, intradücer geri çekilerek torakstan çıkarılır (**Şekil 12**). Teypin sağ ucuna önceden şekillendirilerek hazırlanan bar bağlanır.

Teypin kılavuzluğunda ve torakoskop eşliğinde, bar konveks yüzü posteriora bakacak şekilde substernal tünelden karşı tarafa geçirilir (**Şekil 13**). Bar döndürücü kullanılarak 180° döndürülür ve deformite düzeltilir (**Şekil 14**). Deformite tipine ve bar yerleştirme tekniğine göre stabilizatörlerin yerleşim yerleri farklı olabilir. Eğer bu esnada bar şeklini düzeltmeye ihtiyaç duyulursa, bar tekrar döndürülerek küçük bar bükücü ile gerekli şekil verilebilir ya da bir adet bar yerleştirilmesi yetersiz görüldüyse ilk barın bir interkostal aralık üstüne veya altına ikinci bir bar yerleştirilebilir. Daha sonra barın sağ ucuna bir kelebek (stabilizatör) yerleştirilir bar bükücü yardımıyla stabilizatör distalinden bükülür (**Şekil 15**). Stabilizatörler yerleştirildikten sonra uçları kasaltına yerleştirilir. Barın her iki ucu ve stabilizatörün iki yanı 1 no PDS ile çevre kas dokulara sabitlenir. Plevral boşlukta kalan hava ve CO2 kapalı sualtı drenajı yapılarak boşaltıldıktan sonra pektoral kasın fasyası ve cilaltı, cilt anatomik plana uygun olarak kapatılır.

Nuss'un ilk yayınında bir pektus barı ve bir stabilizatör kullanımı tarif edilmiştir [12]. Artan sıklık ve yaygın kullanımla birlikte, pektus barlarının sayısı ve konumlandırılması modifiye edilmiştir [14]. Grand Kanyon gibi ciddi PE deformitesi olan hastalarda veya rijit ve sert göğüs duvarı olan yetişkin hastalarda ikinci bir barın kullanılması veya seçilmiş hastalarda üçüncü veya dördüncü bir bar bile düşünülmelidir [77-81].

Pilegaard 2015 yılında sternumun altından geçen iki kısa barın kullanıldığını bildirmiştir [82]. Bir yıl sonra HJ Park, pektus düzeltilmesi için çapraz bar tekniğini kullanan, kompleks PE onarımı, lateral göğüs duvarında depresyondan kaçınma avantajı ile bir vaka yayınladı [83].

Aynı grup paralel barların kullanımını çapraz bar tekniği ile karşılaştırmalı olarak analiz etmiştir ve çapraz bar tekniğinin paralel bar yerleştirmeye göre daha üstün olabileceği sonucuna varmışlardır. Özellikle depresyonun alt kısmında daha geniş bir CWD aralığını düzeltmek için kullanılan bir tekniktir [84]. Barların diyagonal pozisyonuna bağlı olarak, yan uçlar alt kaburgaya dayanır. Günümüzde çapraz bar tekniği, doğal bir rutin MIRPE programımızın bir parçasıdır.

Çapraz bar prosedürü için endikasyon olarak dört farklı pektus ekskavatum alt tipi tanımladık [85]:

1. Kaburga çıkıntısı olan PE grubu (Grup 1); kostal ark kaburgalarında belirgin iki taraflı veya tek taraflı çıkıntı olanları içerir (**Şekil 7A**).
2. Keskin ve tek nokta depresyonlu PE grubu (Grup 2); dar tabanlı nokta depresyonu olan hastaları içerir (**Şekil 7B**).
3. Kısa sternum uzunluğuna sahip PE grubu (Grup 3); çok uzun göğüs duvarına kıyasla nispeten kısa sternumu olan hastaları içerir (**Şekil 7C**).
4. Grand Kanyon tipi PE ve kısa boylu sternum grubu (Grup 4); kısa sternumu olan ve buna eşlik eden Grand Kanyon tipi deformitesi olan hastalardan oluşur (**Şekil 7D**).



Şekil 7: PE alt tiplerinin görüntüleri:

- A.** Rib flare olan grup PE (Grup 1).
- B.** Keskin ve tek nokta çöküntüsü olan grup (Grup 2).
- C.** Kısa uzunlukta sternumu olan grup (Grup 3).
- D.** Grand Kanyon tipi PE ve kısa boylu sternum grubu (Grup 4).

Hasta sağ kol fleksiyonda başın ön tarafına bitişik olacak şekilde sırtüstü yatırılır. Göğüs dikkatli bir şekilde palpe edilir ve depresyonun en derin noktası bir işaretleme kalemiyle işaretlenir. İşaretleme ve ölçümün ardından uygun kalıp ve bar boyutu belirlenir. Kalıp, operasyondan sonra istenen göğüs duvarına göre oluşturulur. Bar, el veya masa bükücüleri kullanılarak kalıba uyacak şekilde bükülür. Ön aksiller çizgide her iki tarafta 2 cm'lik dikey insizyonlar yapılır. Torakoskopu yerleştirmek için önceki insizyonun inferiorunda veya torakoskopik iyi görme alanı sağlayacak şekilde sağ posterior aksiller hatta 0,5 cm'lik ayrı bir insizyon yapılır. Ardından, introduser sağ insizyondan sokulur ve kontralateral hemitorakstan ilerletilir. Oluşturulan pektus barına bir bant bağlanır ve pektus barı sağ hemitoraksa yerleştirilir. Tünelden geçirilir ve baş aşağı pozisyonda torasik boşluktan çıkarılır. Bar daha sonra bar rotatörleri

tarafından 180° döndürülerek deformitenin düzeltilmesi için olması gereken pozisyona getirilir. Barın implantasyonundan sonra, stabilizatör yardımıyla göğüs duvarına sabitlenir. Prosedürün aynı adımları ikinci veya üçüncü barlar için tekrarlanır. Diğer barlar için ek kesi yapma kararı göğüs duvarının boyutuna bağlıdır. Son olarak, sağ plevral boşluktan kamera portundan sokulan bir aspirasyon kateter aracılığıyla hava boşaltılır. Bu nedenle göğüs tüpü takılmasına gerek yoktur. Çubukları çapraz bir şekilde yerleştirmek özellikle öğrenme eğrisi döneminde zor olabilir. Bu alt tipler ileri ve atipik vakalardır, bu nedenle presternal mediastinal alandan geçmek daha tehlikelidir. Sağ üst taraftan girmeye başlamak ve presternal mediastinal alanın nispeten daha geniş kısmında diseksiyon yapmak önemlidir. Böylece, ilk barın yerleştirilmesi sternumu yükselterek presternal en dar alanı (deformitenin en derin noktası) genişletecek ve ikinci çubuğun perikard veya kalbe zarar vermeden presternal mediastinal dokudan geçirilmesini daha kolay ve güvenli hale getirecektir. Ek olarak, büyük bir kuvvet uygulanması, ameliyatın stabilizasyon kısmı sırasında barların interkostal kasları yırtmasına neden olabilir. İntraoperatif vinç, sternumun direncini ve düzeltme sırasında kuvvet ihtiyacını azaltarak interkostal kasların yırtılmasını önlemeye yardımcı olabilir. Diğer önemli nokta ise stabilizatörlerin lokalizasyonudur. Stabilizatörün gövdesinin, barın yerleştirildiği interkostal boşlukta üst kaburganın üst sınırına yerleştirilmesi önemlidir. Aksi takdirde, üst kaburganın alt sınırına yakın yerleştirmek, stabilizatörün kayma ve barın yerinden çıkma riskini artırır. Tekniğin en büyük avantajı, düzeltmenin uzun süreli olarak sürdürülebilmesidir. Bu teknikte barların uyguladığı kuvvetin orantılı dağılımının nüksü önlemek için daha etkili bir kuvvet sağladığını düşünüyoruz. Diğer tekniklerde, kuvvetin momentumu göğüs duvarının sınırlı bir kısmına uygulanır ve bu da nüks veya başarısızlıkla sonuçlanabilir. Diğer bir avantaj ise barların uçlarının genişleyen kaburgalara uyguladığı basınçtır. Diğer tekniklerde, düzeltme ile sternumun yükseltilmesinden sonra genişleyen kaburgalar daha belirgin hale gelir. Öte yandan, bazı dezavantajlar da mevcuttur. Uygulanan kuvvetin yaygın dağılımı nedeniyle, hastalar ameliyatı takip eden ilk birkaç gün içinde daha ağırlı bir ameliyat sonrası dönem geçirmektedir, ancak bu durum diğer MIRPE hastalarına kıyasla ortalama hastanede kalış süresini etkilememektedir. Verilerimiz ortalama hastanede kalış süresinin 4,1 (2-8) gün olduğunu göstermektedir ki bu da mevcut literatür ve

global verilerle uyumludur. Buna ek olarak, çapraz bar tekniği ile tedavi edilen hastalarda ameliyat sonrası pleural efüzyon görülme olasılığı diğer hastalara kıyasla daha yüksektir.

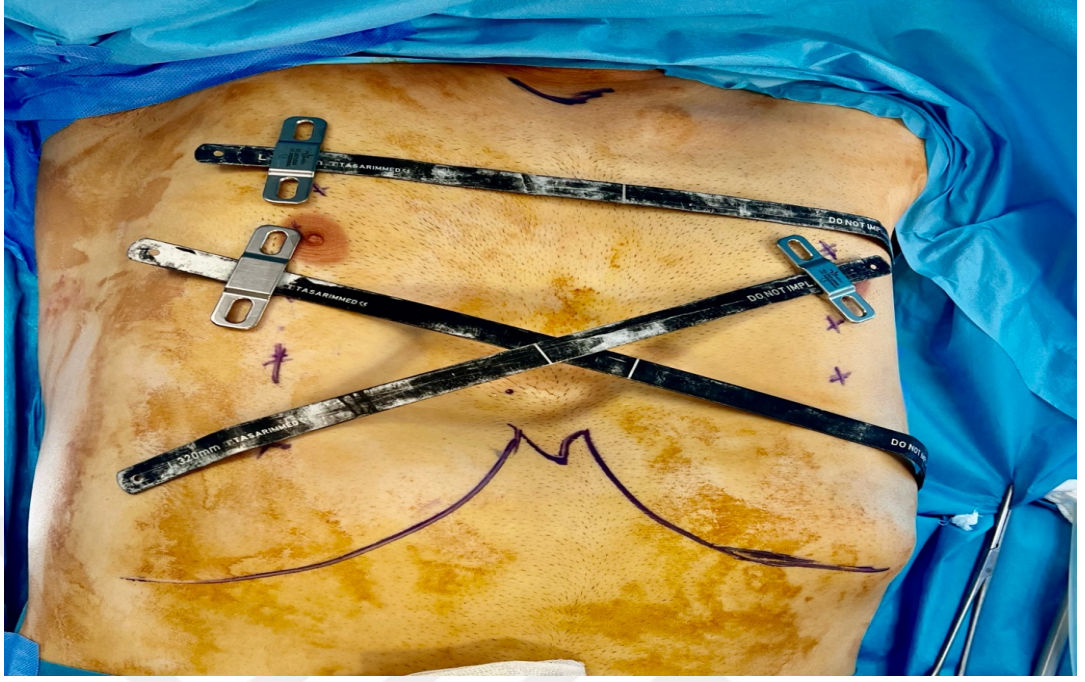
İntraoperatif süreçte hiperkapni (%4,7), hipotansiyon, taşikardi en sık görülen komplikasyonlar olup daha nadir olarak interkostal arter, internal mammarian arter yaralanması ve kılavuz çubuğunun geçişinde sağ ventrikül yaralanması da görülebilir [20].

Postoperatif komplikasyonlar; barın yer değiştirmesi (%9,2), pnömotoraks (%4,8), epidural katater komplikasyonları (%4,4), enfeksiyon (%2), pleural efüzyon (%2), hemotoraks, eksteremite paralizisi, metal bara karşı alerji, nüks (%1,5-3), geç dönemde gelişen aralıklı ağrıdır [20]. Ayrıca literatürde şiddetli pektus ekskavatum ve asimetric pektus ekskavatum deformitesinin MIRPE ile düzeltilmesi sonrası skolyoz gelişmesi ya da skolyozun progresyonu gibi etkileri olabileceği bildirilmiştir [86, 87].

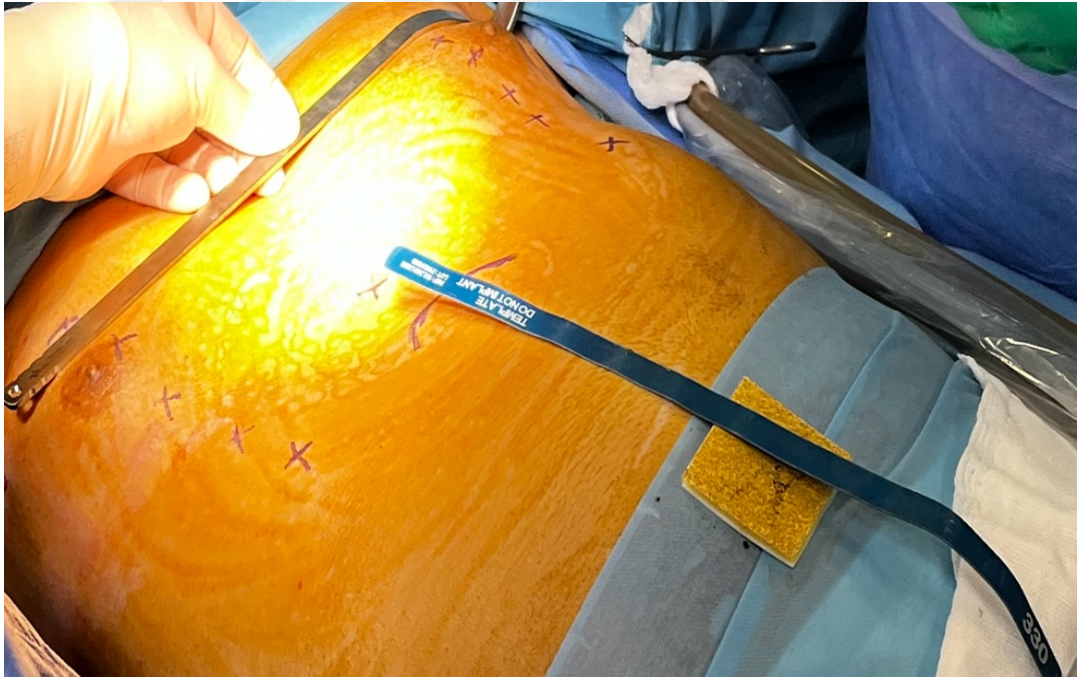
Minimal invaziv tekniğin klasik yöntemden farklı olarak sternal osteotomiye, pektoral kas flebi kaldırılmasına ve yapısı bozuk kıkırdakların rezektive edilmesine gereksinim olmaması yanında kısa ameliyat süresi, minimum kan kaybı, günlük aktivitelere erken başlayabilme, hastahane kalmama süresi avantajları vardır [73].



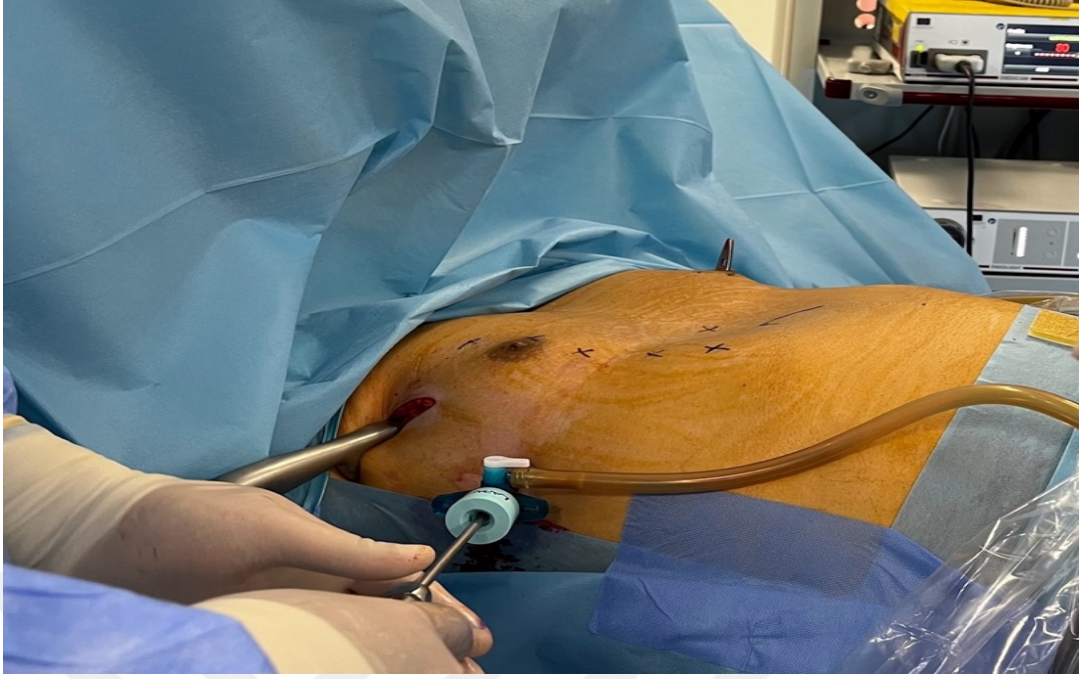
Şekil 8: Hasta sağ kol fleksiyonda başın ön tarafına bitişik olacak şekilde.



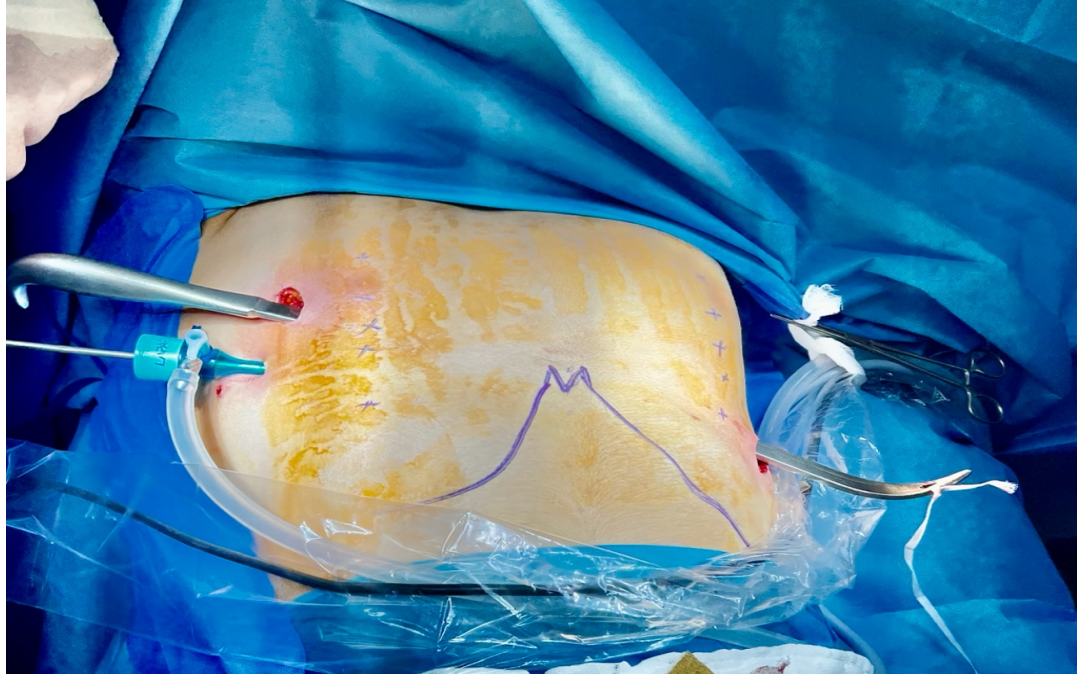
Şekil 9: Cerrahi öncesi işaretleme ve kalıbın hazırlanması.



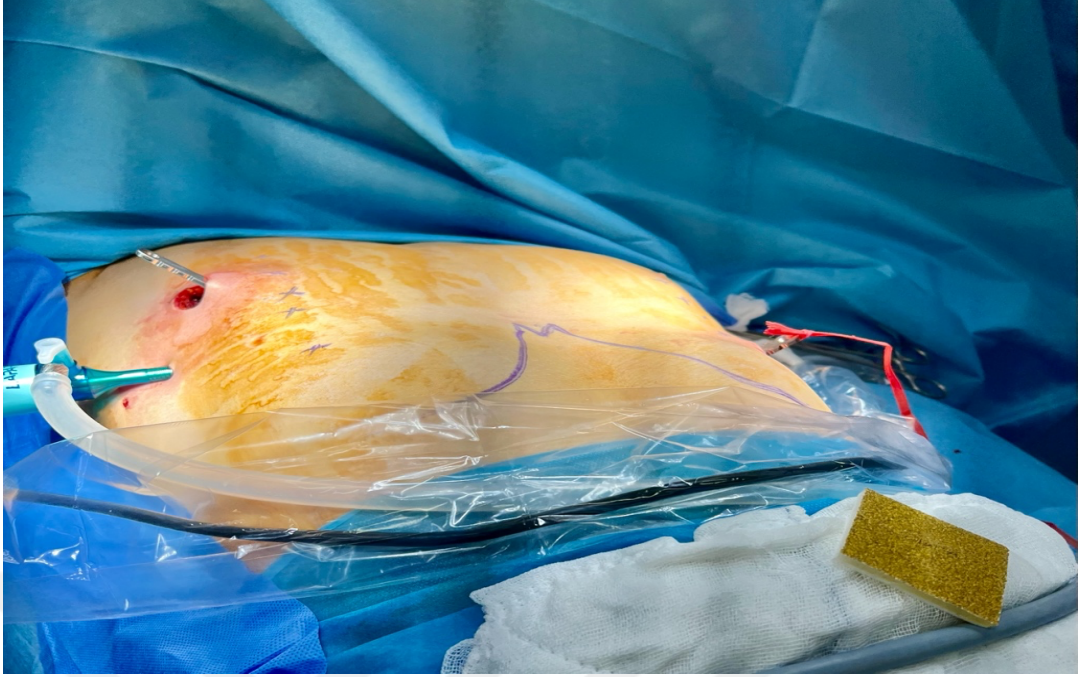
Şekil 10: Kalıba uygun olarak barın bükülerek hazırlanması.



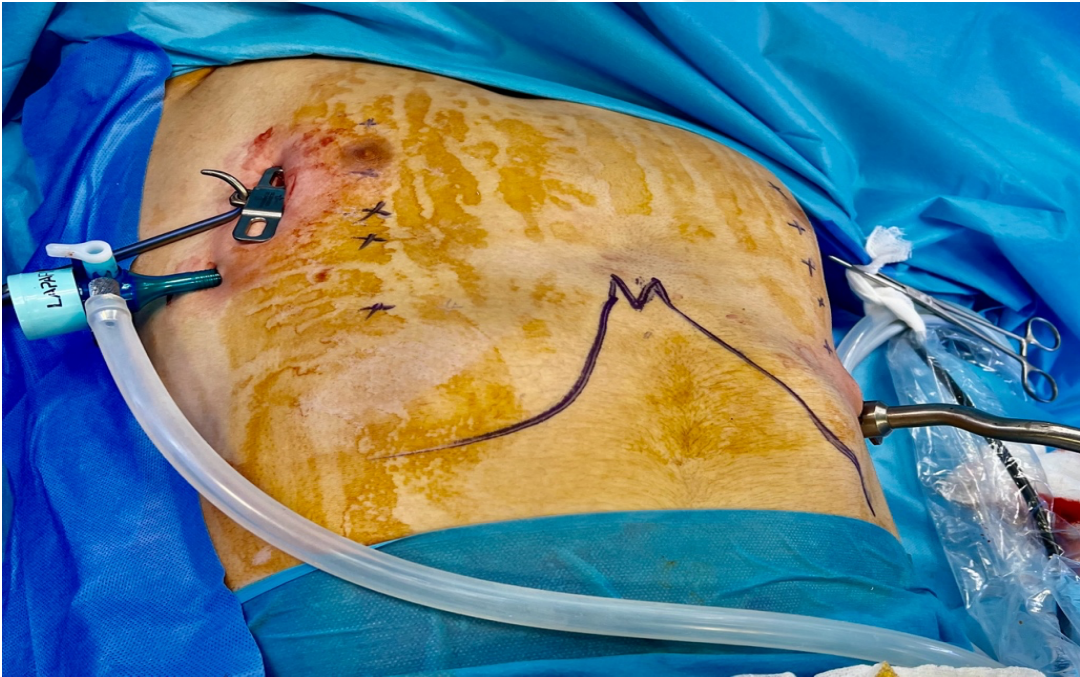
Şekil 11: İntradüserin karşı işaretlenmiş tarafa geçilmesi.



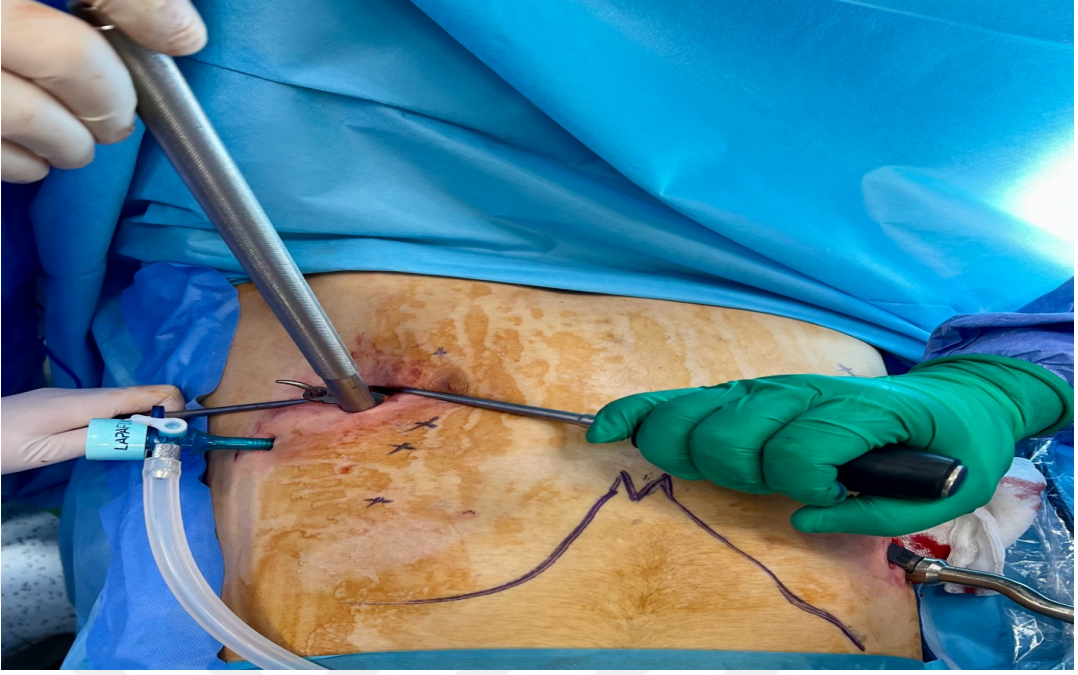
Şekil 12: İntradüserin naylon teyp bağlanması ve geri çekilmesi.



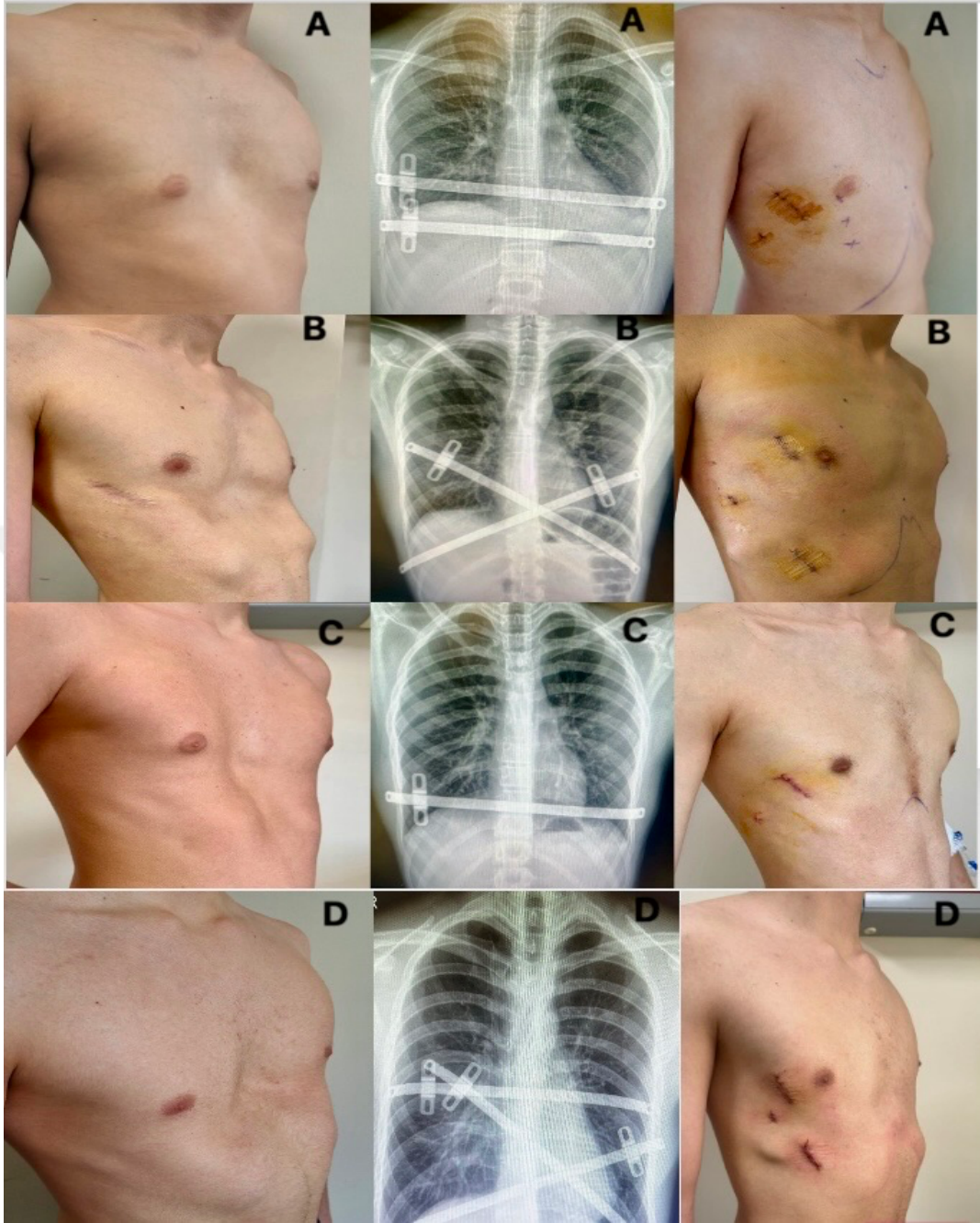
Şekil 13: Teyp yardımıyla barın karşı tarafa geçilmesi.



Şekil 14: Barın döndürülerek stabilizörün yerleştirilmesi.



Şekil 15: Barın bükülerek kas altına yerleştirilmesi.



Şekil 16: Hastanın preop ve postop muayine görüntüsü.

A:İki paralel bar takılan hastanın görüntüleri.

B:İki cross bar takılan hastanın görüntüleri.

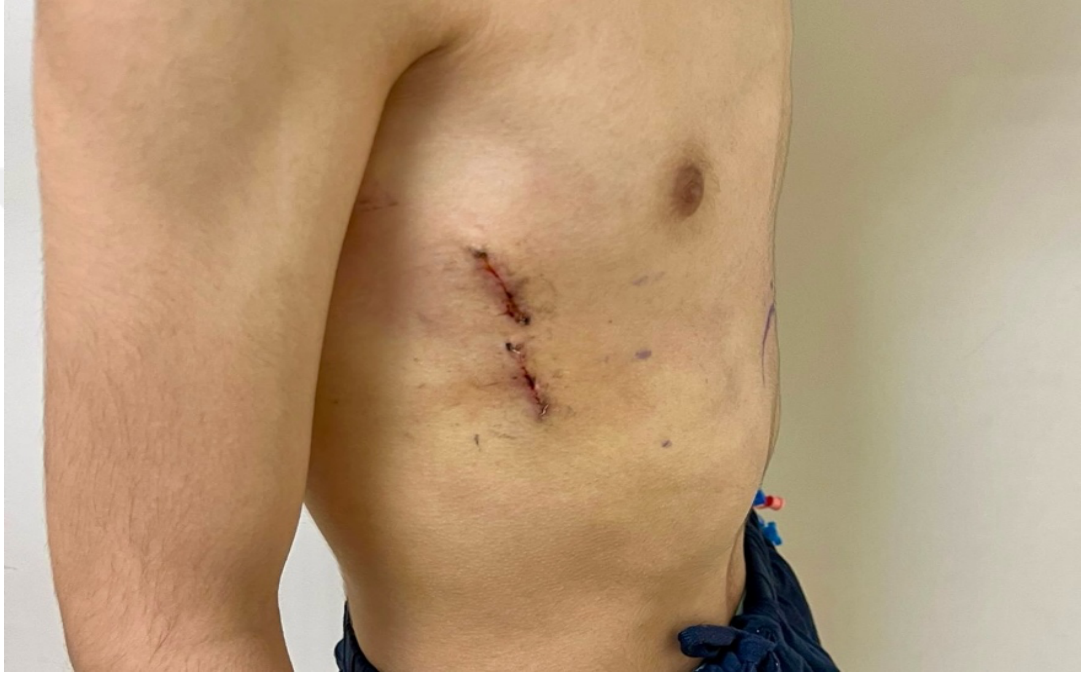
C:Tek paralel bar takılan hastanın görüntüleri.

D:Üç bar takılan hastanın görüntüleri.

3.6 Ameliyat Sonrası Hasta Bakımı

Ameliyat sonrası hastaların izlemi serviste tek kişilik odalarda devam etmektedir. Hasta odasına getirildikten sonra supin pozisyonda yatar ve nazal kanülle oksijen alır. Hastaya intravenöz sıvı desteği sağlanır. 6 saat sonra rejimi R0 dan R3e kadar açılır. Postoperatif grafilerde CO₂ ensuflasyonuna bağlı görülebilen tek taraflı veya bilateral rezidüel pnömotoraks genellikle spontan olarak rezorbe olur ve herhangi bir müdahale gerektirmez. Dikkatli hava tahliyesine rağmen pnömotoraks gelişimi ihtimali nedeniyle hastalar postoperatif 1. güne kadar nazal 2lt/dk oksijen ile izlenir ve posteroanterior akciğer grafisi çekilir. Diğer günlerde oksijen tedavisi devam etmez ve akciğer grafisi istenmez. Erken postoperatif dönemde en önemli sorun ağrıdır. Başarılı bir ameliyat sonrası dönemde duyulan ağrı hem hastanın konforunu düşürmekte hem de cerrahi başarıyı gölgelemektedir. Ameliyatlardan sonra etkin bir ağrı yönetimi sadece ağrının önlenmesinin ötesinde akciğer fonksiyonlarının değişmesiyle oluşabilecek pulmoner komplikasyonları ve stres yanıtın kontrolünü sağlayarak mortalite ve morbiditeyi azaltması nedeniyle önem taşımaktadır. Preop dönemde yapılan blok sonrası hastaya intravenöz hasta kontrollü analjezi (iv pca) cihazı anesteziistler tarafından temin edilir. Solüsyon içerisinde 1mg/ml morfin olacak şekilde ayarlanır ve 10 dakikalık sürelerde hasta tarafından lüzumu halinde kullanılır. Postoperatif orderlarında uygun antibiyotik profilaksisi, opioid analjezi olarak tramadol, nonsteroidal antiinflatuar ilaçlar (NSAİİ), parasetamol, antiemetik bulunmaktadır. Sistemik opioid uygulamalarında; ilacı kullanan hekimin gerek doza gerekse olası yan etkilere hakim olması gerekmektedir. Solunum depresyonu, aşırı sedasyon, halüsinasyon gibi özellikle güçlü opioidlerle görülen hayati yan etkiler açısından hastayı yakın izlemekteyiz. Bu nedenle bolus ya da infüzyon uygulamalar yerine intravenöz hasta kontrollü analjezi en sık kullandığımız uygulamadır. Hastaların servis yatışları boyunca pansumanları günlük batikonla yapılmaktadır. 2 günden sonra yara yeri açık bırakılır. Erken dönemde hastalar mobilize edilirler, ağrı durumuna göre ortalama 4-5 gün içinde hastalar oral analjeziklerle taburcu edilir. Hastalara 2-3 hafta süreyle evde istirahat önerilir, daha sonra okula veya işe

dönebilirler. Biz hastalara ilk ayda yan yatmaktan kaçınmalarını, ilk 3 ayda ise aktif spordan uzak durmalarını öneriyoruz. Hastalara ilk aydan sonra egzersiz önerilir. Düzenli olarak egzersiz yapan hastalar sedanter olanlardan daha kısa sürede normal hayatlarına geri dönerler. Postoperatif dönemde 1. Ve 3. Ay poliklinik kontrolüne hastalar çağırılır.



Şekil 17: Cerrahi insizyonu, ameliyat sonrası 4. Hafta

3.7 İstatistiksel Analiz

Veriler bilgisayar ortamında SPSS 28.0 (Statistical Package for Social Sciences) istatistik programında değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Hastalar ve Perioperatif Veriler

Çalışmaya kriterlere uyan 81 hasta dahil edilmiştir. Hastaların 12'si (%14,8) kadın 69'u (% 85,2) erkek olup, tek bar takılan hastalar için ortalama yaş 16,95 yıl, iki bar takılan hastalar için 20,7 yıl, üç bar takılan hastalar için 20,8 yıl olarak belirlendi. Hastalardan 24'üne (% 29,6) tek bar, 39'una (% 48,1) çift bar ,18'ine (% 22,2) üç bar takılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri ve bar sayısı

	Total n=81 n (%)
Yaş*	19,6± 6,2 yıl
Cinsiyet	
Erkek	69 (% 85,2)
Kadın	12 (% 14,8)
Bar sayıları:	
1 BAR	24 (% 29,6)
2 BAR	39 (% 48,1)
3 BAR	18 (% 22,2)

Tek bar takılan hastalardan 6'sı (%50) kadın, 18'i (%26.1) erkek, çift bar takılan hastalardan 4'ü (%33,3) kadın, 35'i (%50,7) erkek, üç bar takılan hastalardan 2'si (%16,7) kadın, 16'sı (%23.2) erkek idi. Bar sayısı ile cinsiyet arasında bakılan ilişkide anlamlı fark görülmedi ($p=0,245$) (Tablo 2).

Tablo 2. Barsayısı ile cinsiyet arasındaki ilişkinin Ki-Kare testi ile değerlendirilmesi.

Cinsiyet	BAR SAYISI			P değeri
	1	2	3	
	N(%)			
Kadın	6 (%50)	4 (%33.3)	2 (%16,7)	0,245
Erkek	18 (%26,1)	35 (%50,7)	16 (%23,2)	

Çift bar takılan hastaların 9'una (% 23,1) cross bar ,30'una (% 76,9) paralel bar, üç bar takılan hastalara 15'ine (% 83,3) cross bar, 3'üne (% 16,7) paralel bar yerleştirilmiştir Bar sayısı ile bar yerleşim şekli karşılaştırıldığında 3 bar grubunda daha çok 'cross' yöntem kullanılırken, 2 bar grubunda ise daha çok 'paralel' yöntem kullanıldığı görüldü (Tablo 3).

Tablo 3. Barsayısı ile bar yerleşim şekli arasındaki ilişkinin Ki-Kare testi ile karşılaştırılması.

BAR YERLEŞİM ŞEKLİ	BAR SAYISI		P değeri
	2	3	
	N (%)		
Cross	9 (% 23,1)	15 (% 83,3)	<0,001*
Paralel	30 (% 76,9)	3 (% 16,7)	

*Bar yerleşim şekli ile bar sayısı arasında anlamlı ilişki görüldü $p < 0,001$

Hastaların ölçülen BT parametreleri ortalama değerleri kostasternal açı 157,9±8,9, sternum eğim oranı 0,7(0,03-6), asimetri indexi 13,4(0-1007), haller indexi 3,9±1,7, correction indexi 30,0(7-59), corpus boyutu 96,9±14,3, corpus density minumum 73,4 (-31-208), corpus density maxximum 331,7 (25-758), corpus density average 158,0 (30-284) görülmüştür (Tablo 4).

Tablo 4. Hastaların pre-op BT parametreleri

BT parametreleri	Ort.
KOSTASTERNAL AÇI	157.9±8.9
STERNUM EĞİM ORANI	0,7 (0,03-6)
ASİMETRİ İNDEKİ	13,4 (0-1007)
HALLER İNDEKİ	3.9±1.7
CORRECTION İNDEKİ	30,0 (7-59)
CORPUS BOYUTU	96,9±14.3
CORPUS DENSİTY MİNİUMUM	73.4 (-31-208)
CORPUS DENSİTY MAXİMUM	331,7 (25-758)
COSPUS DENSİTY AVERAGE	158,0 (30-284)

Her bir bar sayısı grubunda sürekli rassal değişkenlerin normal dağılmadığını göstermek için Kolmogrov-smirnov Non-parametrik testi yapılmıştır. $p>0.05$ çıkması verilerin normal dağıldığını gösterir. Bu durumda bir tek sternum eğim oranı ile asimetri indexi için normal dağılım zorlanmıştır (tablo 5). Diğer değişkenler normal dağıldığı için parametrik test olan OneWay Anova (F-testi) uygulandı.

Tablo 5a: Bir bar takılan hastalar için Kolmogorov-Smirnov testi.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test ^a											
		yaş	kostast	sternume	asimetr	halleri	correcti	corpus	corpusdensi	corpusdensit	corpusdens
		ernalaçı	ğimoranı	iindexi	ndeksi	onindex	boyutu	tyminimum	ymaximum	ityaverage	
N		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Normal	Mea	16,9583	162,5417	1,2296	,9964	3,4580	23,5336	93,1250	98,0417	357,4583	173,3333
Param	Std.										
eters ^{b,c}	Devi	4,37860	4,79111	1,26789	,06826	,79494	8,83204	12,56743	49,24868	143,69684	46,24102
	ation										
Most	Abso	,239	,080	,178	,162	,135	,121	,140	,082	,161	0,106
Extrem	Posit	,239	,077	,176	,162	,135	,121	,090	,082	,161	,106
e	ive										
Difference	Neg	,141	-,080	-,178	-,103	-,085	-,099	-,140	-,070	-,108	-,084
nces	ative										
Kolmogorov		1,172	,391	,873	,791	,664	,593	,685	,402	,789	,520
-Smirnov Z											
Asymp. Sig.		,128	0,998	0,432	0,558	0,770	0,873	0,735	0,997	0,563	0,949
(2-tailed)											

Tablo 5b: İki bar takılan hastalar için Kolmogorov-Smirnov testi.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test ^a										
		yaş	kostast	sternume	asimetr	halleri	correcti	corpus	corpusdensit	corpusdensit
		ernalaçı	ğimoranı	iindexi	ndeksi	onindex	boyutu	yminimum	ymaximum	ityaverage
N		39	39	39	39	39	39	39	39	39
Normal	Mean	20,7436	157,8205	,6007	,9860	4,1085	30,4264	99,0256	61,1795	334,5641
Parameters ^{b,c}	Std. Deviation	7,08489	8,95566	,71389	,18722	2,13099	12,90953	12,61054	52,43084	122,14116
Most Extreme Differences	Absolute	,183	,093	,270	,227	,223	,096	,084	,066	,114
	Positive	,183	,079	,270	,160	,223	,096	,073	,060	,114
	Negative	-,112	-,093	-,213	-,227	-,203	-,060	-,084	-,066	-,070
Kolmogorov-Smirnov Z		1,142	,578	1,688	1,418	1,391	,598	,522	,411	,715
Asymp. Sig. (2-tailed)		,147	0,892	0,007	0,036	0,042	0,867	0,948	0,996	0,687
										0,909

P=0,042 0,05'e çok yakın ve diğer gruplarda normal dağılım söz konusu o nedenle sorun olmayacağı düşünüldü.

Tablo 5c: Üç bar takılan hastalar için Kolmogorov-Smirnov testi:

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test ^a										
		yaş	kostast	sternume	asimetr	halleri	correcti	corpus	corpusdensi	corpusdensit
		ernalaçı	ğimoranı	iindexi	ndeksi	onindex	boyutu	tyminimum	ymaximum	ityaverage
N		18	18	18	18	18	18	18	18	18
Normal	Mea	20,8	152,000	,3773	56,878	4,061	37,5292	97,500	67,0556	291,3333
	n	333	0		7	8		0		142,1111
Param	Std.	5,32			237,11	1,289	10,7309	19,272		
eters ^{b,c}	Devi	751	9,77391	,47351	903	08	7	81	52,82877	134,32007
	ation									59,89391
Most	Abso	,246	,127	,292	,537	,118	,121	,183	,272	,181
Extrem	Posit	,246	,121	,292	,537	,118	,093	,163	,272	,170
e	ive									,175
Difference	Neg	-								
nces	ative	,10	-,127	-,261	-,407	-,077	-,121	-,183	-,123	-,181
		0								-,117
Kolmogorov		1,04		1,238	2,280	,500	,513	,777	1,152	,770
-Smirnov Z		3	,538							,741
Asymp. Sig.		,227	0,934	0,093	<0,000	0,964	0,955	0,582	0,141	0,594
(2-tailed)										0,643

Tablo 6:Hastaların bar sayıları ile BT ölçüm parametrelerinin OneWay Anova Testi ile karşılaştırılması.

BT parametreleri	BAR SAYISI			
	1	2	3	P değeri
	ort±std			
Haller indeksi	3,45±0,8	4.1±2,1	4,1±1,3	0,295
Correction indeks	23,5±8,8	30,4 (7,0-59,3)	37,5±10,7	0,001*
Corpus boyutu	93,1±12,5	99,0±12,6	97,5±19,3	0,284
Corpus density minimum	98,0 (-18-208)	61,1 (-31-159)	67,0 (-5-167)	0,023*
Corpus density maksimum	357,4 (180-758)	334,6 (36-592)	291,3 (25-646)	0,274
Corpus density avarrage	173,3±46,2	155,9 (52-284)	142,1±59,9	0,187

*Söz konusu 6 sürekli rassal değişken bakımından 3 grup arasında fark yaratan değişkenler correction index (p=0.001) ve corpus density minumum (p=0.023)'dur. Diğer değişkenlerde F-testi sonucu p>0.05 çıktığından gruplar arasında fark yoktur.

3 bar grubuna ait varyanslarda homojenite ($p>0.05$) saptandı ve Tukey HSD testi yapıldı (tablo 8).

Tablo 7. Değişkenlerin homojenlik testi

	Levene Statistic	df1	df2	P değeri
hallerindeksi	1,921	2	78	0,153
correctionindex	2,691	2	78	0,074
corpusboyutu	2,385	2	78	0,099
corpusdensityminimum	,359	2	78	0,700
corpusdensitymaximum	,428	2	78	0,653
corpusdensityaverage	1,144	2	78	0,324

Tablo 8. Multiple karşılaştırma (TUKEY HSD testi)

Bağımlı değişkenler	(I) Barsayısı	(J) Barsayısı	P değeri
hallerindeksi	1 bar	2 bar	0,292
		3 bar	0,477
	2 bar	1 bar	0,292
		3 bar	0,995
	3 bar	1 bar	0,477
		2 bar	0,995
correctionindex	1 bar	2 bar	0,057
		3 bar	0,000
	2 bar	1 bar	0,057
		3 bar	0,079
	3 bar	1 bar	0,001
		2 bar	0,079
corpusboyutu	1 bar	2 bar	0,257
		3 bar	0,592
	2 bar	1 bar	0,257
		3 bar	0,926
	3 bar	1 bar	0,592
		2 bar	0,926
corpusdensityminimum	1 bar	2 bar	0,020
		3 bar	0,138
	2 bar	1 bar	0,020
		3 bar	0,916
	3 bar	1 bar	0,138
		2 bar	0,916
corpusdensitymaximum	1 bar	2 bar	0,781
		3 bar	0,246
	2 bar	1 bar	0,781
		3 bar	0,484
	3 bar	1 bar	0,246
		2 bar	0,484
corpusdensityaverage	1 bar	2 bar	0,445
		3 bar	0,169
	2 bar	1 bar	0,445
		3 bar	0,652
	3 bar	1 bar	0,169
		2 bar	0,652

correctionindex			
Tukey HSD			
Barsayısı	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1 bar	24	23,5336*	
2 bar	39	30,4264	30,4264
3 bar	18		37,5292*
Sig.		0,093	0,081

corpusdensityminimum			
Tukey HSD			
Barsayısı	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2 bar	39	61,1795	
3 bar	18	67,0556	67,0556
1 bar	24		98,0417
Sig.		0,917	0,097

Correction İndeks' te 1 bar (minimum değer 23,5336 ortalama) ile 3 bar grubu (maksimum değer 37,5292 ortalama) ortalamaları arasında istatistiksel anlamlı fark görülmüştür.

Corpus density (minimum)'da 1 bar (maksimum değer 98,0417) ile 2 bar grubu (minimum değer 61,1795 ortalama) ortalamaları arasında fark görülmüştür (tablo 6).

Tablo 9 : Yaş ve kostasternal açı ile bar sayıları arasında ilişkinin Oneway Anova testi ile değerlendirilmesi

Bağımlı değişenler	BAR SAYISI			P değeri
	1	2	3	
	ort±std			
Yaş	16,9±4,4	20,7±7,0	20,8±5,3	0,039*
Kostasternal açı	162,5±4,8	157,8±8,9	152,0±9,8	<0,0001*

*Single bar takılan hastalarla multiple barı olan hastalar arasında yaş ($p=0.039$, ancak 0.05 'e çok yakın) ve kostasternal açı ($p<0.0001$) ortalamaları bakımından fark görülmüştür.

Tablo 10 : Varyansların homojenite testi

	Levene Statistic	df1	df2	P değeri
yaş	3,780	2	78	0,027*
kostasternalaçı	6,193	2	78	0,003*

*homojen dağılım izlenmedi ($p=0,02$, $p=0,003$)

Yaş ve kostasternal açı 3 bar grubuna ait varyanslar arasında homojenite olmadığından (tablo 10) Tamhane T2 testi ile karşılaştırmalar yapıldı ve gruplar arasında ortalamalar bakımından farklar saptandı (tablo 11).

Yaş açısından karşılaştırdığımızda 1 bar grubu (16,9) hem 2 Bar (20,7) grubundan hem de 3 Bar (20,8) grubundan farklıdır. Bir bar grubunun ortalama yaşı diğer gruplara göre daha düşük görüldü.

Kostasternal açı düzeyine göre karşılaştırdığımızda 1 bar grubu (162,5) hem 2 Bar (157,8) grubundan hem de 3 Bar (152) grubundan farklı bulunmuştur. Bir bar grubunun açı ortalama değeri diğer gruplara göre daha yüksektir (tablo 9).

Tablo 11. Tamhane T2 testi ile karşılaştırma

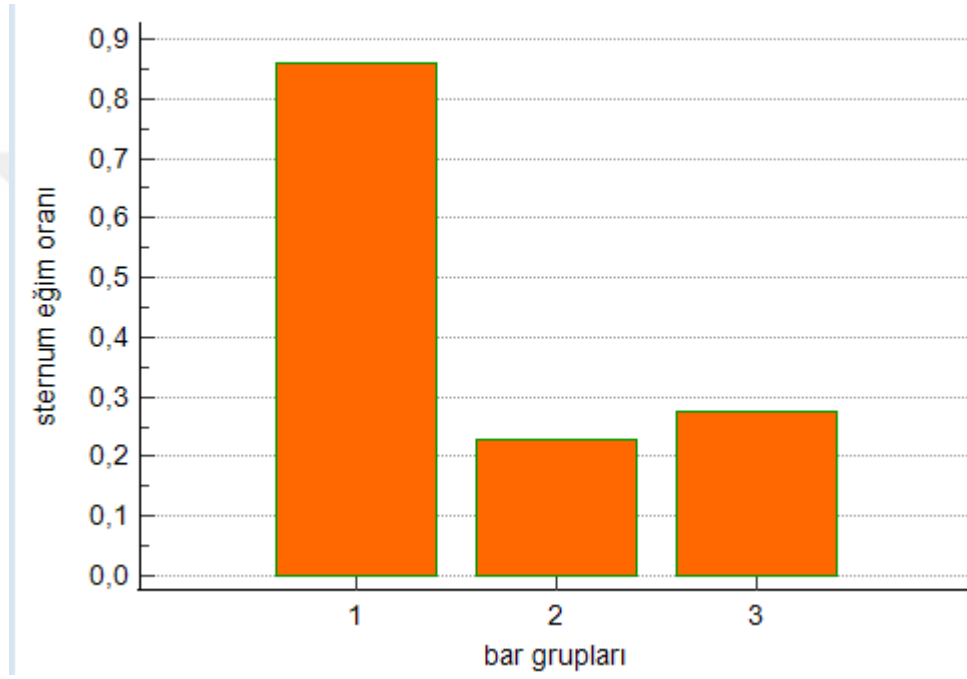
Bağımlı değişkenler	(I) Barsayısı	(J) Barsayısı	P değeri
Yaş	1 bar	2 bar	0,033*
		3 bar	0,050*
	2 bar	1 bar	0,033
		3 bar	1,000
	3 bar	1 bar	0,050
		2 bar	1,000
Kostasternal açı	1 bar	2 bar	0,025*
		3 bar	0,001*
	2 bar	1 bar	0,025
		3 bar	0,115
	3 bar	1 bar	0,001
		2 bar	0,115

Sternum eğim oranı ile Asimetri İndeksi için normal dağılım zorlandığından parametrik olmayan test Kruskal Wallis nonparametrik testi uygulandı. $P < 0.05$ çıktığından hangi grubun medyanının hangi gruptan farklı olduğunu saptamak için Dunn çoklu karşılaştırma testi yapıldı ve medyanlar bakımından farklar tespit edildi (tablo 12).

Tablo 12: Sternum Eğim Oranı Kruskal Wallis testi.

Data	sternum_eğim_oranı sternum eğim oranı					
Factor codes	bar_grupları bar grupları					
Sample size	81					
Descriptive statistics						
Factor	n	Minimum	25th percentile	Median	75th percentile	Maximum
1	24	0,06000	0,335	0,860	1,880	6,000
2	39	0,03000	0,110	0,230	0,873	2,920
3	18	0,07000	0,120	0,275	0,460	2,150
Kruskal-Wallis test						
Test statistic	11,3337					
Corrected for ties	11,3396					
Degrees of Freedom (DF)	2					
Significance level	P = 0,003449					
Post-hoc analysis (Dunn)						
Factor	n	Average Rank		Different (P<0,05) from factor nr		
(1) 1	24	54,31		(2)(3)		
(2) 2	39	36,76		(1)		
(3) 3	18	32,44		(1)		

Grafik1: Sternum Eğim Oranı Dunn Çoklu testi.



1Bar (0.86), diğer 2Bar (0.23) ve 3Bar (0.275) grubu medyan değerlerine göre farklı görülmüştür.

Tablo 13 :Asimetri İndeksi Kruskal Wallis testi.

Data	asimetri_indexi asimetri_indexi
Factor codes	bar_grupları bar_grupları

Sample size	81
-------------	----

Descriptive statistics

Factor	n	Minimum	25th percentile	Median	75th percentile	Maximum
1	24	0,9100	0,940	0,975	1,045	1,120
2	39	0,0000	0,953	1,010	1,058	1,270
3	18	0,8800	0,940	1,015	1,030	1007,000

Kruskal-Wallis test

Test statistic	0,2023
Corrected for ties	0,2029
Degrees of Freedom (DF)	2
Significance level	P = 0,903520

Factor	n	Average Rank
(1) 1	24	39,27
(2) 2	39	42,01
(3) 3	18	41,11

Bu değişkende KRUSKAL Wallis test sonucu ($p=0,9035$) ıktığı için 3 grup medyanları arasında fark görülmemiştir.

5. TARTIŞMA

Açık onarım ile geniş rezeksiyon tekniği hastalarda rijid bir göğüs duvarı ve pektus ekskavatum deformitesinin nüksü ile sonuçlanmaktaydı. Bu hastaların nüks deformitelerine bir çözüm arayışı gelişmekteydi. Göğüs duvarının bu kadar fleksibl, esneyebilen, şekil verilebilen dokularını rezeke etmenin gerekmeyebileceği düşünüldü.

İlk defa 1987'de Birleşik Devletler'den Dr. Donald Nuss, derin pektus ekskavatum deformitesi ile başvuran 4 yaşında erkek hasta için göğüs duvarı yapılarını çıkarmama seçeneğini denemiştir. Bu alternatif cerrahi çözüm olaysız sonuçlanmış ve kozmetik neticenin oldukça tatmin edici olduğu görülmüştür [12].

Minimal invaziv cerrahinin başlıca avantajları minimal kan kaybı, işe ya da okula erken dönüş ve göğüs ön duvarında büyük bir insizyon skarı olmamasıdır.

Tüm dünyada yaygınlaşmaya başlayan teknik hızlıca geliştirildi. Kullanılan bar daha da kalınlaştırıldı [3]. Tekniğe uygun yeni aletler geliştirildi. Zamanla bar dislokasyonu gibi komplikasyonlar tespit edildi. Bunları önlemek için stabilizör yerleştirilmesi, perikostal sütür gibi tekniklerle fiksasyonu arttıran adımlar atıldı. Teknik başka cerrahlar tarafından da modifiye edildi. Sternal elevasyon için farklı uygulamalar yapıldı, allerji testleri gündeme geldi. Analjezi için pek çok seçenekler tarif edildi. Postoperatif bakımın kalitesi arttı. Hastaların kozmetik memnuniyet düzeyleri cerrahların gelişen tecrübesi ile birlikte daha da arttı.

Deneyim geliştikçe kullanılan barların boyu kısaldı. Uzun barların dislokasyona eğilimli olması, stabilizörün de ek dikişler ile sabitlenmeye ihtiyacının olması barları kısaltmayı gerektirdi. Barların takılması ve çıkarılması kolaylaştı. Sternuma yakın, proksimale konan stabilizör ek dikiş ihtiyacını ortadan kaldırdı [82].

Prosedür zamanla standardize edildi. Standart olarak minimal invaziv pektus ekskavatum onarımında çelik-nikel bir pektus barı torakoskopik olarak sternumun altına yerleştirilmekte ve yerleştirilen bu bar sternumu kaldırarak istenilen pozisyonda tutmaktadır. Pektus ekskavatumun onarımının amacı, göğüs ön duvarında iyi kozmetik netice elde etmek ve kalp üzerindeki baskıyı azaltarak daha iyi kardiyak performans sağlamaktır. Pektus ekskavatumun cerrahi onarımında bar deformitenin en derin olduğu noktayı destekleyecek biçimde konulmalıdır. Bazen tek horizontal bar ile bu en derin noktayı yakalamak mümkün olmayabilir. Bazı zaman da göğüs ön duvarında karinatum deformitesi oluşturacak kadar lüzumundan fazla alttan desteklemek ("overcorrection"dan kaçınmak) için horizontal yerleşimli bar tercih edilmeyebilir.

Bazen de deformitenin en derin olduğu yer interkostal aralıkta yerleşmektedir. Bu vakalarda çapraz yerleşimli iki bar daha etkin bir elevasyon sağlayabilir. Bazı vakalarda kısa ve dar bir deformite mevcut ise, sternumu yeterli düzeyde eleve edebilmek daha fazla kuvvet gerektirebilir. Bu gibi vakalarda çapraz iki bar veya daha fazlasını yerleştirmektediriz. Böylece daha geniş bir deformite alanı etkin biçimde kaldırılabilir. Ksifoidin altındaki deformite alanları da böylece düzeltilebilir.

Yabancı literatürde “flare rib” olarak adlandırılmış hastalar çöküklükten ziyade kot arkı çıkıklığından şikayetçi olabilmektedir. Pektus deformiteleri tek bar ile düzeltildiğinde bile çıkık olan kot arkı nedeniyle hastalar ameliyat sonrası sonuçtan tatmin olmamaktadır. Bunun gibi vakalarda tek bar yeterli olmamakta, çapraz bar yerleştirilmiş hastalarda barlar çıkık olan kot arkını dışarıdan bastırarak şekil vermektedir. Hastalarda kozmetik memnuniyeti üst düzeye çıkarabilmektedir. Uzakdoğudaki kimi cerrahların da kendi Nuss modifikasyonları ile deneyimlerini anlatırken bu hasta grubu için aynı prensiple çapraz yerleştirilmiş barları kullandıkları bilinmektedir. Bu hasta grubunun tedavisine, arkus kostarumun presslenmesi anlamında “flare-buster” ismini vermişlerdir [83].

Hastanın pektus ekskavatum deformitesi tek bir noktada derinleşmeyip bir büyük oluk biçiminde, literatürde “grand canyon” olarak isimlendirilen şekilde ise, iki veya üç bar kullanılması gerekebilmektedir. Çöküklük göğüs ön duvarında geniş bir alanı kapsıyorsa, yine çift veya üç bar konması için endikasyon oluşturabilmektedir.

Bizim yaptığımız araştırmamızda incelenen 365 opere MIRPE preop BT’ si olan hastalarımızı 3 gruba ayırdık: 24’üne tek bar (grup 1), 39’una çift bar (grup 2), 18’ine üç bar (grup 3) yerleştirildi. Bu üç grubun ortalama yaşları sırasıyla 16,95 yıl, 20,74yıl, 20,83 yıl tespit edildi.

Bar sayısı ile cinsiyet arasında istatistik anlamlı fark görülmemiştir.

Yaş ile bar sayısı arasında farklılık görülmüştür. 1 bar takılan hastaların ortalama yaşı diğer gruplara göre daha düşüktür.

Tek bar takılan hastalarla birden fazla bar yerleştirilen hastalar arasında yaş ($p=0.039$) ve kostasternal açısı ($p<0.0001$) ortalamaları bakımından fark görülmüştür.

Kostasternal açısı ile bar grupları arasında anlamlı fark görülmüştür ($p<0.0001$). 1 bar takılan hastaların kostasternal açısı (162.54) hem 2 (157.82) hem 3 (152) bar takılan hastalardan farklı bulunmuştur. Tek bar takılan hastaların ortalama kostasternal açısı diğerlerine göre daha yüksektir.

Sternum eğim oranı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir($p=0,003449$). Sırasıyla tek bar grubunda 0.86, 2 bar grubunda 0.230, 3 bar grubunda 0.275 olarak görülmüştür.

Asimetri İndex ile 3 bar grubu arasında anlamlı fark görülmemiştir ($p=0.9035$).

Correction index ($p=0.001$) ve corpus density minimum ($p=0.023$) gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmüştür.

Preop BT ile indexler ve yukarıdaki anlamlı sonuçlanmış parametreler bakılarak kaç adet bar takılacağını öngörebileceğimizi düşünüyoruz. Bu hastalarımızda yetersiz sayıda bar nedeniyle yetersiz sternum elevasyonu, bar rotasyonu ve interkostal kas yırtıkları gibi cerrahi komplikasyonları önlemede, iyi kozmetik sonuçlar elde etmede yol gösterici olacağını düşünmekteyiz.



6. SONUÇ

Pektus ekskavatum deformitesi nedeniyle MIRPE uygulanan hastalarda takılan pektus barlarının yerleşimlerini, bar sayısını, kostasternal açısını, corpus dansitesini, sternum eğim oranını, haller indeksini, asimetri indeksini, correction indeksini inceledik. Pektus ekskavatumun cerrahi tedavisinde son yıllarda en çok tercih edilen yöntem Nuss metodudur. Bu teknik, dünyada yaygın olarak uygulanmaktadır. Her geçen gün artan deneyim ve minimal invaziv teknikteki gelişmeler sayesinde sonuçlar gün geçtikçe daha da gelişme göstermektedir.

Nuss yöntemi zaman içinde gelişen tecrübeyle pek çok modifikasyon kazanmıştır. Göğüs ön duvarı deformitelerinin çok çeşitli prezentasyonları mevcuttur. Hastalar deformite çeşidine göre alt gruplara ayrılıp her hastada mümkün olan en iyi kozmetik sonuç hedeflenmektedir. Böylece her pektus deformitesi özgün kabul edilip bar sayısı ve barların duruş biçimi hastaya göre değişmektedir.

MIRPE sonrası daha iyi kozmetik sonuçlar için cerrahi onarımın standart tek barlı düzeltmenin dışına çıkabilmesi gereklidir. Çift bar veya daha çok bar gerektiren hastalarda, paralel ve çapraz bar yöntemleri sternumun posterior yüzünden pektus defektini daha etkin biçimde desteklemek istemenin sonucunda doğmuştur. Kliniğimizde çekilen preop BT'leri kullanarak hastaların ameliyat öncesi kaç bar konulabileceği araştırılmış anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

HI, CI ve AI ekskavatumun ciddiyetini hesaplamak için kullanılan indekslerdir. Bu çalışma, cerrahi düzeltme sırasında gereken uygun bar sayısını belirlemek için indekslerin ve yeni parametrelerin kullanımını ele alan ilk rapordur. Bu parametrelerin kullanılması, yetersiz sayıda bar nedeniyle yetersiz sternum elevasyonu, nüks oranını, bar rotasyonu ve interkostal kas yırtıkları gibi cerrahi komplikasyonları önleyebilir.

İndexlerin yanı sıra ölçülen yeni parametrelerin sonuçları bize hastaların preop BT'leri yardımıyla kaç adet barın yeterli olacağını göstermektedir. Yapılan araştırmamızda correction index'in bar sayısı ile doğru orantılı olduğunu bulduk. Ortalama değeri 23-30 aralığında olan hastalara tek bar, 30-38 aralığında olan hastalara çift bar, 38 üstü olan hastalara ise 3 bar yerleştirdik.

Kostasternal açının bar sayısı ile ters orantılı olduğunu bulduk. Ortalama değeri 162 derece üstünde olan hastalara tek bar ,157-152 derece aralığında olan hastalara çift bar ,152 derecenin altında olan hastalara 3 bar yerleştirdik.

Sternum eğim oranının bar sayısı ile ters orantılı olduğunu bulduk. Ortalama değeri 0.8'nin üzerinde olan hastalara tek bar, 0.23-0.8 aralığında olan hastalara çift bar, 0.23' altında olan hastalara üç bar yerleştirdik.

Corpus density minimum'un bar sayısı ile ters orantılı olduğunu bulduk. Ortalama değeri 98'nin üstünde olan hastalara tek bar, 67'nin altında olan hastalara birden fazla bar yerleştirdik.

Elimizdeki bu veriler kostasternal açı, corpus density minumum, sternum eğim oranının kullanımını ele alan ilk rapordur.Çalışmamızda 81 hastanın verileri analiz edilmiş olup,daha geniş hasta popülyasyonu üzerinde yapılmasının bize daha kesin sonuçlar verebileceğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKÇA

1. Kelly Jr RE, editor Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. Seminars in pediatric surgery; 2008: Elsevier.
2. Creswick HA, Stacey MW, Kelly Jr RE, Gustin T, Nuss D, Harvey H, et al. Family study of the inheritance of pectus excavatum. Journal of pediatric surgery. 2006;41(10):1699-703.
3. Nuss D, Obermeyer RJ, Kelly RE. Nuss bar procedure: past, present and future. Annals of cardiothoracic surgery. 2016;5(5):422.
4. Cobben JM, Oostra R-J, van Dijk FS. Pectus excavatum and carinatum. European journal of medical genetics. 2014;57(8):414-7.
5. Kloth K, Klohs S, Bhullar J, Boettcher M, Hempel M, Trah J, et al. The epidemiology behind pectus excavatum: Clinical study and review of the literature. European Journal of Pediatric Surgery. 2022;32(04):316-20.
6. Redding GJ, Kuo W, Swanson JO, Phillips GS, Emerson J, Yung D, et al. Upper thoracic shape in children with pectus excavatum: impact on lung function. Pediatric Pulmonology. 2013;48(8):817-23.
7. Hebra A, Calder BW, Leshner A. Minimally invasive repair of pectus excavatum. Journal of visualized surgery. 2016;2.
8. Garzi A, Prestipino M, Rubino MS, Di Crescenzo RM, Calabrò E. Complications of the “Nuss procedure” in pectus excavatum. Translational Medicine@ UniSa. 2020;22:24.
9. Kanagaratnam A, Phan S, Tchantchaleishvili V, Phan K. Ravitch versus Nuss procedure for pectus excavatum: systematic review and meta-analysis. Annals of cardiothoracic surgery. 2016;5(5):409.
10. Mao YZ, Tang S, Li S. Comparison of the Nuss versus Ravitch procedure for pectus excavatum repair: an updated meta-analysis. Journal of pediatric surgery. 2017;52(10):1545-52.
11. Kocher GJ, Gstrein N, Jaroszewski DE, Ewais MM, Schmid RA. Nuss procedure for repair of pectus excavatum after failed Ravitch procedure in adults: indications and caveats. Journal of thoracic disease. 2016;8(8):1981.
12. Nuss D, Kelly Jr RE, Croitoru DP, Katz ME. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. Journal of pediatric surgery. 1998;33(4):545-52.
13. Hebra A. Minor and major complications related to minimally invasive repair of pectus excavatum. European Journal of Pediatric Surgery. 2018;28(04):320-6.
14. Notrica DM, editor Modifications to the Nuss procedure for pectus excavatum repair: a 20-year review. Seminars in pediatric surgery; 2018.
15. Mangat S, Hance L, Ricketts KJ, Phillips MR, Mclean SE. The impact of an enhanced recovery perioperative pathway for pediatric pectus deformity repair. Pediatric Surgery International. 2020;36:1035-45.
16. Kelly Jr RE, Obermeyer RJ, Goretsky MJ, Kuhn MA, Frantz FW, McGuire MM, et al. Recent modifications of the Nuss procedure: the pursuit of safety during the minimally invasive repair of pectus excavatum. Annals of Surgery. 2022;275(2):e496-e502.

17. Obermeyer RJ, Goretsky MJ, Kelly Jr RE, Frantz FW, Kuhn MA, McGuire MM, et al. Selective use of sternal elevation before substernal dissection in more than 2000 Nuss repairs at a single institution. *Journal of Pediatric Surgery*. 2021;56(4):649-54.
18. Park HJ, Sung S-W, Park J-K, Kim JJ, Jeon HW, Wang Y-P. How early can we repair pectus excavatum: the earlier the better? *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2012;42(4):667-72.
19. Croitoru DP, Kelly Jr RE, Goretsky MJ, Lawson ML, Swoveland B, Nuss D. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *Journal of pediatric surgery*. 2002;37(3):437-45.
20. Hebra A, Kelly RE, Ferro MM, Yüksel M, Campos JRM, Nuss D. Life-threatening complications and mortality of minimally invasive pectus surgery. *Journal of pediatric surgery*. 2018;53(4):728-32.
21. Bouchard S, Hong AR, Gilchrist BF, Kuenzler KA, editors. Catastrophic cardiac injuries encountered during the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Seminars in Pediatric Surgery*; 2009: Elsevier.
22. Sacco-Casamassima MG, Goldstein SD, Gause CD, Karim O, Michailidou M, Stewart D, et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: analyzing contemporary practice in 50 ACS NSQIP-pediatric institutions. *Pediatric surgery international*. 2015;31:493-9.
23. Haecker F-M, Martinez-Ferro M. Non-surgical treatment for pectus excavatum and carinatum. *Chest Wall Deformities and Corrective Procedures*. 2016:137-60.
24. Haecker F-M, Sesia S. Vacuum bell therapy. *Annals of cardiothoracic surgery*. 2016;5(5):440.
25. Lopez M, Patoir A, Costes F, Varlet F, Barthelemy J-C, Tiffet O. Preliminary study of efficacy of cup suction in the correction of typical pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery*. 2016;51(1):183-7.
26. Obermeyer RJ, Cohen NS, Kelly Jr RE, Kuhn MA, Frantz FW, McGuire MM, et al. Nonoperative management of pectus excavatum with vacuum bell therapy: a single center study. *Journal of Pediatric Surgery*. 2018;53(6):1221-5.
27. Togoro SY, Tedde ML, Eisinger RS, Okumura EM, de Campos JRM, Pêgo-Fernandes PM. The Vacuum Bell device as a sternal lifter: An immediate effect even with a short time use. *Journal of pediatric surgery*. 2018;53(3):406-10.
28. St-Louis E, Miao J, Emil S, Baird R, Bettolli M, Montpetit K, et al. Vacuum bell treatment of pectus excavatum: an early North American experience. *Journal of pediatric surgery*. 2019;54(1):194-9.
29. Patel AJ, Hunt I. Is vacuum bell therapy effective in the correction of pectus excavatum? *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2019;29(2):287-90.
30. Gao Y, Li J-h, Yu J-g, Tan Z, Liang L, Huang T, et al. Noninvasive treatment of pectus excavatum with a vacuum bell combined with a three-dimensional scanner. *Pediatric Surgery International*. 2020;36:1205-11.
31. Yi E, Lee K, Jung Y, Chung JH, Kim HS, Lee S, et al. Finding suitable candidates for vacuum bell therapy in pectus excavatum patients. *Scientific reports*. 2021;11(1):22787.

32. Jung Y, Yi E, Lee K, Chung JH, Cho S, Lee S. Surgical versus vacuum bell therapy for the correction of pectus excavatum: a comparison of 1-year treatment outcomes. *Journal of Chest Surgery*. 2021;54(6):473.
33. De Wolf J, Loobuyck V, Brian E, Benhamed L, Wurtz A. Life-threatening cardiovascular adverse events related to pectus excavatum surgery. *Cardiovasc Disord Med*. 2019;4(1):1-7.
34. Nuss D, Kelly Jr RE. The minimally invasive repair of pectus excavatum. *Operative techniques in thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;19(3):324-47.
35. Frantz FW. Indications and guidelines for pectus excavatum repair. *Current opinion in pediatrics*. 2011;23(4):486-91.
36. Park HJ, Kim KS, Lee S, Jeon HW. A next-generation pectus excavatum repair technique: new devices make a difference. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2015;99(2):455-61.
37. Sujka JA, Peter SDS, editors. Quantification of pectus excavatum: Anatomic indices. *Seminars in pediatric surgery*; 2018: Elsevier.
38. Haller Jr JA, Kramer SS, Lietman SA. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *Journal of pediatric surgery*. 1987;22(10):904-6.
39. Poston PM, Patel SS, Rajput M, Rossi NO, Ghanamah MS, Davis JE, et al. The correction index: setting the standard for recommending operative repair of pectus excavatum. *The Annals of thoracic surgery*. 2014;97(4):1176-80.
40. Coln E, Carrasco J, Coln D. Demonstrating relief of cardiac compression with the Nuss minimally invasive repair for pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. 2006;41(4):683-6.
41. Kutluk A, Metin M. Congenital chest wall deformities. *The Journal of Turkish Spinal Surgery*. 2017;28(3):195-204.
42. İşcan M. Pektus ekskavatum olgularının minimal invaziv teknikle düzeltilmesinin torakal vertebraların koronal düzlemdeki rotasyonuna etkisi.
43. Kuhn MA, Nuss D. Pectus deformities. *Fundamentals of pediatric surgery*: Springer; 2010. p. 313-21.
44. Ravitch MM. Congenital deformities of the chest wall and their operative correction. (No Title). 1977.
45. Schenck von Grafenberg J. *Observationum medicarum, rararum, novarum, admirabilium, et monstrosarum*. (No Title).
46. Ebstein E. Die Trichterbrust in ihren Beziehungen zur Konstitution usw. *Zeitschr fd ges Anat, Abt*. 1921;2.
47. Meyer L. Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Ttrichterburst. *Verh Berliner Med*. 1911;42:364-73.
48. Sauerbruch F. *Die chirurgie der brustorgane*: J. Springer; 1925.
49. Sauerbruch F. Operative beseitigung der angeborenen trichterbrust. *Deutsche Zeitschrift Für Chirurgie*. 1931;234:760-4.
50. Ochsner A, DeBaKey M. Chōnē-chondrosternon: report of a case and review of the literature. *Journal of Thoracic Surgery*. 1939;8(5):469-511.
51. Nissen R. Osteoplastic procedure for correction of funnel chest. *The American Journal of Surgery*. 1944;64(2):169-74.
52. Chin E, Adler RH. The surgical treatment of pectus excavatum (funnel chest). *British Medical Journal*. 1954;1(4870):1064.

53. Ravitch MM. The operative treatment of pectus excavatum. *Annals of surgery*. 1949;129(4):429-44.
54. Welch KJ, Kearney GP. Abdominal musculature deficiency syndrome: prune belly. *The Journal of Urology*. 1974;111(5):693-700.
55. Shamberger RC, Welch KJ. Surgical repair of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. 1988;23(7):615-22.
56. Scherer L, Arn PH, Dressel DA, Pyeritz RM, Haller Jr JA. Surgical management of children and young adults with Marfan syndrome and pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. 1988;23(12):1169-72.
57. Waters P, Welch K, Micheli LJ, Shamberger R, Hall JE. Scoliosis in children with pectus excavatum and pectus carinatum. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1989;9(5):551-6.
58. Saxena A, Willital G. Surgical correction of funnel chest using titanium struts. *Surg Childh Intern*. 1998;6:230-2.
59. Osawa H, Mawatari T, Watanabe A, Abe T. New material for Nuss procedure. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;10(5):301-3.
60. Robicsek F. Surgical treatment of pectus excavatum. *Chest surgery clinics of North America*. 2000;10(2):277-96.
61. Schaarschmidt K, Kolberg-Schwerdt A, Lempe M, Schlesinger F, Bunke K, Strauss J. Extrapleural, submuscular bars placed by bilateral thoracoscopy—a new improvement in modified Nuss funnel chest repair. *Journal of pediatric surgery*. 2005;40(9):1407-10.
62. Schier F, Bahr M, Klobe E. The vacuum chest wall lifter: an innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. 2005;40(3):496-500.
63. Futagawa K, Suwa I, Okuda T, Kamamoto H, Sugiura J, Kajikawa R, et al. Anesthetic management for the minimally invasive Nuss procedure in 21 patients with pectus excavatum. *Journal of anesthesia*. 2006;20:48-50.
64. Nuss D, Kelly RE. Minimally invasive surgical correction of chest wall deformities in children (Nuss procedure). *Advances in pediatrics*. 2008;55(1):395-410.
65. Gurnett CA, Alaee F, Bowcock A, Kruse L, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Genetic linkage localizes an adolescent idiopathic scoliosis and pectus excavatum gene to chromosome 18 q. *Spine*. 2009;34(2):E94-E100.
66. Türk F, Yuncu G, Türk E. Konjenital göğüs deformitelerinde tarihsel süreç. *Journal of Clinical and Analytical Medicine*. 2010:52-7.
67. Lester CW. The etiology and pathogenesis of funnel chest, pigeon breast, and related deformities of the anterior chest wall. *Journal of Thoracic Surgery*. 1957;34(1):1-10.
68. Mullard K. Observations on the aetiology of pectus excavatum and other chest deformities, and a method of recording them. *British Journal of Surgery*. 1967;54(2):115-20.
69. Hecker W, Procher G, Dietz H. Results of operative correction of pigeon and funnel chest following a modified procedure of Ravitch and Haller (author's transl). *Zeitschrift für Kinderchirurgie: Organ der Deutschen, der Schweizerischen und der Österreichischen Gesellschaft für Kinderchirurgie= Surgery in Infancy and Childhood*. 1981;34(3):220-7.

70. Kelly Jr RE, Lawson ML, Paidas CN, Hruban RH. Pectus excavatum in a 112-year autopsy series: anatomic findings and the effect on survival. *Journal of pediatric surgery*. 2005;40(8):1275-8.
71. Serafin J, Swiatkowski J, Majkusiak R, Nowakowski P. 40-year experience in surgical treatment of congenital chest deformations--etiopathogenesis, operative techniques and clinical results. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*. 2003;70(4):207-13.
72. ŞAHİN A. Pektus Ekskavatumun Açık Operasyonla Düzeltilmesi. *Türkiye Klinikleri Thoracic Surgery-Special Topics*. 2018;9(1):67-71.
73. KILIÇ B, KAYNAK MK. Pektus Ekskavatumda Minimal İnvaziv Teknik. *Türkiye Klinikleri Thoracic Surgery-Special Topics*. 2018;9(1):72-4.
74. Kelly Jr RE, Shamberger RC, Mellins RB, Mitchell KK, Lawson ML, Oldham K, et al. Prospective multicenter study of surgical correction of pectus excavatum: design, perioperative complications, pain, and baseline pulmonary function facilitated by internet-based data collection. *Journal of the American College of Surgeons*. 2007;205(2):205-16.
75. Yuksel M, Ersoz H. Pushing the boundaries of minimally invasive repair of pectus excavatum: first experience with a 4-bar technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022;35(4). doi: 10.1093/icvts/ivac231. PubMed PMID: 36063459; PubMed Central PMCID: PMC9466571.
76. Park HJ, Lee SY, Lee CS. Complications associated with the Nuss procedure: analysis of risk factors and suggested measures for prevention of complications. *Journal of pediatric surgery*. 2004;39(3):391-5.
77. Pilegaard HK, Licht PB. Routine use of minimally invasive surgery for pectus excavatum in adults. *The Annals of thoracic surgery*. 2008;86(3):952-6.
78. Ewais MM, Chaparala S, Uhl R, Jaroszewski DE. Outcomes in adult pectus excavatum patients undergoing Nuss repair. *Patient Related Outcome Measures*. 2018:65-90.
79. Jaroszewski DE, Ewais MM, Chao C-J, Gotway MB, Lackey JJ, Myers KM, et al. Success of minimally invasive pectus excavatum procedures (modified Nuss) in adult patients (≥ 30 years). *The Annals of thoracic surgery*. 2016;102(3):993-1003.
80. Yoon YS, Kim HK, Choi YS, Kim K, Shim YM, Kim J. A modified Nuss procedure for late adolescent and adult pectus excavatum. *World journal of surgery*. 2010;34:1475-80.
81. Ben XS, Deng C, Tian D, Tang JM, Xie L, Ye X, et al. Multiple-bar Nuss operation: an individualized treatment scheme for patients with significantly asymmetric pectus excavatum. *Journal of Thoracic Disease*. 2020;12(3):949.
82. Pilegaard HK. Nuss technique in pectus excavatum: a mono-institutional experience. *Journal of Thoracic Disease*. 2015;7(Suppl 2):S172.
83. Park HJ. A technique for complex pectus excavatum repair: the cross-bar technique for grand canyon type deformity (Park classification). *Annals of cardiothoracic surgery*. 2016;5(5):52627-527.
84. Moon DH, Park CH, Moon MH, Park HJ, Lee S. The effectiveness of double-bar correction for pectus excavatum: a comparison between the parallel bar and cross-bar techniques. *Plos one*. 2020;15(9):e0238539.
85. Ermerak NO, Yuksel M. Modification of the Nuss procedure: the crossed bar technique for new subtypes of pectus excavatum. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2023;71(10):577-83.

86. Chung JH, Park HJ, Kim KT. Scoliosis after pectus excavatum correction: does it improve or worsen? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2017;52(1):76-82.
87. Nagasao T, Noguchi M, Miyamoto J, Jiang H, Ding W, Shimizu Y, et al. Dynamic effects of the Nuss procedure on the spine in asymmetric pectus excavatum. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2010;140(6):1294-9. e1.



