



**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖĞÜS CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**PEKTUS EKSKAVATUM HASTALARINDA HALLER
İNDXİ ve CORRECTION İNDXİ'NİN BİRBİRLERİYLE
OLAN UYUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. İlker DENİZ
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Cemal ÖZÇELİK**

ADANA-2024



**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
GÖĞÜS CERRAHİSİ ANABİLİM DALI**

**PEKTUS EKSKAVATUM HASTALARINDA HALLER
İNDXİ ve CORRECTION İNDXİ'NİN BİRBİRLERİYLE
OLAN UYUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. İlker DENİZ
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Cemal ÖZÇELİK**

ADANA-2024

TEŞEKKÜR

Göğüs cerrahisi'nin zorlu eğitim sürecinde ve bu çalışmamda bir an olsun beni yalnız bırakmayan, her biri ayrı kıymetli olan bilgi ve tecrübelerini her daim benimle paylaşan, karşıma çıkan zorlukları aşmamda bana yol gösterici olan, tez çalışması sürecinde bir öğretim üyesinden daha da ileride bir aile ferdi gibi yaklaşan, iyi bir hekim ve iyi bir göğüs cerrahisi olabilmem için elinden gelen tüm desteği bana sağlayan kıymetli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Cemal ÖZÇELİK'e teşekkür ederim. Her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen, birbirinden değerli mesleki bilgi ve tecrübelerini bizlere aktaran ana bilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Suat GEZER'e teşekkür ederim. Eğitim sorumlumuz olan ve her konuda destekçimiz olan, birbirinden değerli bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Alper AVCI'ya teşekkür ederim. Eğitimim boyunca bizlere olan yaklaşımında her zaman bir abi gibi davranan, mesleki anlamda ve her konuda yardımlarını esirgemeyen sayın Dr. Öğrt. Üy. İsmail Can KARACAOĞLU'na teşekkür ederim. Cerrahi eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen doktor arkadaşlarıma, göğüs cerrahisi ekibimizde yer alan ve her birisi kıymetli çalışma arkadaşlarım olan değerli hemşirelerimize ve birlikte çalıştığımız diğer yardımcı sağlık personellerimize ayrı ayrı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca önüme çıkan tüm engelleri aşmamda bana desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bu günlere gelmemi sağlayan en büyük destekçim olan sevgili aileme, annem, babam ve kardeşlerime minnettar olup, teşekkür ederim.

Dr. İlker DENİZ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
TABLolar LİSTESİ	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Pektus Ekskavatum	2
2.1.1. Tarihçe.....	3
2.1.2. Etiyoloji.....	5
2.1.3. Epidemiyoloji.....	6
2.1.4. Klinik	6
2.1.5. Teşhis	8
2.1.5.1. Görüntüleme Yöntemleri	9
2.1.5.1.1. Haller indeksi	10
2.1.5.1.2. Correction indeksi.....	11
2.1.5.1.3. Depresyon indeksi.....	12
2.1.6. Tedavi.....	13
2.1.6.1. Ravitch Yöntemi	13
2.1.6.2. Nuss Tekniği	15
2.1.6.3. Nuss Tekniği Avantajları.....	17
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	20

3.1. İstatistiksel Analiz.....	21
4. BULGULAR.....	22
5. TARTIŞMA.....	27
6. SONUÇ.....	33
7. KAYNAKLAR	34



TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Pektus ekskavatum ve pektus karinatum ile ilişkili sendromlar	6
Tablo 2. Willital sınıflandırması.....	7
Tablo 3. Haller indeksine göre pektus sınıflaması	10
Tablo 4. Opere edilen ve edilmeyen hastaların yaşlarının karşılaştırılması	22
Tablo 5. Opere edilen ve edilmeyen hastaların cinsiyetlerinin karşılaştırılması	22
Tablo 6. Opere edilen ve edilmeyen hastaların Haller İndex'i ve Correction İndex'inin kıyaslam.....	24
Tablo 7. Haller indeksi ve Correction indeksinin karşılaştırılması	24
Tablo 8. Haller indeksi ve Correction indeksinin olgu sayısının karşılaştırılması	24
Tablo 9. Yaş faktörünün Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerleri ile karşılaştırılması....	25
Tablo 10. Cinsiyetin Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerleri ile karşılaştırılması	25
Tablo 11. Opere edilen hastalarda yatış süresinin, Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerleri ile karşılaştırılması	25
Tablo 12. Opere edilen hastalarda komplikasyon ve mortalite durumu.....	26

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Göğüs kafesinin görünümü	3
Şekil 2. Pektus ekskavatum.....	4
Şekil 3. Willital sınıflandırması	7
Şekil 4. Örnek vaka: PE'nin posteroanterior ve lateral x-ray filmlerindeki görüntüsü.....	9
Şekil 5. Örnek vaka: Pektus ekskavatum hastasının akciğer bilgisayarlı tomografi görüntüsü.	10
Şekil 6. Örnek bir Haller indeksi hesaplaması	11
Şekil 7. Bir Olguda Correction indeks hesaplanması.....	12
Şekil 8. Örnek vaka: Depresyon indeksi	13
Şekil 9. Ravitch tekniği.....	15
Şekil 10. Nuss tekniği	17
Şekil 11. Nuss tekniği ile cerrahi yapılmış PE hastanın preoperatif ve postoperatif görünümü	19
Şekil 12. Çalışmamızda index değerlerinin hesaplanması	20
Şekil 13. Opere edilen ve edilmeyen hastaların haller indeksinin karşılaştırılması	23
Şekil 14. Opere edilen ve edilmeyen hastaların Correction indeksinin karşılaştırılması	23
Şekil 15. Operasyon yapılma durumunda Haller indeksi ve Correction indeksinin ROC eğrisi.....	26

KISALTMALAR LİSTESİ

TBT	: Toraks Bilgisayarlı Tomografisi
CI	: Correction İndeksi
DI	: Depresyon İndeksi
FEV1	: Zorlu Ekspiratuar Hacim 1. Saniyede
GDD	: Göğüs Duvarı Deformitesi
HI	: Haller İndeksi
PE	: Pektus Ekskavatum
TNF-α	: Tümör Nekroz Faktörü-Alfa
MIRPE	: Minimally Invasive Repair For Pectus Excavatum
EAA	: Eğri Altında kalan Alan

ÖZET

Pektus Ekskavatum Hastalarında Haller İndeksi ve Correction İndeksi'nin Birbirleriyle Olan Uyumunun Değerlendirilmesi

Giriş: Pektus ekskavatum, göğüs kafesi ön duvarında sıkça görülen konjenital bir deformitedir. Bu durum, kaburgaların sternum ile birleştiği noktadaki kıkırdak dokunun ve kemik dokunun birbirinden uyumsuz gelişimi sonucu, sternumun içe doğru çökmesi veya göğüs kafesi ön duvarında bir oyuk oluşturmaya karakterizedir. Sternumun pozisyonunun bir şekilde göğüs kafesi içine doğru veya dışarıya doğru değişmesi, göğüs kafesinin normal gelişimini etkileyebilir. Pektus ekskavatum genellikle çocukluk döneminde fark edilir ve ergenlik çağında belirginleşebilir.

Göğüs ön duvarındaki bu deformite, solunum ve kalp fonksiyonlarını olumsuz etkileyebilecek kadar, göğüs kafesi formunu değiştirebilir. Tedavi genellikle semptomların şiddetine ve hastanın yaşına göre değişir ve bazı durumlarda cerrahi müdahale de gerekebilir.

Minimal invaziv bir cerrahi türü olan Nuss prosedürünün sıklıkla kullanılmasıyla birlikte, pektus ekskavatum defektinin düzeltilmesi, yapılan çalışmalar ile birlikte daha önceki yıllara göre yaygın hale gelmiştir.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Pektus ekskavatum hastalarının başvuru anından tanıya kadar ve hastalığı nitelendirmekte kullanılan, toraks bilgisayarlı tomografisi ile tespit edilebilen Haller İndeksi (HI) ve Correction İndeksi'nin (CI) ölçüm değerlerinin hesaplanıp birbirleriyle aralarındaki ilişkinin ve bu değerlerin, yaş cinsiyet gibi parametreler ile de kıyaslandığında, CI ölçüm değerlerinin HI değerleri ile anlamlı korelasyonu olup olmadığını, CI'nin operasyon endikasyonu olarak değerlendirilmeye alınıp alınamayacağını araştırmak.

Hastalar ve Yöntem: Pectus ekskavatum deformitesi nedeniyle Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi Ana Bilim Dalı'na 2012-2024 yılları arasında müracaat eden 212 hasta retrospektif olarak incelendi. 115 hasta çalışmaya dahil edildi. Pektus ekskavatum deformitesini inceleyebilmek için tespit edilen hastaların operasyon öncesi çekilen toraks bilgisayarlı tomografilerinde, HI ve CI değerleri ayrı ayrı hesaplandı. Pektus ekskavatum dereceleri ve ölçüm indexleri göz önüne alınarak Nuss prosedürü ile opere edilen ve opere edilmeyen hasta grupları sınıflandırılıp, index değerlerinin birbirleriyle olan ilişkisi araştırıldı.

Bulgular: Çalışmamıza 115 hasta dahil edildi. Hastaların 85'i opere edildi , 30 hasta opere edilmeyen kontrol grubu olarak istatistik analizine alındı. Çalışmamızda hastaların yaş ortalaması $16,6 \pm 3,2$ olup; opere edilen hastaların yaş ortalaması $16,2 \pm 3,1$; opere edilmeyen hastaların yaş ortalaması $17,7 \pm 3,2$ olarak saptandı. Opere edilmeyen hastaların yaş ortalamaları anlamlı olarak yüksek saptandı. Çalışmamızda hastaların 92'si (%80) erkek ve 23'ü (%20) kadın; opere edilenlerin 68'i (%80) erkek ve 17'si (%20) kadın ve opere edilmeyenlerin 24'ü (%80) erkek ve 6'sı (%20) kadındı. Tüm hastaların HI ortalaması $4,01 \pm 1,71$, opere edilenlerin HI ortalaması $4,38 \pm 1,85$ ve opere edilmeyenlerin HI ortalaması $2,99 \pm 0,37$ olarak saptandı. Opere edilen hastaların HI değerleri anlamlı olarak yüksek saptandı. Tüm hastaların CI ortalaması $\%34,99 \pm 15,02$, opere edilenlerin CI ortalaması $\%38,48 \pm 15,83$ ve opere edilmeyenlerin CI ortalaması $\%25,10 \pm 4,88$ olarak saptandı. Opere edilen hastaların CI değerleri anlamlı olarak yüksek

saptandı. Tüm grupta HI ve CI arasında güçlü düzeyde anlamlı korelasyon ($p<0.05$); opere edilen hastalarda HI ve CI arasında güçlü düzeyde anlamlı korelasyon ($p<0.05$) ve opere edilmeyen hastalarda HI ve CI arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon saptandı. Haller indeksi 3,25'in üzerinde olan hastaları 55'inin (%77,5) Cİ'si %28'in üzerinde, 16'sı (%22,5) Cİ'si %28'in altında; haller indeksi 3,25'in altında olan hastaların 5'inin (%1,4) Cİ'si %28'in üzerinde, 39'u (%88,6) Cİ'si %28'in altındaydı. Tüm grup, opere edilen ve edilmeyen hastalarda yaş'ın HI ve CI ile arasında korelasyon saptanmadı. ($p>0,05$). Opere edilen ve edilmeyen hastaların cinsiyeti ile CI değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmadı. Opere edilen hastalarda ortalama yatış süresi $6,6\pm2,7$ (Min:4, Maks:28) gün olup, yatış süresinin HI ve CI ile arasında düşük düzeyde anlamlı korelasyon gösterdiği saptandı. HI için eğri altında kalan alan (EAA) 0,835 cm² olup 3,25'lik kesim değeri için sensitivite %80 ve spesifite %76,5 olarak hesaplandı. CI için EAA 0,783 cm² olup %28'lik kesim değeri için sensitivite %83,3 ve spesifite %64,7 olarak hesaplandı. Çalışmamızda, 1 (%1,2) hastada intraoperatif komplikasyon geliştiği, 1 (%1,2) hastada yara yeri enfeksiyonu geliştiği, 1 (%1,2) hastada bar kayması olduğu görüldü. Çalışmamızda, 1 (%1,2) hastanın postoperatif 28. günde eksitus olduğu görüldü.

Sonuç: HI ve CI arasında yüksek korelasyon olduğu saptandı. Cİ'si %28 veya daha fazla olan PE'li olgularda cerrahi onarım öneriyoruz, çünkü bu değer uzun süredir kabul görmüş standartla ($HI \geq 3.25$) ciddi bir korelasyon göstermektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda ve bizim çalışmamızda deformitenin derecesine bakılmaksızın transvers olarak geniş bir göğsün HI'yi arttırdığı ve tam aksine transvers olarak dar bir göğüs çapının HI'yi azalttığı yine aynı çalışmalarda CI'nin ise denkleminde göğsün transvers genişliği yer almadığından çöküntünün derecesinin daha kesin olarak hesaplanabileceği belirtilmiştir. Literatürde yayınlanmış eski çalışmalara binaen HI'nin CI'den görüntüleme sonuçlarıyla daha üstün bir gösterge olduğu sonucuna varılmış olsa da, CI'nin pektus şiddetini bilgisayarlı tomografi görüntülemeleri neticesinde doğrudan değerlendiren ve HI'den daha uygun bir değerlendirme yöntemi olduğu tezini savunuyoruz. Tıp dünyasında PE'li hastalar üzerinde yapılan ve tüm dünya çapında kabul görmüş birçok araştırma neticesinde , CI'nin, HI'ye kıyasla gereksiz cerrahi onarım sıklığını en az %10 oranında azalttığı yönünde çalışmalar bildirilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada benzer sonuçlara ulaştık ve CI'nin PE'li hastalarda operasyon endikasyonu olarak HI ölçüm değerine kıyasla daha uygun bir kriter olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: Pektus Ekskavatum, Correction İndeks, Haller İndeks, Toraks Bilgisayarlı Tomografi.

ABSTRACT

Evaluation of the Relationship Between Conditions Index and Correction Index in Pectus Excavatum Patients

Introduction: Pectus excavatum is a frequently seen congenital deformity in the anterior wall of the rib cage. This condition is characterized by the incompatible development of cartilage tissue and bone tissue at the point where the ribs meet the sternum, resulting in the sternum collapsing inwards or creating a cavity in the anterior wall of the rib cage. Any change in the position of the sternum, either inward or outward into the rib cage, can affect the normal development of the rib cage. Pectus excavatum is usually noticed in childhood and may become evident in adolescence.

This deformity in the anterior chest wall can change the form of the rib cage to the extent that it can negatively affect respiratory and cardiac functions. Treatment often depends on the severity of symptoms and the age of the patient, and in some cases, surgical intervention may be required.

With the frequent use of the Nuss procedure, which is a minimally invasive type of surgery, correction of the pectus excavatum defect has become more common than in previous years, with the studies carried out.

Purpose: The aim of this study is to calculate the measurement values of the Haller Index (HI) and Correction Index (CI), which can be detected by thorax computed tomography, which are used to characterize the disease from the moment of application to the diagnosis of pectus excavatum patients, and to determine the relationship between them and the relationship between these values and parameters such as age and gender. To investigate whether CI measurement values have a significant correlation with HI values and whether CI can be considered as an indication for surgery.

Patients and Methods: 212 patients who applied to Çukurova University Faculty of Medicine, Department of Thoracic Surgery between 2012 and 2024 due to pectus excavatum deformity were retrospectively examined. 115 patients were included in the study. In order to examine the pectus excavatum deformity, HI and CI values were calculated separately in the preoperative thorax computed tomographies of the identified patients. Considering the pectus excavatum degrees and measurement indexes, patient groups who were operated on with the Nuss procedure and those who were not operated on were classified and the relationship between the index values was investigated.

Results: 115 patients were included in our study. 85 of the patients were operated on, and 30 patients were included in the statistical analysis as the non-operated control group. In our study, the average age of the patients was 16.6 ± 3.2 ; The average age of the operated patients was 16.2 ± 3.1 ; The average age of the patients who were not operated on was 17.7 ± 3.2 years. The average age of patients who were not operated on was found to be significantly higher. In our study, 92 (80%) of the patients were male and 23 (20%) were female; Of those who were operated on, 68 (80%) were men and 17 (20%) were women, and among those who were not operated on, 24 (80%) were men and 6 (20%) were women. The mean HI of all patients was 4.01 ± 1.71 , the mean HI of those who were operated on was 4.38 ± 1.85 , and the mean HI of those who were not operated was 2.99 ± 0.37 . HI values of operated patients were found to be significantly higher. The mean CI of all patients was $34.99 \pm 15.02\%$, the mean CI of those who were operated on was

38.48±15.83%, and the mean CI of those who were not operated was 25.10±4.88%. CI values of operated patients were found to be significantly higher. Strong significant correlation between HI and CI in the whole group ($p<0.05$); A strong significant correlation was found between HI and CI in operated patients ($p<0.05$) and a moderately significant correlation between HI and CI in non-operated patients. Of the patients with a Haller index over 3.25, 55 (77.5%) had a SA above 28%, and 16 (22.5%) had a SA below 28%; Of the patients with a state index below 3.25, 5 (1.4%) had a SA above 28%, and 39 (88.6%) had an SA below 28%. No correlation was found between age and HI and CI in the entire group, in operated and non-operated patients. ($p>0.05$). No significant difference was detected between gender and CI values of operated and non-operated patients. The average length of stay in operated patients was 6.6±2.7 (Min: 4, Max: 28) days, and it was determined that the length of stay showed a low-level significant correlation with HI and CI. The area under the curve (AUC) for HI was 0.835 cm², and the sensitivity was calculated as 80% and specificity as 76.5% for the cut-off value of 3.25. The AUC for CI was 0.783 cm², and for the cut-off value of 28%, the sensitivity was calculated as 83.3% and the specificity as 64.7%. In our study, 1 (1.2%) patient developed an intraoperative complication, 1 (1.2%) patient developed a wound infection, and 1 (1.2%) patient had a bar slip. In our study, 1 (1.2%) patient died on the 28th postoperative day.

Conclusion: A high correlation was found between HI and CI. We recommend surgical repair in cases of PE with a CI of 28% or more, as this value correlates significantly with the long-accepted standard ($HI \geq 3.25$). In various studies and in our study, a transversely wide chest increases HI, regardless of the degree of deformity, and on the contrary, a transversely narrow chest diameter decreases HI. In the same studies, the degree of depression can be calculated more precisely because the transverse width of the chest is not included in the equation of CI. stated. Although it has been concluded that HI is a superior indicator than CI based on imaging results, based on previous studies published in the literature, we argue that CI is a more appropriate evaluation method than HI, which directly evaluates pectus severity as a result of computed tomography imaging. As a result of many studies conducted on patients with PE in the medical world and accepted all over the world, studies have reported that CI reduces the frequency of unnecessary surgical repair by at least 10% compared to HI. We reached similar results in this study and we think that CI is a more appropriate criterion as an indication for surgery in patients with PE compared to the HI measurement value.

Keywords: Pectus Excavatum, Correction Index, Haller Index, Thorax Computed Tomography.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Pectus ekskavatum, halk arasında “kunduracı göğsü” olarak da bilinen, konjenital göğüs deformiteleri arasından en sık görülen formudur. Sternuma bağlı kostal kıkırdakların normalden farklı şekilde büyümesi sonucu sternumun içe veya dışa doğru itilmesi, ön göğüs deformitesinin oluşmasına neden olmaktadır. Göğüs ön duvarındaki bu deformite, erken yaşlarda inspeksiyonla fark edilebilmektedir. Genellikle ebeveynler tarafından fark edildiği ve hastaların başvuru zamanları erken çocukluk dönemine denk geldiği için hastalarda ve hasta yakınlarında da gelişebilen psikososyal problemler daha fazla olmakla birlikte hastalar, kardiyovasküler ve ek olarak da solunumsal sıkıntılar gibi şikayetlerle başvurabilmektedir. Göğüs kafesindeki bu anormal durumun tespitinde, takibinde ve tedavisinde kullanılan, literatürde tanımlanmış bazı ölçüm değerleri vardır.

Bu çalışmanın amacı, Pektus ekskavatum hastalarının tanı anından itibaren takibinde ve tedavi amacıyla yapılacak olan operasyonu belirlemekte kullanılan Haller İndeksi'nin (HI) ve Correction İndeksi'nin (CI) ölçüm değerlerinin birbirleriyle ve bu değerlerin yaş, cinsiyet gibi parametreler ile de kıyaslandığında, CI ölçüm değerlerinin operasyon endikasyonu olarak değerlendirilmeye alınıp alınamayacağını, aralarındaki anlamlı korelasyon varlığını araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

Göğüs duvarı anormallikleri, göğüs kafesinin normal yapısını etkileyen ve/veya işlevini sınırlayan herhangi bir anormallik olarak tanımlanır. Göğüs duvarı, çok katmanlı bir yapıdır; kemik kafes, kasların tutunduğu bir çerçeve oluşturur. Kemik kafes, sternum kaburgalar ve torasik omurgadan oluşur. Diafragma, göğüs kafesinin inferior sınırını oluşturur ve göğüs boşluğunu karın boşluğundan ayırır.¹ Göğüs kafesi; akciğerler, kalp ve karaciğer gibi hayati organları korur ve aynı zamanda bir solunum pompası işlevi görür. 5 ve 10 yaşlarında, göğüs boşluğunun kapasitesi yetişkin bir bireye kıyasla sırasıyla %30 ve %50'dir. Ergenlik çağı sürecindeki büyüme atağı sırasında, göğüs boşluğunun geri kalan %50'lik kapasitesi tamamlanmış olur. Bu büyüme ile birlikte olan değişiklikler, göğüs duvarı deformiteleri (GDD) yönetiminde karar verirken dikkate alınmalıdır.^{2,3} Anterior GDD, pektus ekskavatum(PE), pektus karinatum(PC), poland sendromu, sternal defektler, kaburga ve omurga anomalileri olarak beş ana kategoriye ayrılabilir. Bununla birlikte, ektopia kordis veya asfiksik torasik distrofi (Jeune Sendromu) gibi nadir görülen ancak ciddi ve hayatı tehdit edici deformiteler de mevcuttur. Aralarından PE en sık görülen deformitedir.⁴

2.1. Pektus Ekskavatum

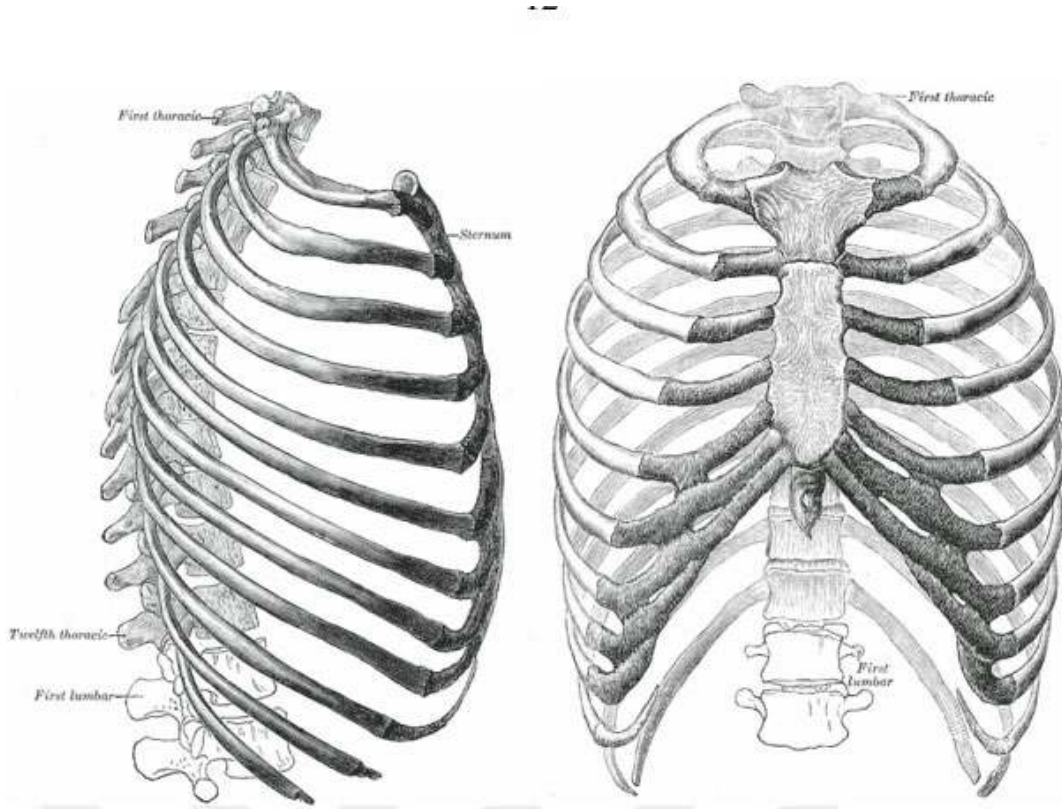
Pektus ekskavatum, göğüs duvarının en sık görülen konjenital deformitesidir ve halk arasında “kunduracı göğsü” olarak da bilinir. Bu durum, sternumun ve kaburgaların anormal bir şekilde içeri doğru çökmesi ile karakterizedir. PE, genellikle çocukluk veya ergenlik döneminde fark edilir ve zamanla belirginleşebilir.⁵⁻⁷

Genellikle birinci ve ikinci kostal kartilajlar ile manubrium normal pozisyonunda bulunurken, sternuma yapışan alt kostal kartilajlar ve sternumun gövde kısmı içe doğru çöker. Etkilenen kartilajlar içe doğru bükülmüş olsa da kostokondral bileşkenin lateralindeki kaburgalar genellikle etkilenmez.^{8,9}

Asimetrik çöküklük sıkça görülür ve genellikle sağ taraf, sol tarafa göre daha fazla çöker. PE'li birçok çocukta geniş göğüs, dorsal lordoz, öne çıkık alt kaburgalar ve kanca şeklindeki omuz deformitesi gibi karakteristik fiziksel yapılar mevcuttur.¹⁰

PE, hastaların yaklaşık %40'ında ailevi olabilir ve erkeklerde daha yaygındır; erkek/kadın oranı 3:1'dir. PE bebeklikten itibaren mevcut olabilir ancak ergenlik

döneminde daha belirgin hale gelir. PE, Marfan ve Noonan sendromlarının bir özelliği olabilir. Skolyoz ve mitral kapak prolapsusu, PE olan bireylerde genel popülasyona göre daha sık görülür. PE ayrıca, bebeklik döneminde kronik üst solunum yolu obstrüksiyonuna (örneğin, laringomalazi) bağlı olarak da gelişebilir, bu durum sternumun paradoksal hareketine neden olarak göğüs duvarının büyümesini etkiler.^{11,12}



Şekil 1. Göğüs kafesinin görünümü¹³

2.1.1. Tarihçe

PE, yüzyıllardır tıbbi literatürde tanımlanan ve bilinen bir göğüs duvarı deformitesidir. İlk olarak 16. yüzyılda anatomist Andreas Vesalius tarafından tarif edilmiştir. Vesalius, bu deformitenin anatomik özelliklerini ve fiziksel görünümünü detaylı bir şekilde belgeleyerek, PE'nin tıp dünyasında tanınmasını sağlamıştır.¹⁴

19. yüzyılda, PE'nin klinik belirtileri ve potansiyel komplikasyonları daha geniş çapta incelenmeye başlanmıştır. Özellikle, 1820'lerde Fransız cerrah Rene Laennec, PE'yi sistematik olarak tanımlamış ve bu deformitenin solunum fonksiyonları üzerindeki

etkilerini gözlemlemiştir. Laennec, PE'nin ciddi vakalarının akciğer kapasitesini sınırlayabileceğini ve kardiyopulmoner fonksiyonları etkileyebileceğini belirtmiştir.^{15,16}

19. yüzyılın başlarında, PE'nin cerrahi tedavi yöntemleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. 1911'de, Alman cerrah Ludwig Meyer, PE için ilk cerrahi düzeltme prosedürünü tanımlamıştır. Meyer'in tekniği, sternum ve kaburgaların cerrahi olarak yeniden şekillendirilmesini içermektedir.¹⁷ 1949'da Amerikalı cerrah Mark Ravitch, PE'nin cerrahi tedavisinde önemli bir adım atarak, Ravitch prosedürü olarak bilinen daha kapsamlı bir teknik geliştirmiştir. Bu yöntem, göğüs duvarındaki deformitenin düzeltilmesi için sternum ve kaburga kırıklarının çıkarılmasını ve yeniden yapılandırılmasını içermektedir.⁸

1990'lı yıllarda, minimal invaziv cerrahi yöntemlerin gelişmesiyle birlikte, PE'nin tedavisinde yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. 1998'de, Amerikalı cerrah Donald Nuss, PE'nin minimal invaziv cerrahi ile düzeltilmesi için Nuss prosedürü olarak bilinen yöntemi tanıtmıştır. Bu prosedür, sternumun altına yerleştirilen metal bar şeklindeki protezler ile göğüs duvarının dışarı doğru itildiği bir tekniktir. Nuss prosedürü, daha az invaziv olması ve daha kısa iyileşme süresi nedeniyle hızla popülerlik kazanmıştır.^{18,19}



Şekil 2. Pektus ekskavatum

2.1.2. Etiyoloji

PE ve PC'nin etiyojisi tam olarak bilinmemektedir. Patolojinin temelinde kıkırdak gelişimindeki bozukluk yatmaktadır. Günümüzde en çok kabul edilen görüş, alt kostal kıkırdak ve kaburgaların anormal ve uyumsuz büyümesi sonucu sternumun anterior veya posteriora doğru yer değiştirmesidir. Diğer göğüs duvarı deformitelerinde, sorunun gebelik sırasında kan temini ve yetersiz beslenme gibi patolojilerle ilgili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca GDD'nin, genetik sendromlarla ilişkili olabileceği de bilinmektedir. Genetik geçiş kanıtlanmamış olmasına rağmen, çoğu vakada ailesel bir ilişki bildirilmiştir.^{20,21}

PE hastalarında yapılan araştırmalar, kaburga kıkırdağının gen ekspresyonunun mikroarray profillemesi ile çeşitli kollajen genlerinin (COL9A2, COL2A1, COL9A1, vb.) upregülasyonunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, kıkırdak aşırı büyümesinin yaygın etiyojisi ile uyumludur. Ayrıca, doku yeniden modellemesinde matris metaloproteinazların downregülasyon yaptığı öngörülmüştür. Mikroarray ekspresyon sonuçlarına göre, istatistiksel olarak en fazla etkilenen kromozomlar 12, 2 ve 6 numaralı kromozomlardır. En önemli kromozomal bölgenin ise 19p13.3-q13.2 olduğu düşünülmüş ve en önemli gen-hastalık grubu olarak metabolik hastalıklar tanımlanmıştır. Mikroarray ekspresyon verileri, gerçek zamanlı RT-PCR (Reverse Transcriptase-Polymerase Chain Reaction) ile doğrulanmıştır.^{2,22,23}

PE'nin kollajen gen transkripsiyonunu inhibe ettiği bilindiğinden, PE örneklerinde tümör nekroz faktörü-alfa'nın (TNF- α) çeşitli izoformlarının aşağı düzenlenmesi beklenmektedir.²⁴ Ekstrasellüler matriks reseptör etkileşimi ve fokal adezyon yolakları, gen ekspresyonunda en önemli değişiklikleri gösteren biyolojik süreçler olarak tanımlanmıştır. PE dokularında yukarı düzenlenen filamin, hücre adezyonu da dahil olmak üzere birçok hücre işlevinde merkezi rol oynayan çeşitli proteinlerle etkileşime girer. Bu nedenle, disfonksiyonel filamin ekspresyonu iskelet ve kardiyovasküler bozukluklarla ilişkilidir.^{25,26}

Tablo 1. Pekstus ekskavatum ve pektus karinatum ile ilişkili sendromlar^{27,28}

Sıklıkla	Nadiren
Aarskog sendromu	Down sendromu
Coffin-Lowry sendromu	Hallermann-Streiff sendromu
Homosistinüri	Holt-Oram sendromu
Spondilometafizyal displazi Kozlowski tipi	Lowe sendromu
Marfan sendromu	Mietens sendromu
Marinesco-Sjögren sendromu	Mohr sendromu
Melnick-Needles sendromu	Proteus sendromu
Morquio sendromu	Robinow sendromu
Mukopolisakkaridoz tip 7	Ruvalcaba-Myhre sendromu
Multiple Lentiginous/Neuroma sendromu	Tricho-rhinophalangeal sendromu
Noonan sendromu	Williams sendromu
Osteogenezis imperfekta tip 1	49,XXXXY sendromu
Otopalatodigital sendrom tip 1 ve 2	
Parsiyel trizomi 10q sendromu	
Ruvalcaba sendromu	
Schwartz-Jampel sendromu	
Spondiloepifizyal displazi konjenita	
Turner sendromu	
XYY sendromu	
18p delesyon sendromu	

2.1.3. Epidemiyoloji

PE, yaklaşık her 300-400 doğumda bir görülür. Bu da PE'yi en yaygın doğuştan gelen göğüs duvarı deformitesi yapmaktadır. Görülme sıklığı, farklı popülasyonlar arasında küçük değişiklikler gösterebilir, ancak genel olarak dünyada görülme sıklığı benzer oranlardadır.²¹

PE, erkeklerde kadınlara oranla daha sık görülmektedir. Erkek/kadın oranı yaklaşık 3:1 olarak rapor edilmiştir. Bu cinsiyet farkının nedenleri tam olarak bilinmemekle birlikte, genetik ve hormonal faktörlerin rol oynadığı düşünülmektedir.²⁹

PE'nin coğrafi dağılımı, dünya genelinde benzer oranlarda olmakla birlikte, bazı çalışmalarda Asya kökenli bireylerde biraz daha yüksek prevalans bildirilmiştir. Bununla birlikte, PE'nin yaygınlığı üzerinde etnik veya coğrafi farklılıkların belirgin etkileri olup olmadığı konusu halen araştırılmaktadır.³⁰

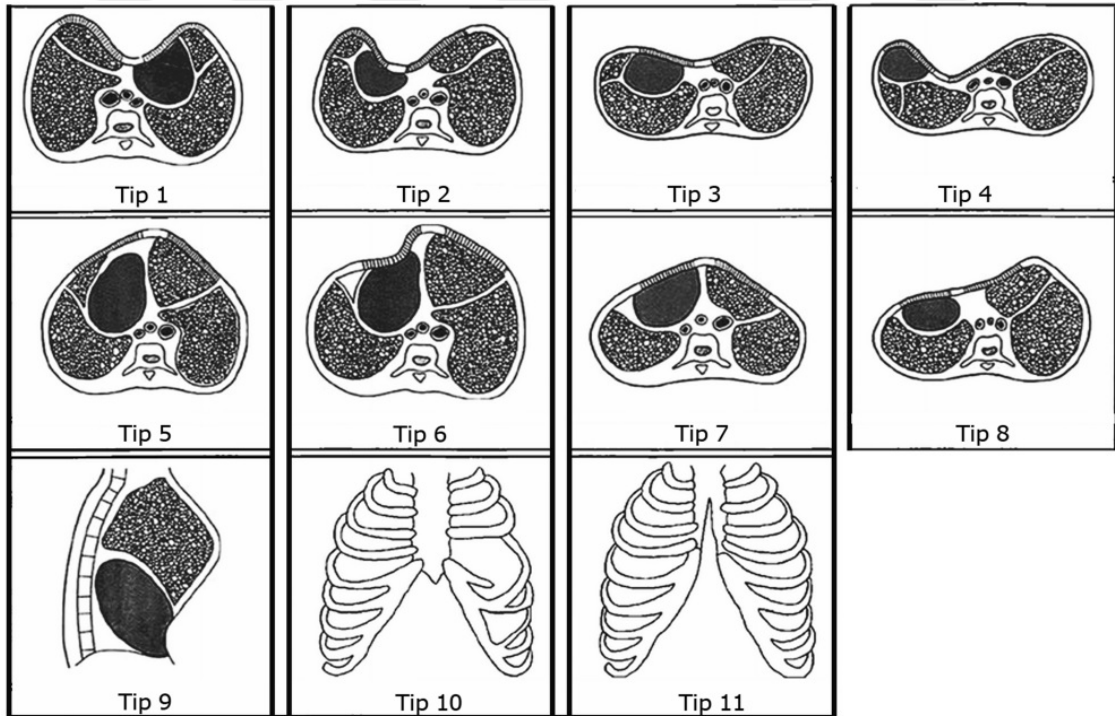
2.1.4. Klinik

Çoğu hasta asemptomatiktir. En yaygın semptomlar, eforla ortaya çıkan nefes darlığı ve göğüs ağrısıdır.^{10,16} Göğüs duvarı deformitesi hastalarında genellikle intratorasik organlarda hayatı tehdit eden fonksiyonel bozukluklar görülmez, ancak nadiren kardiyopulmoner patolojilerle karşılaşılabilir. Deformite genellikle çocukluk

döneminde görünür hale gelir ve zamanla daha belirgin olur. Bazı hastalarda, deformiteler yaş ilerledikçe gerileyen bir seyir gösterebilir. Çoğu zaman, tanı için fizik muayene yeterlidir.^{12,31} Hastalar, eşlik eden bulgulara göre ek testlerle değerlendirilir. Göğüs duvarı deformiteleri simetrik, asimetrik veya kombine olabilir. Hastalar, göğüs duvarı deformitelerini morfolojik yapıya göre 11 gruba ayıran Willital ve arkadaşlarının sınıflamasına göre sınıflandırılır.³²

Tablo 2. Willital sınıflandırması³³

Tip	Tanım
1	Simetrik Pektus Ekskavatum, Normal konfigürasyonda toraks
2	Asimetrik Pektus Ekskavatum, Normal konfigürasyonda toraks
3	Simetrik Pektus Ekskavatum, Platitoraks ile birlikte
4	Asimetrik Pektus Ekskavatum, Platitoraks ile birlikte
5	Simetrik Pektus Karinatum, Normal konfigürasyonda toraks
6	Asimetrik Pektus Karinatum, Normal konfigürasyonda toraks
7	Simetrik Pektus Karinatum, Platitoraks ile birlikte
8	Asimetrik Pektus Karinatum, Platitoraks ile birlikte
9	Pektus Ekskavatum ve Pektus Karinatum kombinasyonu
10	Göğüs duvarı aplazi veya hipoplazisi
11	Sternal kleft defektleri



Şekil 3. Willital sınıflandırması

Pektus ekskavatum (PE), fiziksel sağlık üzerinde belirgin etkileri olmasının yanı sıra, hastaların psikososyal durumları üzerinde de önemli etkiler yaratabilir. PE'li bireyler, göğüs duvarlarındaki görünür deformitenin neden olduğu duygusal ve sosyal sorunlarla karşı karşıya kalabilirler.^{10,34,35}

PE, göğüs duvarındaki belirgin çöküklük nedeniyle vücut imajı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Hastalar, özellikle ergenlik döneminde ve genç yetişkinlikte, fiziksel görünümüne karşı daha hassas olabilirler. Bu deformite, bireylerin benlik saygısını olumsuz yönde etkileyebilir ve kendilerini toplum içinde daha az çekici veya daha az kabul edilebilir hissetmelerine neden olabilir. Sosyal kaygı, arkadaşlık ilişkilerinde ve sosyal etkileşimlerde zorlanmalara neden olabilir, bu da sosyal izolasyon ve yalnızlık duygularını artırabilir. Vücut imajı ve sosyal kaygı ile ilişkili olarak, PE'li hastalar depresyon ve anksiyete belirtileri gösterebilirler. Fiziksel deformitenin sürekli hatırlatılması ve toplumsal normlara uyma baskısı, bu duygusal durumların gelişimine katkıda bulunabilir.^{36,37}

2.1.5. Teşhis

PE teşhisinin ilk adımı, hastanın öyküsünün alınması ve fizik muayenesinin yapılmasıdır. Fizik muayene sırasında, sternumun içeri doğru çöküklüğü ve kaburgaların bu çöküklüğe eşlik eden şekil bozukluğu gözlemlenir. Hastanın göğüs yapısı simetrik veya asimetrik olabilir ve deformitenin derecesi muayene sırasında değerlendirilir. Çok hafif düzeydekiler hariç olgulara inspeksiyonla kolayca teşhis koyulabilir.³⁸

PE'nin kardiyopulmoner fonksiyonlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek için ekokardiyografi ve solunum fonksiyon testleri kullanılabilir. Ekokardiyografi, kalbin yapısını ve işlevini değerlendirir ve PE'nin kardiyak yapılar üzerindeki baskısını belirlemeye yardımcı olur. Solunum fonksiyon testleri ise, PE'nin akciğer kapasitesi ve solunum fonksiyonları üzerindeki etkilerini ölçer.³⁹

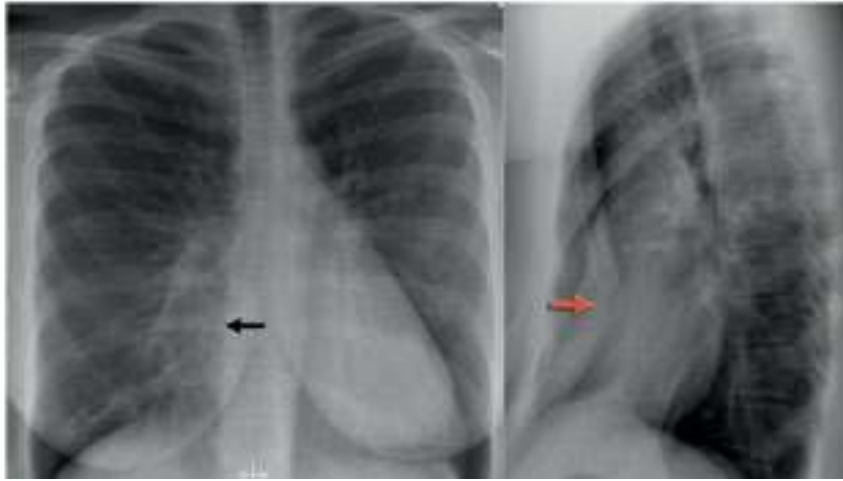
Spirometri, PE'li hastaların solunum fonksiyonlarını değerlendirmek için önemli bir araçtır. Bu test, PE'nin akciğer kapasitesi üzerindeki etkilerini belirlemeye ve tedavi planını oluşturmaya yardımcı olur. PE'li hastalarda spirometri genellikle restriktif bir solunum paternini gösterir. Bu, akciğerlerin tam olarak genişleyemediğini ve toplam akciğer kapasitesinin azaldığını gösterir. Ancak, spirometri sonuçları hastadan hastaya

değişebilir ve deformitenin şiddetine bağlıdır. PE'li hastalarda göğüs kafesinin içe doğru çökmesi, akciğerlerin tam olarak genişlemesini engelleyebilir ve bu da FVC değerinde azalmaya yol açar. PE'li hastalarda FEV1 değeri normal olabilir ancak FVC'deki azalma nedeniyle FEV1/FVC oranı genellikle normal veya artmıştır.⁴⁰

Egzersiz stres testi, PE'li hastaların fiziksel aktivite sırasında orataya çıkan semptomları belirlemek için kullanılabilir. 6 dakika yürüme testi ve benzer testler hastaların preoperatif veya postoperatif dönemde egzersiz kapasitelerini takip etmek için faydalı olabilmektedir. Bu testler, hastanın egzersiz kapasitesini ve dolaylı olarak PE'nin kardiyopulmoner sistem üzerindeki etkilerini belirlemeye yardımcı olur.⁴¹

2.1.5.1. Görüntüleme Yöntemleri

Göğüs röntgeni, PE'nin ilk değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan basit ve hızlı bir görüntüleme yöntemidir. Röntgen, sternumun içeri doğru çöküklüğünü ve kaburgaların pozisyonunu gösterir. Bu yöntem, deformitenin genel bir görüntüsünü elde etmek ve tanıyı doğrulamak için kullanılır.⁴²



Şekil 4. Örnek vaka: PE'nin posteroanterior ve lateral x-ray filmlerindeki görüntüsü

En sık kullanılan radyolojik görüntüleme yöntemi ise toraks bilgisayarlı tomografisidir (TBT). TBT, göğüs kafesinin kantitatif ölçümlerini sağlayarak cerrahlara operasyon öncesinde değerli bilgiler sunar. TBT ile ölçülen çeşitli indeksler hastalığın tanı ve tedavisinde yardımcı olmaktadır.^{43,44}



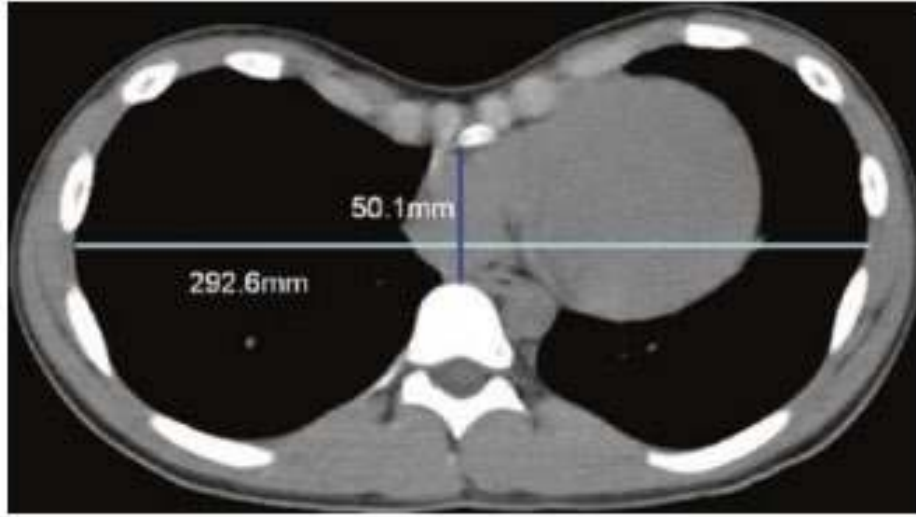
Şekil 5. Örnek vaka: Pektus ekskavatum hastasının akciğer bilgisayarlı tomografi görüntüsü

2.1.5.1.1. Haller indeksi

Haller İndeksi, cerrahi düzeltme adaylarını belirlemek için altın standart olarak kabul edilmektedir. Haller ve meslektaşlarının raporuna göre, cerrahi düzeltme gerektiren hastaların neredeyse tamamı en az 3.25 değerinde bir HI'ye sahipti.^{45,46} Bazıları, göğüs duvarının ön-arka ile yan-yan boyutları arasında belirgin farklılıklar olan hastalarda HI'nin PE şiddetini doğru bir şekilde yansıtmayabileceğini öne sürmüştür.⁴⁷ Özellikle, HI pektus deformitesinin derecesini göğüs kafesinin genişliği ile karşılaştırdığı için, geniş veya dar göğüsleri olan hastalarda bu veriler karışıklık yaratabilmektedir.

Tablo 3. Haller indeksine göre pektus sınıflaması⁴⁸

Kategori	Değer
Normal Göğüs	< 2.0
Hafif Ekskavatum	2.0- 3.2
Orta Ekskavatum	3.2- 3.5
Şiddetli Ekskavatum	> 3.5



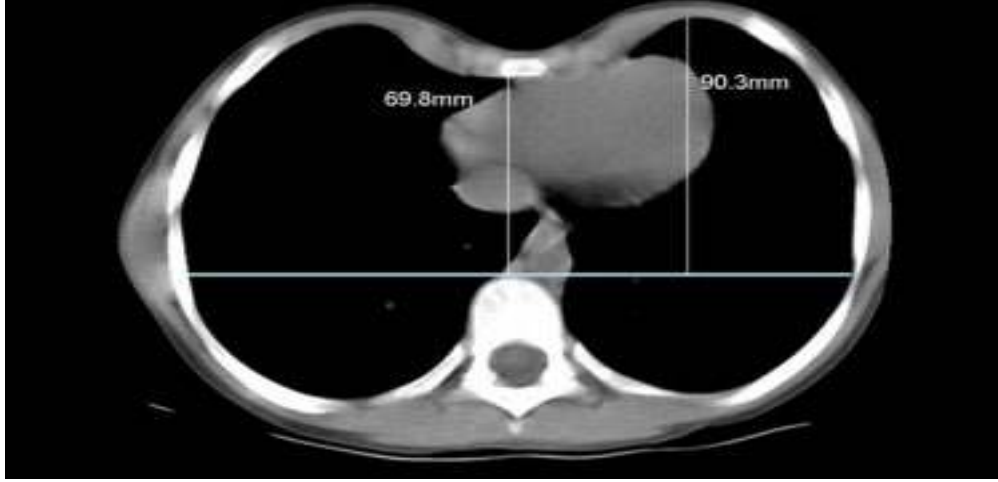
Şekil 6. Örnek bir Haller indeksi hesaplaması. Bu olguda Haller İndeksi = $292.6/50.1 = 5.85$

2.1.5.1.2. Correction indeksi

Correction İndeksi, PE'nin şiddetini ve cerrahi düzeltme gereksinimini belirlemek için kullanılan bir ölçüm yöntemidir. Bu indeks, normal sternum pozisyonunun mevcut sternum pozisyonuna oranı olarak tanımlanır. Deformitenin derecesini ve göğüs kafesinin anatomik yapısındaki bozulmayı objektif bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olur. CI, PE'li hastalarda deformitenin görsel ve fonksiyonel etkilerini daha iyi anlamak ve uygun tedavi stratejilerini belirlemek için cerrahlar ve klinisyenler tarafından kullanılır.^{47,49}

CI, bir sonraki cümlede tanımlanacak olan iki mesafe arasındaki farkın bu mesafelerden uzun olanına bölünüp, yüzde hesabının yapılmasıyla ölçülür. Bu mesafeler sırasıyla; sternumun en derin noktasının posteriorundan, vertebra korpusunun anteriorundaki horizontal düzleme dikey mesafesi(a), göğüs kafesinin en ön kısmından vertebra korpusu anteriorundan geçen horizontal düzleme olan dikey mesafedir(b). Hesaplama ise $[(b-a)/b] \times 100$ şeklindedir (Şekil 7). Bu hesaplama, PE'nin cerrahi müdahale gerektirip gerektirmediğini belirlemede önemli bir rol oynar. Yüksek Correction İndeksi değerleri, daha ciddi deformiteleri ve cerrahi müdahale gereksinimini işaret eder.⁵⁰

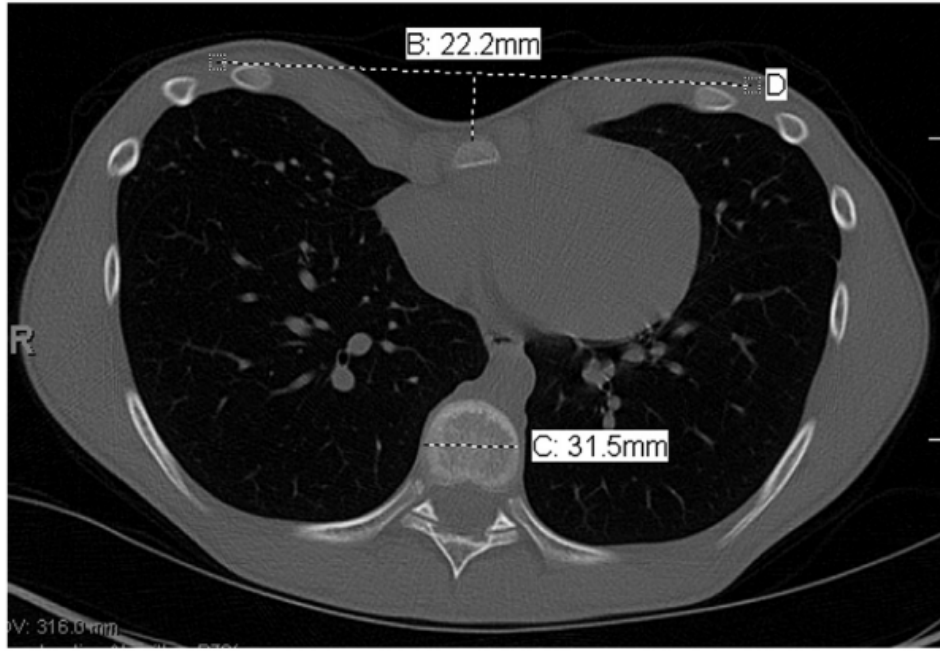
CI, PE'nin şiddetini ve cerrahi müdahale gereksinimini belirlemede klinik olarak önemli bir araçtır. Bu indeks, PE'li hastaların tedavi planlamasında cerrahlar ve klinisyenler için yol gösterici bir rol oynar. Correction İndeksi, deformitenin objektif bir değerlendirmesini sağlar ve bu sayede hastaların en uygun tedavi seçeneklerine yönlendirilmesine yardımcı olur.⁴⁶



Şekil 7. Bir Olguda Correction indeks hesaplanması. $\text{Correction Index} = (90.3 - 69.8) / 90.3 \times 100\% = 22.7\%$

2.1.5.1.3. Depresyon indeksi

Depresyon indeksi hesaplaması 2014 de tariflenmiş olup, BT taramasında sternumun maksimum çökme noktasını belirleyerek ve en öndeki kaburgalar boyunca bir çizgi çizilip, bu sanal hattın sternuma olan mesafesinin, omurga gövdesinin çapına oranıyla hesaplanır. Bu indekste, bir kişinin boyutuna göre normalize etmeye yardımcı olmak ve yumuşak doku kalınlığının değişkenliğini dengelemek için omur gövdesi çapı kullanılır. Sternumun en derin yerinin orta noktasından, bu en önde kaburgalar boyunca çizilen çizgiye dik olarak bir ölçüm yapılır ve daha sonra o seviyedeki omur gövdesinin enine çapına bölünür(Şekil 8).^{50,51}



Şekil 8. Örnek vaka: Depresyon İndeksi (DI) = $22.2 / 31.5 = 0.70$

2.1.6. Tedavi

Göğüs duvarı deformiteleri konservatif veya cerrahi yöntemlerle tedavi edilebilir. Konservatif yöntemler arasında vakum, ortez ve çeşitli korseler yer almakta olup, son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Konservatif tedavilerde, cerrahiye kıyasla erken yaşlarda daha iyi sonuçlar elde edilir. Cerrahi tedaviler ise kapalı veya açık cerrahi şeklinde olup, hastaya en uygun şekilde planlanmalıdır. Tedavi yaşı konusunda farklı görüşler bulunmakla birlikte, erken yaşlarda başlamak avantajlıdır. 10-16 yaş aralığı, cerrahi için en uygun yaş olarak kabul edilmektedir.^{52,53}

Günümüzde PE cerrahisinde en çok tercih edilen yöntem, Amerikalı çocuk cerrahı Nuss tarafından geliştirilen ve diğer cerrahlar tarafından modifiye edilen minimal invaziv PE onarımıdır. PC'de ise, Arjantinli göğüs cerrahı Abramson ve ekibi tarafından geliştirilen minimal invaziv PC cerrahisi bugün için idealdir.⁵⁴ Asimetrik deformitelerin bulunduğu bazı PE veya PC vakalarında, Ravitch yöntemi olarak bilinen açık cerrahi teknik gerekebilir.

2.1.6.1. Ravitch Yöntemi

Ravitch tekniği, pektus ekskavatum ve pektus karinatum gibi göğüs duvarı deformitelerinin cerrahi onarımında kullanılan klasik bir yöntemdir. İlk olarak 1949

yılında Amerikalı cerrah Mark M. Ravitch tarafından tanımlanmıştır. Bu teknik, göğüs duvarının deformitesini düzeltmek için kaburgaların kıkırdak bölümlerinin çıkarılması ve sternumun yeniden şekillendirilmesi esasına dayanır.^{55,56} Ravitch yöntemi basamakları şu şekildedir:

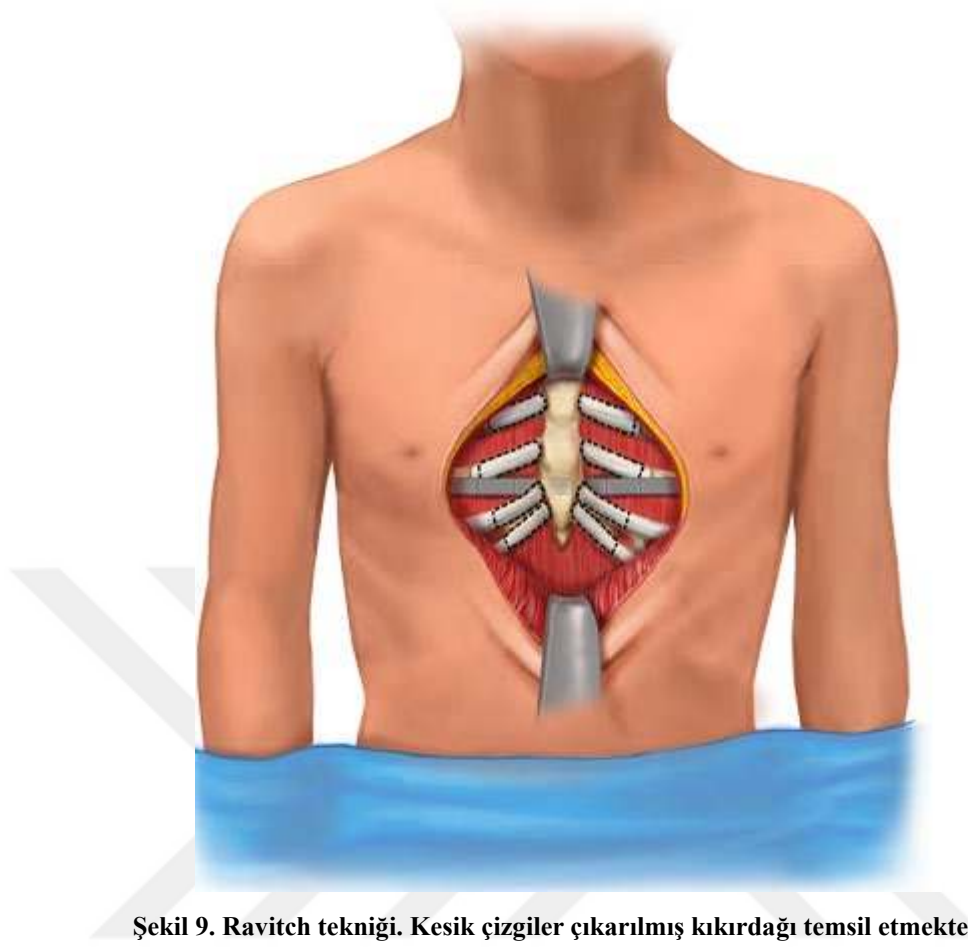
1. Ravitch tekniğinde, bilateral submammaryan mesafeye ilerleyen yatay veya sternum üzerinde dikey bir orta hat insizyonu yapılır. Deformitenin uzun aksına paralel olarak yapılan bu insizyon, cerrahi alanın iyi bir şekilde görülmesini sağlar. Sternum uzun aksına paralel olan deformitelerde orta hat insizyonu tercih edilirken, özellikle ergenlik sonrası kadın hastalarda kozmetik nedenlerle submammaryan yatay insizyon yani omega insizyonu tercih edilebilir.^{57,58}

2. İnsizyon yapıldıktan sonra, cilt ve cilt altı dokular geçilerek sternuma ulaşılır. Pektoral kaslar, orta hattın yanlara doğru keskin ve küt diseksiyonla deforme kıkırdaklar üzerinden ayrılır. Kıkırdak kostaların üzeri tamamen açılır ve perikondriyumlar kıkırdak kostalar üzerinde uzun eksene paralel olarak kesilir. Kıkırdak kostalar subperikondriyal olarak rezeke edilir, bu yöntem pnömotoraks riskini azaltır. Lateralde kostokondral bileşkede kısa bir kartilaj dokusu bırakılması önerilir, çünkü bu doku kıkırdakların uzunlamasına büyümesinde etkilidir.⁵⁹

3. Sternoksifoidal eklem ve subksifoidal ligament kesilerek ksifoid rezeke edilir. Sternumun alt kısmı serbestleştirilir ve sternumun arka kısmı parmak diseksiyonu ile mediastenden ayrılır. Sternumun üzerinde deformitenin başladığı ve bittiği yerlerden birer kama (wedge osteotomi) çıkarılarak sternum düzeltilir. Daha sonra perikondriyumlar gergin bir şekilde kapatılarak sternum stabilize edilir.

4. Sternumun stabilizasyonu için paslanmaz çelik, metal plaka, plastik veya metal vidalar, marleks mesh, absorbe edilebilir materyaller ve otolog kemik-kıkırdak dokular kullanılır. Mediasten ve cilt altına dren konulur. Pektoral kaslar orta hatta birbirlerine ve rektus kasına dikilerek sternum üzeri kas dokusu ile kapatılır.^{60,61}

Ravitch tekniğinde kullanılan yöntemler ve materyaller zaman içinde modifiye edilmiştir. Başlangıçta kullanılan Kischner teli, daha sonra sternum arkasına yerleştirilmiştir. Kischner telinin uçları, hastanın konforunu azaltabilir, ancak çıkarılması için ikinci bir ameliyat gerektirmemesi avantaj sağlar.⁶²



Şekil 9. Ravitch tekniği. Kesik çizgiler çıkarılmış kıkırdaki temsil etmektedir.

2.1.6.2. Nuss Tekniği

Nuss tekniğinin en büyük avantajı, minimal invaziv bir yaklaşım sunarak ameliyat sonrası daha az ağrı ve daha hızlı iyileşme sağlamasıdır. Ayrıca, estetik olarak daha az iyileşme skarı bırakır. Ancak, kullanılacak olan nikel-çelik alaşımdan imal edilen ‘‘minimally invasive repair for pectus excavatum’’(MIRPE) barının yerleştirilmesi ve çıkarılması sırasında bazı riskler ve komplikasyonlar da mevcuttur. Bu komplikasyonlar arasında barın yer değiştirmesi, enfeksiyon ve nadiren de olsa pnömotoraks bulunabilir.⁶³

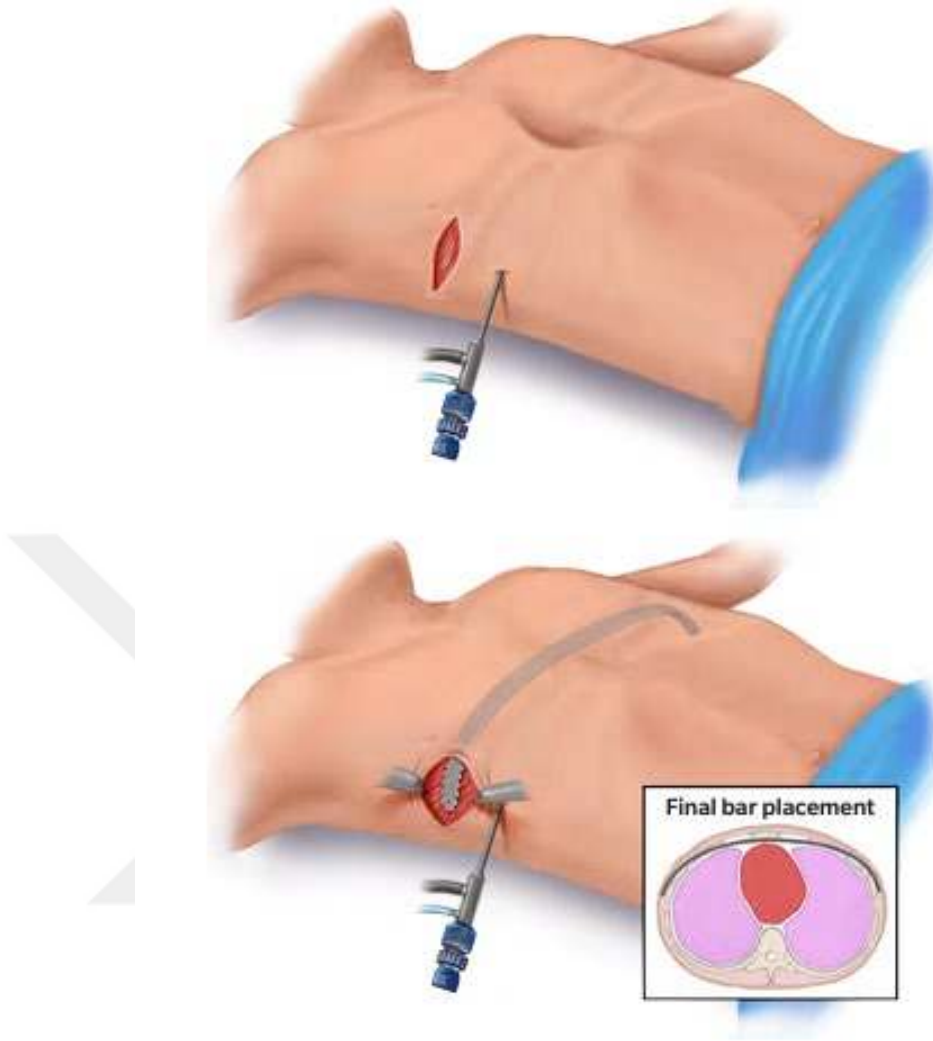
Hasta, sağ göğüs bölgesine geniş bir erişim sağlamak amacıyla kolları uzatılmış olarak sırt üstü pozisyonda yerleştirilir. Çift lümen tüp veya kısa süreli apne veya CO2 insuflasyonu ile tek lümen tüp kullanılabilir. Tüm göğüs bölgesi antiseptik ile boyanır ve steril bir alan hazırlanır.⁶⁴

Yarı esnek bir boyutlandırma şeridi, yerleştirilecek MIRPE barı için bir şablon olarak hazırlanır. Barın yerleştirileceği seviye belirlenir ve cilt üzerine işaretlenir. Erkeklerde genellikle meme ucu seviyesinde veya bir interkostal boşluk altında,

kadınlarda da genelde eşdeğer seviyede olur. MIRPE barı, şablon kullanılarak daha önceden bükülür ve barın görsel olarak doğruluğu kontrol edilir.⁶⁵

Sağ akciğerin izole edilmesinin ardından, 5 mm'lik bir torakoskop ön aksiller hatta meme ucundan birkaç kosta aşağısında sağ plevral boşluğa yerleştirilir ve yerleştirme işlemi görselleştirilir. Barın giriş yeri için sağ göğüs tarafında genellikle midaksiller hatta yaklaşık 3 cm'lik yeni bir insizyon yapıp cilt, ciltatlı ve kas dokular geçilerek öncesinde işaretlenen introducer giriş yerine kadar tünel açılır, aynı işlem sol tarafa da yapılır. Introducer, sağ tarafta açılan tünel boyunca geçirilerek ilerletilir. Öncesinde işaretlenerek belirlenen interkostal aralıktan toraks içerisine, introducer ile girilir. Video rehberliği altında introducer ile ön mediastende substernal bir tünel yapılır. Introducer, substernal tünel içerisinden ilerletilip sol tarafta belirlenen interkostal aralıktan çıkartılarak sol taraftaki insizyon üzerinden göğüs dışına çıkarılır ve cerrah ile asistan tarafından hafifçe yukarı çekilerek deformite azaltılıp, ikinci bir bar kullanılıp kullanılmayacağı hususunda karar verilir.⁶⁶

Bir extrafor, introducer'ın çıkış ucuna bağlanır, extraforun diğer ucu daha önce şekil verilen MIRPE barının sağ ucuna bağlanır ve bu şekilde introducer yardımıyla önce extrafor sağa doğru çekilir. Sonrasında, konveks yüzü posteriora bakacak şekilde daha önceden kısmen bükülmüş MIRPE barının sağ ucu, sol taraftan sol hemitoraksa yerleştirilir, sternal tünel içerisinden görüntüleme eşliğinde sağ tarafa extrafor yardımıyla ilerletilerek sağ taraftan çıkartılır. Geçiş tamamlandıktan sonra MIRPE barı, bar döndürücü aletler kullanılarak 180 derece döndürülür ve MIRPE barının uçları nihai olarak şekillendirilir. Döndürme işlemi sonrası çift veya tek taraflı stabilizatör kullanılarak bar sabitlenir.⁶⁷



Şekil 10. Nuss tekniği

2.1.6.3. Nuss Tekniği Avantajları

Nuss tekniği, geleneksel “açık” cerrahi seçeneklere kıyasla daha az invaziv bir yöntem sunar. Bu prosedürün başlıca faydaları arasında daha kısa ameliyat süresi, daha az kan kaybı, daha küçük ve daha az görünür insizyonlar yer alır. Ayrıca, bu yöntemde kıkırdak veya kaburga parçaları çıkarılmadığından, hastanın göğüs kafesi ve kaburgaları doğal olarak büyüyüp kendini onarabilir. Bu faydaların birleşik etkisi, hastanın vücudunun diğer açık cerrahi seçeneklere göre daha az travmaya maruz kalması anlamına gelir. Nuss tekniği, pektus ekskavatum tedavisinde geniş kabul gören etkili bir yöntemdir.^{68,69}

a. Solunum Fonksiyonları

Nuss tekniği sonrası, destek çubuğu çıkarılan hastalarda “Zorlu Ekspiratuar Hacim 1. Saniyede” (FEV1) testi ile akciğer kapasitesinde belirgin iyileşmeler gözlenmiştir.⁷⁰ Bu veriler, bu hastaların akciğer fonksiyonlarının, pektus ekskavatum öyküsü olmayan sağlıklı bireylerle benzer veya eşdeğer olduğunu göstermektedir. Bu durum, Nuss tekniği ile tedavi edilen hastaların akciğerlerinin daha fazla hava transfer edebileceği ve daha verimli çalışabileceği anlamına gelir.⁷¹

b. Kardiyak Fonksiyona Etkileri

Kalp fonksiyonu, belirli testlerle değerlendirilir ve bu testlerin sonuçları sağlıklı bireylerin referans değerleriyle karşılaştırılır. Pektus ekskavatumun cerrahi düzeltilmesi, belirli kalp fonksiyon değerlerinde iyileşme sağlayabilir. Örneğin, maksimum kalp indeksi, atım hacmi indeksi ve oksijen ve nabız gibi ölçümler bu ameliyat sonrası iyileşme gösterir. Bu iyileşmeler, hastaların egzersiz sırasında daha fazla dayanıklılık, daha az yorulma ve spor aktivitelerine daha uzun süre katılabilme gibi faydalar sağlar.^{19,72}

c. Nüks Oranı

Nuss tekniği ile yapılan düzeltici cerrahide deformitenin tekrarlama oranı %2’nin altındadır. Bu, yüksek başarı oranı ve düşük tekrarlama şansı, Nuss tekniğinin önemli bir avantajıdır.⁷³

d. Yaşam Kalitesi ve Hasta Memnuniyeti

Nuss tekniği, fiziksel faydalarının yanı sıra hastaların yaşam kalitesini de artırır. Ameliyat sonrası görünümünden memnuniyet, özgüven artışı, spor aktivitelerine daha fazla ilgi ve genel memnuniyet gibi insan odaklı sonuçlar önemlidir. Klinik araştırmalar, ameliyat sonrası hasta memnuniyetinin yüksek olduğunu ve ebeveynlerin yaklaşık %82’sinin çocuklarının ameliyat sonuçlarından “memnun” veya “çok memnun” olduğunu düşündüğünü göstermektedir.⁷⁴ Bu sonuçlar, Nuss tekniğinin komplikasyonlar olmaksızın yüksek hasta memnuniyeti sağladığını göstermektedir.⁷⁵

Her iki prosedür de günümüzde kullanılmaya devam etmektedir, ancak aralarındaki doğru karşılaştırmalar literatürde az sayıdadır. Ameliyat sonrası komplikasyonlar, kardiyovasküler ve pulmoner fonksiyonlardaki değişiklikler ve iyileşme süresi göz önüne

alındığında, bu karşılaştırmalara duyulan ihtiyaç açıktır. Bu durum, hasta sonuçlarını karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır. Pektus ekskavatum onarımı başlangıçta ergenlik öncesi çocuklarda kullanılmak üzere tasarlanmış olmasına rağmen, günümüzde ergenler ve yetişkinlerde de sıkça kullanılmaktadır. Pnömotoraks, hemotoraks ve yara yeri enfeksiyonları gibi spesifik komplikasyonları incelemek, veri eksikliği ve verilerin düşük kalitesi nedeniyle zor olmuştur. Çoğu klinikte sadece bir tür teknik kullanarak pektus ekskavatum onarımı gerçekleştirmektedir, bu da doğrudan karşılaştırmayı daha da zorlaştırmaktadır.⁷⁶

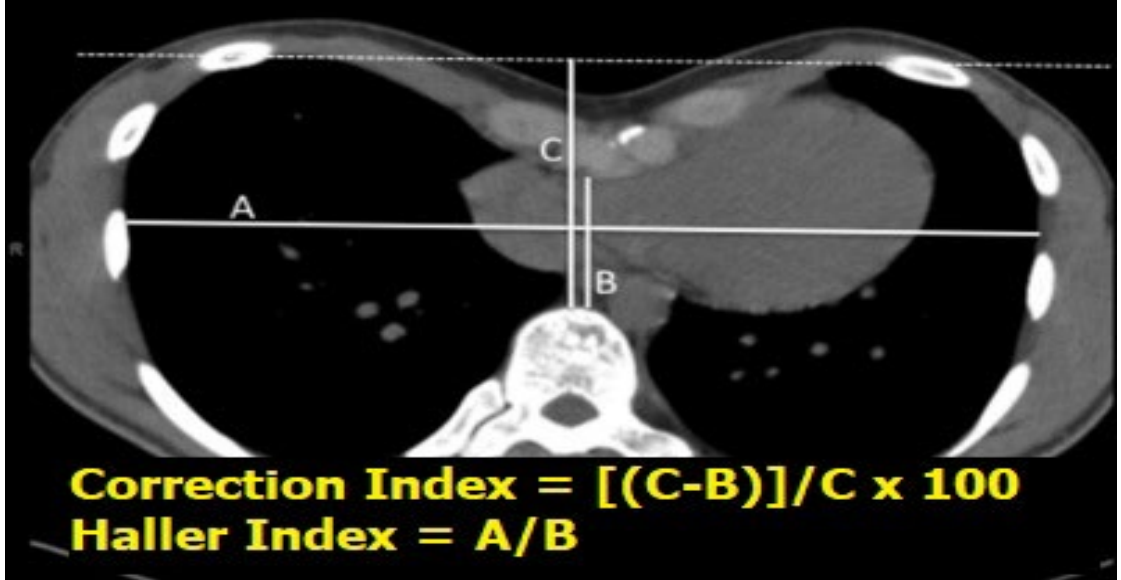


Şekil 11. Nuss tekniği ile cerrahi yapılmış PE hastanın preoperatif ve postoperatif görünümü

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Hastanesi Göğüs Cerrahisi kliniğinde 2012 – 2024 yılları arasında, pektus ekskavatum tanısı almış olup, minimal invaziv cerrahi operasyon şekli olan Nuss prosedürü ile opere edilen ve cerrahi uygulanmayan toplamda 212 hasta retrospektif olarak tarandı. 97 hasta, preoperatif bilgisayarlı tomografi sonuçlarına erişilemediğinden dolayı çalışma dışı bırakıldı. 85 hasta nuss prosedürü ile opere edilen hastalar grubu ve 30 hasta opere edilmeyen hastalar grubu olarak istatistiki analize alındı.

Retrospektif bir çalışma neticesinde hastaların dosyaları incelenerek, başvuru anından itibaren yapılan tetkikleri incelendi. Hastane bilgi yönetimi sistemi üzerinden operasyon öncesi bilgisayarlı tomografi görüntüleri incelenerek HI ve CI ölçüm değerleri hesaplandı. Her bir hastanın yaş, cinsiyet, cerrahi uygulanıp uygulanmadığı, hastanede kalış süresi, opere edilen hastalarda cerrahi sonrası komplikasyon gelişip gelişmediği araştırıldı.



Şekil 12. Çalışmamızda kullandığımız index değerlerinin hesaplanması.

Haller indexi sternumun en deplase olduğu noktadan torasik vertebraların gövde kısmının anterioruyla arasındaki mesafenin (B) göğüs kafesinin enine en uzun olduğu mesafeye (A) oranıyla hesaplandı (A/B). CI, bir sonraki cümlede tanımlanacak olan iki mesafe arasındaki farkın bu mesafelerden uzun olanına bölünüp, yüzde hesabının yapılmasıyla ölçüldü. Bu mesafeler sırasıyla; sternumun en derin noktasının posteriorundan, vertebra korpusunun anteriorundaki horizontal düzleme dikey mesafe (B) ve göğüs kafesinin en ön kısmından vertebra korpusu anteriorundan geçen horizontal düzleme olan dikey mesafedir (C). Hesaplama ise $[(C-B)/C] \times 100$ şeklindedir (Şekil 12).

3.1. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22.0 paket programı kullanıldı. Kategorik ölçümler sayı ve yüzde olarak, sürekli ölçümler ortalama ve standart sapma, gerekli yerlerde medyan (ortanca) ve minimum-maksimum olarak özetlendi. Kategorik ifadelerin karşılaştırılmasında Ki-kare testi kullanıldı. Niceliksel verilerin dağılımları Kolmogrov Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılım göstermeyen parametrelerde ikili grup analizleri Mann Whitney U testi ile çözümlendi.

Hastaların HI ve CI değerlerinin, operasyon yapılma durumunu kestirmedeki gücünü ifade eden eğri altında kalan alan (EAA) hesaplamasıyla Receiver Operating Characteristic (ROC) analizi kullanıldı. ROC analizi sonucunda her bir değişken için eşik değer belirlenerek söz konusu noktalardaki duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplandı. Sürekli ölçüm parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde, Spearman's rho korelasyon testi kullanıldı. Tüm testlerde istatistiksel önemlilik düzeyi $p < 0.05$ olarak alındı.

4. BULGULAR

Çalışmamızda hastaların yaş ortalaması $16,6\pm3,2$ olup; opere edilen hastaların yaş ortalaması $16,2\pm3,1$; opere edilmeyen hastaların yaş ortalaması $17,7\pm3,2$ olarak saptandı. opere edilmeyen hastaların yaş ortalamaları anlamlı olarak yüksek saptandı ($p<0,05$) (Tablo 4).

Tablo 4. Opere edilen ve edilmeyen hastaların yaşlarının karşılaştırılması

	Tüm grup Ortalama $\pm$ SS	Operasyon		p
		Var Ortalama $\pm$ SS	Yok Ortalama $\pm$ SS	
Yaş (yıl)	$16,6\pm3,2$	$16,2\pm3,1$	$17,7\pm3,2$	0,039*

* $p<0,05$, Mann Whitney U Testi

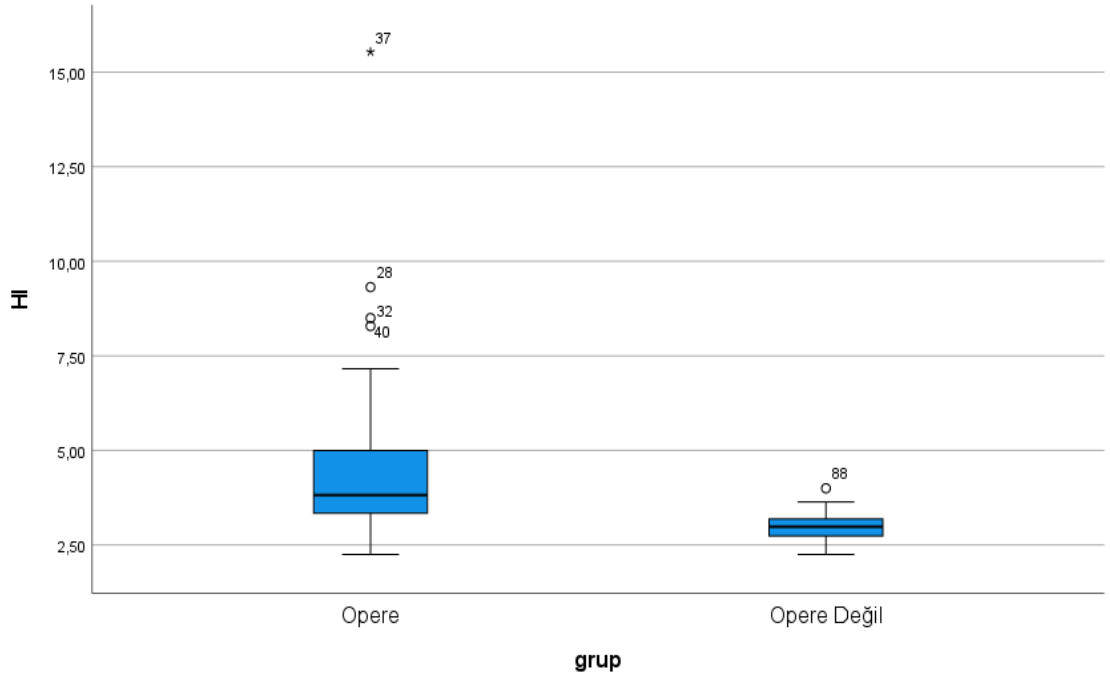
Çalışmamızda hastaların 92'si (%80) erkek ve 23'ü (%20) kadın; opere edilenlerin 68'i (%80) erkek ve 17'si (%20) kadın ve opere edilmeyenlerin 24'ü (%80) erkek ve 6'sı (%20) kadındı. Operasyon varlığı ve cinsiyet arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmadı ($p>0,05$) (Tablo 5).

Tablo 5. Opere edilen ve edilmeyen hastaların cinsiyetlerinin karşılaştırılması

	Tüm grup n(%)	Operasyon		p
		Var n(%)	Yok n(%)	
Erkek	92 (%80)	68 (80)	24 (80)	>0,999
Kadın	23 (%20)	17 (20)	6 (20)	

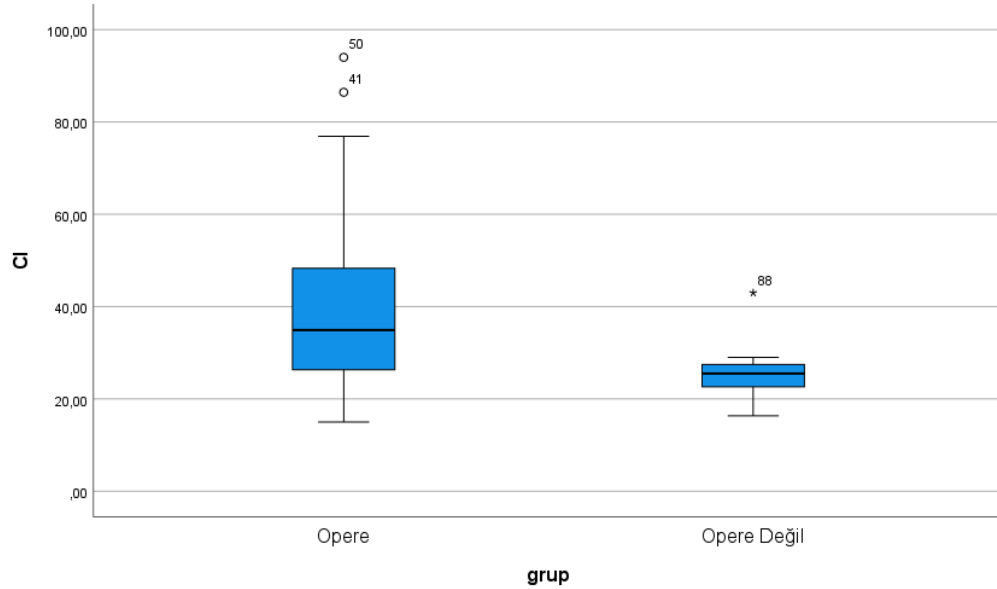
* $p<0,05$, Kikare testi

Çalışmamızda tüm hastaların HI ortalaması $4,01\pm1,71$, opere edilenlerin HI ortalaması $4,38\pm1,85$ ve opere edilmeyenlerin HI ortalaması $2,99\pm0,37$ olarak saptandı. Opere edilen hastaların HI değerleri anlamlı olarak yüksek saptandı (Şekil 13).



Şekil 13. Opere edilen ve edilmeyen hastaların haller indeksinin karşılaştırılması (Box plot grafiği)

Çalışmamızda tüm hastaların CI ortalaması $34,99 \pm 15,02$, opere edilenlerin CI ortalaması $38,48 \pm 15,83$ ve opere edilmeyenlerin CI ortalaması $25,10 \pm 4,88$ olarak saptandı. Opere edilen hastaların CI değerleri anlamlı olarak yüksek saptandı (Şekil 14).



Şekil 14. Opere edilen ve edilmeyen hastaların correction indeksinin karşılaştırılması (Box plot grafiği)

Tüm grup toplam ortalama değerleri HI ve CI için sırasıyla $4,01 \pm 1,71$ ve $\%34,99 \pm 15,02$ 'ydi (Tablo 6).

Tablo 6. Opere edilen ve edilmeyen hastaların Haller İndex'i ve Correction İndex'inin kıyaslaması

	Haller İndex	Correction İndex
Opere edilen grubun ortalama değerleri	$4,38 \pm 1,85$	$\%38,48 \pm 15,83$
Opere edilmeyen grubun ortalama değerleri	$2,99 \pm 0,37$	$\%25,10 \pm 4,88$
Toplam ortalama değerleri	$4,01 \pm 1,71$	$\%34,99 \pm 15,02$

Çalışmamızda tüm grupta HI ve CI arasında güçlü düzeyde anlamlı korelasyon ($p < 0.001$); opere edilen hastalarda HI ve CI arasında güçlü düzeyde anlamlı korelasyon ($p < 0.001$) ve opere edilmeyen hastalarda HI ve CI arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon saptandı ($p < 0.046$)(Tablo 7).

Tablo 7. Haller indeksi ve Correction indeksinin karşılaştırılması

	Haller indeksi					
	Tüm grup		Opere edilen		Opere edilmeyen	
	r	p	r	p	r	p
Correction indeksi	0,829	<0,001	0,877	<0,001	0,345	0,046

* $p < 0,05$, Spearman's korelasyon analizi

Çalışmamızda haller indeksi 3,25'in üzerinde olan hastaların 55'inin ($\%77,5$) CI'si $\%28$ 'in üzerinde, 16'sının ($\%22,5$) ise $\%28$ 'in altındaydı. Haller indeksi 3,25'in altında olan hastaların 5'inin ($\%1,4$) CI'si $\%28$ 'in üzerinde, 39'unun ($\%88,6$) ise $\%28$ 'in altındaydı. Örtüşme oranı $\%81,7$ olarak hesaplandı (Tablo 8).

Tablo 8. Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerlerinin olgu sayısı ile karşılaştırılması

	Haller indeksi		
	$\geq 3,25$ n(%)	$< 3,25$ n(%)	
Correction indeksi	≥ 28	55 (77,5)	5 (11,4)
	< 28	16 (22,5)	39 (88,6)

Tüm grup, opere edilen ve edilmeyen hastalarda yaş'ın, HI ve CI ile arasında bir korelasyon saptanmadı ($p > 0,05$) (Tablo 9).

Tablo 9. Yaş faktörünün Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerleri ile karşılaştırılması

	Tüm grup		Opere edilen		Opere edilmeyen	
	r	p	r	p	r	p
Haller indeksi	-0,073	0,440	0,027	0,805	0,263	0,161
Correction indeksi	-0,074	0,434	0,005	0,966	0,204	0,279

*p<0,05, Spearman's korelasyon analizi

Çalışmamızda, opere edilen ve opere edilmeyen hastaların cinsiyeti ile HI değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmadı (p>0,05), opere edilen ve opere edilmeyen hastaların cinsiyeti ile CI değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmadı (p>0,05) (Tablo 10).

Tablo 10. Cinsiyetin Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerleri ile karşılaştırılması

	Cinsiyet		p
	Erkek Ortalama±SS	Kadın Ortalama±SS	
Haller indeksi, Tüm grup	3,98±1,73	4,16±1,65	0,826
Haller indeksi, Opere edilen	4,33±1,88	4,55±1,75	0,656
Haller indeksi, Opere edilmeyen	2,98±0,35	3,04±0,51	0,940
Correction indeksi, Tüm grup	34,56±15,44	36,70±13,38	0,373
Correction indeksi, Opere edilen	38,11±16,44	39,98±13,46	0,404
Correction indeksi, Opere edilmeyen	24,53±3,70	27,40±6,19	0,781

* p<0,05, Mann Whitney U Testi

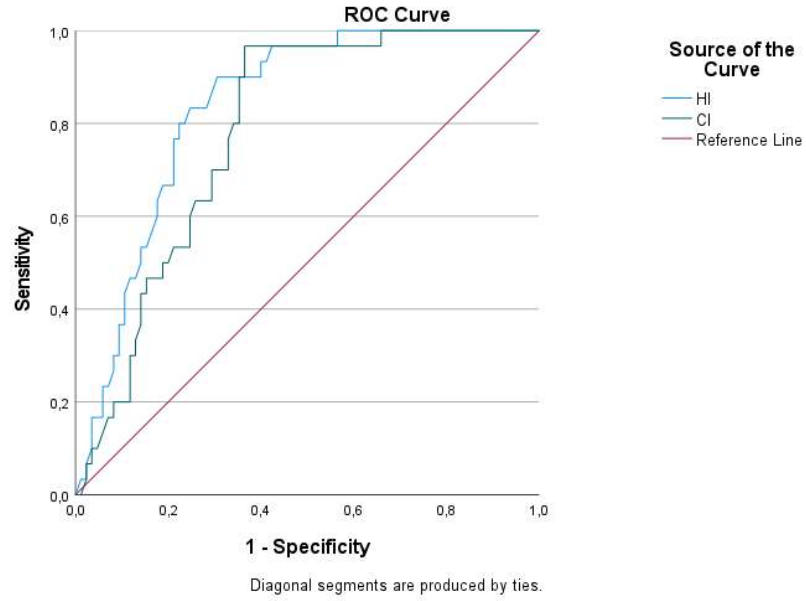
Çalışmamızda opere edilen hastalarda ortalama yatış süresi 6,6±2,7 (Min:4, Maks:28) gün olup, yatış süresinin HI ve CI ile arasında düşük düzeyde anlamlı korelasyon gösterdiği saptandı (Tablo 11).

Tablo 11. Opere edilen hastalarda yatış süresinin, Haller İndeksi ve Correction İndeksi değerleri ile karşılaştırılması

	Yatış süresi	
	r	p
Haller indeksi	0,223	0,040
Correction indeksi	0,229	0,035

* p<0,05, Spearman's korelasyon analizi

Çalışmamızda HI için EAA 0,835 cm² olup 3,25'lik kesim değeri için sensitivite %80 ve spesifite %76,5 olarak hesaplandı. CI için EAA 0,783 cm² olup %28'lik kesim değeri için sensitivite %83,3 ve spesifite %64,7 olarak hesaplandı (Şekil 15).



Şekil 15. Operasyon yapılma durumunda Haller indeksi ve Correction indeksinin ROC eğrisi

Çalışmamızda 1 (%1,2) hastada intraoperatif komplikasyon (pnömotoraks), 1 (%1,2) hastada yara yeri enfeksiyonu, 1 (%1,2) hastada postoperatif 7. günde bar kayması olduğu saptandı. Sadece 1 (%1,2) hastada ise, postoperatif 28. günde eksitus gelişti (Tablo 12).

Tablo 12. Opere edilen hastalarda komplikasyon ve mortalite durumu

	N	%
İntraoperatif komplikasyon	1	%1,2
Yara yeri enfeksiyonu	1	%1,2
Bar kayması	1	%1,2
Eksitus	1	%1,2

5. TARTIŞMA

Pektus ekskavatum (PE), toplumlarda bilinen en yaygın anterior göğüs duvarı deformitesi olup; sternuma bitişik kıkırdakların ve kemik kafesin anormal gelişimi sonrası sternumun içeriye doğru çökmesi ile karakterizedir. Hastalar sıklıkla egzersiz yapamama gibi fiziksel sıkıntılar sebebiyle başvursa da; postür bozuklukları ve buna bağlı düşük benlik saygısı gibi hasta ve yakınlarının da maruz kaldığı psikososyal semptomlar ile de başvurabilirler.⁷⁷

PE için önerilen tedavi, Nuss prosedürü ile cerrahi onarım olup, bu onarım için endikasyonlar ve objektif kriterler tanımlanmıştır. Bu kriterlerden en önemlileri HI'nin 3.25'ten büyük olması, kardiyak ve/veya pulmoner kompresyon, bozulmuş kardiyak fonksiyon ve pulmoner testler ile başarısızlıkla sonuçlanmış önceki onarımlardır.^{63,78} Her ne kadar bu endikasyon ve kriterler tanımlanmış olsa da; bu endikasyon ve kriterlerin en büyük dezavantajı subjektif olmasıdır ve yapılan bazı çalışmalarda özellikle haller indeksinin endikasyon dahiline alınmayabileceği gösterilmiştir.⁷⁹

PE alanında yapılan birçok çalışmada cerrahi görüş için kriter birliği sağlanamamıştır. Bu konuda Janssen ve ark. yaptığı çalışmaya çoğunluğu akademik personelden oluşan çocuk ve göğüs cerrahlarının fikirlerinin değerlendirildiği derlemede; fikir birliği sağlanan durum oranları; HI ve CI için ise bir uzlaşma sağlanamadığı, cerrahların %88 oranında fiziksel semptom varlığında, %84'ünde anormal kardiyak fonksiyon test sonuçlarında %79 kozmetik sorunlarda ve %74'ünde deformitenin ilerlemesi durumunda cerrahi yapılması yönünde fikir birliğine vardıkları belirtilmiştir.⁷⁹ Yapılan çalışmalarda PE gibi göğüs duvarı deformitesi olan hastalarda göğüs duvarının asimetrik olması sebebiyle toraks tomografisinde ölçülen HI'nin PE'yi değerlendirmede doğru sonuç vermeyebileceği ifade edilmektedir.^{80,81}

Son literatüre göre, cerrahi müdahale için bir eşik değeri olarak 3,25'lik bir HI artık iyi bir ayırt edici değildir ve estetik şikayetlerle belirleyici bir ilişki taşımamaktadır. Bu yetersizliğin yanı sıra, HI'nin diğer sınırlamaları arasında torasik şekil, yaş, cinsiyet, dispne gibi solunumsal semptomların ve asimetrisinin dikkate alınmaması yer almaktadır.⁸²

Khanna ve ark. PE sebebiyle takip ettikleri hastaların yaş ortalamasının 14,5 yıl olduğunu belirtmişler.⁸³ Poston ve ark. yaptıkları çalışmada da hastaların yaş ortalamasının 16,3 yıl olduğu ifade edilmiştir.⁴⁷ Grafe ve ark. yaptıkları çalışmada

hastaların yaş ortancasının 15,4 yıl olduğunu belirtmiştir.⁸⁴ Bazı çalışmalarda, HI'nin pediatrik popülasyonda yaşla birlikte, özellikle de en kranyal (T3-T5) ve en kaudal (T11-T12) düzeylerde artma eğiliminde olduğu bulunmuştur.^{85,86} Biavati ve ark. ise çalışmasında HI'nin yaşla birlikte ters yönde bir eğilim gösterdiğini, yani yetişkinlerde yaş ilerledikçe azalma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.⁵⁰ Çalışmamızda hastaların yaş ortalaması 16,6±3,2 yıl olup; opere edilen hastalarda yaş ortalaması anlamlı olarak düşük saptandı. Ayrıca yaş'ın HI ve CI ile arasında korelasyon saptanmadı. Opere edilmeyen hastalarda sürecin daha yavaş ilerlediği bu nedenle yaşlarının daha büyük olduğu kanısındayız. Ayrıca belirli bir yaştan sonra hastalarda vücudun şekillenmesinin tamamlanmasına bağlı olarak semptomların ağırlaşmaması, hatta azalması nedeniyle hastaların opere olmaktan kaçınması yaşlarının daha büyük olmasına yol açmış olabilir. Biavati ark.⁵⁰ yaptığı çalışmada HI'nin erişkinlik döneminde azaldığını belirtmesi, düşüncemizi destekler niteliktedir. Çalışma grubumuzun belirli bir yaş aralığında olması sebebiyle benzer bir klinik sergilediği, bu nedenle yaşın HI ve CI ile korelasyon göstermediği kanısındayız.

Yapılan birçok çalışmada PE'nin erkeklerde daha sık olduğu ve bu durumun genetik faktörler, hormonal faktörler, büyüme hızı, bağ dokusu hastalıkları ve fiziksel aktiviteler ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.⁸⁷⁻⁸⁹ Khanna ve ark. PE sebebiyle takip ettikleri hastaların erkek hasta sayısının kız hasta sayısına oranının 3,6 olduğunu saptamışlardır.⁸³ Poston ve ark. yaptıkları çalışmada hastaların %84'ünün erkek olduğu ifade edilmiştir.⁴⁷ Gündoğdu yaptığı tez çalışmasında hastaların %73,8'inin erkek olduğunu ifade etmiştir.⁹⁰ Grafe ve ark. çalışmasında hastaların %80,4'ünün erkek olduğunu belirtmiştir.⁸⁴ Biavati yaptıkları çalışmada ise HI ve CI'lerin kadınlarda erkeklerden daha büyük olduğunu saptamışlardır.⁵⁰ Çalışmamızda hastaların %80'i erkek olup; cinsiyetin operasyon, HI ve CI'leri arasında ilişki saptanmadı. Erkeklerin PE'ye genetik olarak daha yatkın olması, hormonların etkisi (testosteron) ile meydana gelen hızlı büyümesi, sportif faaliyetler ve fiziksel yaşam tarzlarının bir sonucu olarak erkelerde PE daha sık görülmüş olabilir. Gerek HI gerekse CI tanı koymak amacıyla tanımlanan anatomik indekslerdir. Her iki grupta da benzer değerler kullanıldığından gruplar arasında değerler açısından fark oluşmadığı kanısındayız.

Shawn D. St. Peter ve ark. yaptığı çalışmada 252 hasta değerlendirilmiş; bazı PE hastalarının HI'sinin, PE'si olmayan hastalar kadar düşük iken, PE'si olmayan bazı

hastaların HI'sinin 3,25'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada cerrahi eşik olarak tanımlanan 3,25 HI değerinin de hastaları ayırt etmede başarısız olduğu ve PE'li hastalarının %19'unun bu değer altında bir HI'ye sahip olduğu bulunmuştur. Bu hastalar, açıkça bir defekte ve hastalığın tipik klinik belirtilerine sahip olmalarına rağmen, HI'nin defektin şiddetini temsil etmediği sonucuna varılmıştır.⁹¹ Gündoğdu çocuk hastalarda yaptığı tez çalışmasında TBT'den ölçülen HI değeri ortalamasını 3,21 olduğunu; hastaların %36,1'inde HI'nin 3,25'ten büyük olduğunu belirtmiştir.⁹⁰ Poston ve ark. çalışmasında PE'li hastalardaki HI ortalamasının 3,6 olduğunu bildirmiştir.⁴⁷ Jaroszewski ve ark. çalışmalarında opere edilen hastaların HI ortalamasının 4,6 olduğunu saptamışlardır.⁷² Ganescu ve ark. 119 hastadan 116'sında semptom olduğunu ve bu hastaların HI ortalamasının 3,8 olduğunu saptamışlardır.⁹² Bludevich ve ark yaptıkları çalışmada PE'li hastaların HI'sini 4,1; kontrol grubunun HI'sini ise 2,4 olarak bulmuştur.⁹³ Çalışmamızda tüm hastaların HI ortalaması $4,01 \pm 1,71$, opere edilenlerin HI ortalaması $4,38 \pm 1,85$ ve opere edilmeyenlerin HI ortalaması $2,99 \pm 0,37$ olarak saptandı. Opere edilen hastaların HI değerleri anlamlı olarak yüksek saptandı. Çalışma verilerimiz literatür ile benzerlik göstermektedir. Ortalama HI değerimiz literatürden daha yüksek saptanmış olup, bunun nedeni çalışmada opere edilen hasta grubunun opere edilmeyen hasta grubundan oran olarak daha yüksek olması olabilir. Çalışmamızdaki opere edilen hastaların HI'leri birbirleri arasında benzerlik göstermektedir. HI artıkça PE'nin ciddiyetinin artmasına bağlı olarak, opere edilen hastalarda HI'nin daha yüksek çıktığı kanısındayız.

CI genellikle şiddetin ek bir ölçüsü olarak belirlenir ve düzeltilmesi gereken göğüs derinliğinin yüzdesini gösterir.⁴⁷ HI'den yola çıkılarak, pektus defektinin şiddetini hassas bir şekilde ölçmek için güvenilir bir araç olarak geliştirilmiştir.⁹¹ Bludevich ve ark yaptıkları çalışmada PE'li hastaların CI ortalamasını %33,3; kontrol grubunun HI ortalamasını ise 3,5 olarak bulmuştur.⁹³ Gündoğdu çocuk hastalarda yaptığı tez çalışmasında BT'den ölçülen CI ortalamasını %28,9 olarak saptamıştır.⁹⁰ Poston ve ark. çalışmasında PE'li hastalardaki CI ortalamasının %33 olduğunu bildirmiştir.⁴⁷ Jaroszewski ve ark. çalışmalarında opere edilen hastaların CI ortalamasını %35,4 olarak saptamışlardır.⁷² Ganescu ve ark. semptom veren hastaların CI ortalamasını %31,6 olarak saptamışlardır.⁹² Çalışmamızda tüm hastaların CI ortalaması $\%34,99 \pm 15,02$, opere edilenlerin CI ortalaması $\%38,48 \pm 15,83$ ve opere edilmeyenlerin CI ortalaması

%25,10±4,88 olarak saptandı. Opere edilen hastaların CI değerleri anlamlı olarak yüksek saptandı. Verilerimiz literatür ile uyumlu olup, HI'de olduğu gibi opere edilen hastaların CI ortalamaları daha yüksek saptanmıştır.

Shawn D. St. Peter ve ark. yaptığı çalışmada deformitenin derecesine bakılmaksızın toraksın transvers çapının artışının HI'yi arttırdığı ve tam aksinin ise HI'yi azalttığını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada, CI'nin hesaplanmasında toraksın transvers çapı yer almadığından, çöküntünün derecesinin, CI ile daha kesin olarak hesaplanabileceğini belirtmişlerdir.⁹¹ Aynı çalışmada CI'nin, HI'ye kıyasla gereksiz cerrahi onarım sıklığını en az %10 oranında azalttığı ileri sürülmüştür.⁹¹ Yapılan başka bir çalışmada küçük bir anteroposterior çapın (yani yüksek HI'nin), kardiyak kompresyonu göstermede yetersiz kaldığı ifade edilmiştir.⁹⁴ Gündoğdu çocuk hastalarda yaptığı tez çalışmasında HI'sinin 3,25'in üzerinde olan hastaların %2,6'sının CI'sinin %28'den küçük, %97,4'ünün ise CI ortalamasının %28'den büyük olduğunu; HI'si 3,25'den küçük olan hastaların ise %90,6'sının CI'sinin %28'den küçük, %9,4'ünün ise CI'sinin %28'den büyük olduğunu; CI ve HI arasında anlamlı yüksek düzeyde korelasyon olduğunu rapor etmiştir.⁹⁰ Poston ve ark. yaptıkları çalışmada bazı PE'li hastalarda HI ve CI arasında orta düzeyde bir korelasyon olduğunu belirtmiş ve anormal göğüs boyutlarına sahip hastalarda bu korelasyonun daha güçlü olduğu sonucuna varmışlardır.⁴⁷ Çalışmamızda tüm grupta HI ve CI arasında güçlü düzeyde anlamlı korelasyon; opere edilen hastalarda HI ve CI arasında güçlü düzeyde anlamlı korelasyon ve opere edilmeyen hastalarda HI ve CI arasında orta düzeyde anlamlı korelasyon saptandı. HI ve CI'nin arasında kayda değer bir korelasyon saptanmasının sebebi olarak, her ikisinde de sternal depresyon ile ilgili anteroposterior mesafe ölçüm değerlerinin kullanılması olduğu kanısındayız.

Gündoğdu çocuk hastalarda yaptığı tez çalışmasında HI'yi altın standart kabul ederek yaptığı ölçümlerde CI'nin sensitivitesinin %97,4 ve spesifitesinin %90,6 olduğunu saptamışlardır.⁹⁰ Daemen ve ark. yaptıkları çalışmada cerrahi için; HI 3,25 kesim değeri için sensitiviteyi %82 spesifiteyi %86; CI için %28 kesim değeri için sensitiviteyi %86 spesifiteyi %93 olarak hesaplamışlardır.⁹⁵ Çalışmamızda HI için EAA 0,835 cm² olup 3,25'lik kesim değeri için sensitivite %80 ve spesifite %76,5 olarak hesaplandı. CI için EAA 0,783 cm² olup %28'lik kesim değeri için sensitivite %83,3 ve spesifite %64,7 olarak hesaplandı. Çalışmamızda literatüre kıyasla sensitivite ve spesifitenin daha düşük çıkmasının temel nedeni, literatürde indekslerin tanı koymak amacıyla veya cerrahi

endikasyon koymak amacıyla kullanılırken, çalışmamızda cerrahi yapılan hastaların kriter olarak kabul edilmesidir. Unutulmaması gereken önemli kavramlardan biri her ne kadar hastalara cerrahi endikasyon konulsa da, hastaların çeşitli sebeplerle (asemptomatik, operasyon kaygısı vb.) opere edilmeyi reddetmesi spesifikite ve sensitiviteyi düşük göstermektedir. Çalışmamızda HI'nin, CI'den endikasyon anlamında daha uygun bir yöntem gibi sonuçların çıkmasının en önemli nedeni, kliniğimizdeki önceki cerrahların cerrahi endikasyonu koyarken, HI'nin baz almış olması ve HI'ye ek klinik semptomları da dahil etmesi olabilir.

Nuss ve ark. postop dönemde hastaların %52'sinde kendiliğinden düzelen bir pnömotoraks olduğunu, %1,2'sinde basit aspirasyon ve %1,5'inde torasik drenaj gerektiğini belirtmiştir.⁹⁶ Goretsky ve ark. çalışmasında %57 oranında pnömotoraks geliştiği, %2,7'sine tüp takıldığı, %0,5'ine aspirasyon yapıldığı ve %0,4'ünde hemotoraks geliştiği belirtmişlerdir.⁹⁷

Yapılan çalışmalarda gelişen komplikasyon sıklığının yüksek HI düzeyi ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir.⁹⁸ Zeineddine ve ark. yüksek HI'nin operasyon süresini uzattığını ve operasyonun daha komplike bir hale gelmesini sağladığını, ancak yatış süresini değiştirmediğini ifade etmiştir.⁹⁹ Media ve ark çalışmasında minimal invaziv düzeltme yapılan PE'li hastaların ortalama yatış süresinin 4 gün olduğunu ifade etmiş; komplikasyon gelişen hastaların yatış süresinin daha uzun olduğu ve bu hastalarda HI'nin daha yüksek olduğunu belirtmiştir.¹⁰⁰ Goretsky ve ark. çalışmasında yatış süresi ortancasının 5 gün olduğunu ifade etmişlerdir.⁹⁷ Çalışmamızda opere edilen hastalarda ortalama yatış süresi $6,6 \pm 2,7$ gün olup, yatış süresinin HI ve CI ile arasında düşük düzeyde anlamlı korelasyon gösterdiği saptandı.

Gürkök ve ark. çalışmasında hastaların %5,8'inde erken dönem komplikasyon geliştiği, hastaların %2,4'ünde yara yeri enfeksiyonu geliştiği ve mortalitenin olmadığı belirtmiştir.¹⁰¹ Yapılan bir çalışmada hastaların % 8,7'sinde enfeksiyon ve %6'sında MIRPE barı kayması geliştiğini bildirmiştir.¹⁰² Nuss ve ark. çalışmasında %2,6 oranında enfeksiyon ve %8,8 oranında da MIRPE barı kayması geliştiğini bildirmiştir.⁹⁶ Goretsky ve ark. çalışmasında MIRPE barı kayması ve enfeksiyon oranının %1,1 olduğunu, hiç mortalite gelişmediğini belirtmişlerdir.⁹⁷ Hoksche ve ark. 129 vakanın analizinde 9 hastanın (%7,0) bar yer değiştirmesi nedeniyle cerrahi revizyona ihtiyaç duyduğunu bildirdiler.¹⁰³ Kelly ve ark. 1215 minimal invaziv onarım geçiren hasta ile şimdiye kadarki

en büyük vaka analizini bildiren çalışmalarında, vakalarının %4'ünde cerrahi revizyon gerektiren MIRPE barı yer değiştirmesine bağlı postoperatif komplikasyon geliştiğini bildirmiştir.¹⁹ Çalışmamızda 1 (%1,2) hastada intraoperatif komplikasyon geliştiği, 1 (%1,2) hastada yara yeri enfeksiyonu geliştiği, 1 (%1,2) hastada bar kayması olduğu gözlemlendi ve 1 (%1,2) hastada postoperatif 28. günde eksitus gelişti. Çalışmamızdaki tek vakanın mortal seyretmiş olmasının sebebi, postoperatif dönemde yoğun bakım takipleri sırasındaki masif kan transfüzyonuna sekonder gelişen komplikasyonlardır.



6. SONUÇ

Sonuç olarak; HI ve CI arasında yüksek korelasyon ve örtüşme olduğu saptandı. CI'si %28 veya daha fazla olan PE'li olgularda cerrahi onarım öneriyoruz, çünkü bu değer uzun süredir kabul görmüş standartla ($HI \geq 3.25$) ciddi bir korelasyon göstermektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda ve bizim çalışmamızda deformitenin derecesine bakılmaksızın transvers olarak geniş bir göğsün HI'ni arttırdığı ve tam aksine transvers olarak dar bir göğüs çapının HI'yi azalttığı yine aynı çalışmalarda CI'nin ise denkleminde göğsün transvers genişliği yer almadığından çöküntünün derecesinin daha kesin olarak hesaplanabileceği belirtilmiştir. Literatürde yayınlanmış eski çalışmalara binaen HI'nin CI'den görüntüleme sonuçlarıyla daha üstün bir gösterge olduğu sonucuna varılmış olsada, CI'nin pektus şiddetini bilgisayarlı tomografi görüntülemeleri neticesinde doğrudan değerlendiren ve HI gibi uygun bir değerlendirme yöntemi olduğunu, operasyon endikasyonu olarak kullanılabileceği tezini savunuyoruz. Tıp dünyasında PE'li hastalar üzerinde yapılan ve tüm dünya çapında kabul görmüş birçok araştırma neticesinde, CI'nin, HI'ye kıyasla gereksiz cerrahi onarım sıklığını en az %10 oranında azalttığı yönünde olan sonuçlar bildirilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada literatürde yayınlanan çalışmalarla, benzer sonuçlara ulaştık ve CI'nin PE'li hastalarda operasyon endikasyonu olarak HI gibi uygun bir kriter olarak kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. **Shamberger RC.** Congenital chest wall deformities. *Current problems in surgery*. **1996**; 33(6):469-542.
2. **Fokin AA, Steuerwald NM, Ahrens WA, Allen KE.** Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. Elsevier, **2009**:44-57.
3. **Blanco FC, Elliott ST, Sandler AD.** Management of congenital chest wall deformities. © Thieme Medical Publishers, **2011**:107-116.
4. **Shamberger RC.** Chest wall deformities. *Pediatric Surgery: General Pediatric Surgery, Tumors, Trauma and Transplantation*. **2021**; 101-121.
5. **Jaroszewski D, Notrica D, McMahon L, Steidley DE, Deschamps C.** Current management of pectus excavatum: a review and update of therapy and treatment recommendations. *The Journal of the American Board of Family Medicine*. **2010**; 23(2):230-239.
6. **Casamassima MGS, Papandria D, Goldstein SD, Yang J, McIltrout KH, Abdullah F, Colombani MP.** Contemporary management of recurrent pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. **2015**; 50(10):1726-1733.
7. **Tjan T, Semik M, Rotering H, Rolf N, Scheld H.** Pectus excavatum: special surgical technique, perioperative management and long-term results. *Journal of Cardiovascular Surgery*. **1999**; 40(2):289.
8. **Brochhausen C, Turial S, Müller FK, Schmitt VH, Coerdts W, Wihlm JM, Schier F, Kirkpatrick CJ.** Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. **2012**; 14(6):801-806.
9. **Cartoski MJ, Nuss D, Goretsky MJ, Proud VK, Croitoru DP, Gustin T, Mitchell K, Vasser E, Kelly jr RE.** Classification of the dysmorphology of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. **2006**; 41(9):1573-1581.
10. **Koumbourlis AC.** Pectus excavatum: pathophysiology and clinical characteristics. *Paediatric respiratory reviews*. **2009**; 10(1):3-6.
11. **Casar Berazaluze AM, Jenkins TM, Garrison AP, Hardie WD, Foster KE, Alsaied T, Tretter J, Moore RA, Fleck RJ, Garcia VF, Brown RL.** The chest wall gender divide: females have better cardiopulmonary function and exercise tolerance despite worse deformity in pectus excavatum. *Pediatric Surgery International*. **2020**; 36:1281-1286.
12. **Kuru P, Cakiroglu A, Er A, Ozbakir H, Cinel AE, Cangut B, Iris M, Canbaz B, Picak E, Yuksel M.** Pectus excavatum and pectus carinatum: associated conditions, family history, and postoperative patient satisfaction. *The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. **2016**; 49(1):29.
13. **Sobotta J.** *Sobotta: atlas de anatomía humana*. vol 1. Ed. Médica Panamericana; **2006**.
14. **McBride CA, Beasley SW.** Morgagni's hernia: believing is seeing. *ANZ journal of surgery*. **2008**; 78(9):739-744.
15. **Perloff JK.** *Physical examination of the heart and circulation*. PMPH-USA, **2009**.
16. **Kelly jr RE.** Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. Elsevier, **2008**:181-193.

17. **Griffin EH, Minnis J.** Pectus excavatum: a survey and a suggestion for maintenance of correction. *Journal of Thoracic Surgery*. **1957**; 33(5):625-636.
18. **Takanari K, Toriyama K, Kambe M, Nakamura Y, Uchibori T, Ebisawa K, Shirota C, Takahisa T, Hiroo U, Yuzuru K.** Nuss procedure for patients with pectus excavatum with a history of intrathoracic surgery. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. **2019**; 72(6):1025-1029.
19. **Kelly RE, Goretsky MJ, Obermeyer R, Kuhn MA, Redlinger R, Haney TS, Moskowitz A, Nuss D.** Twenty-one years of experience with minimally invasive repair of pectus excavatum by the Nuss procedure in 1215 patients. *Annals of surgery*. **2010**; 252(6):1072-1081.
20. **David VL.** Current concepts in the etiology and pathogenesis of pectus excavatum in humans—a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*. **2022**; 11(5):1241.
21. **Kloth K, Klohs S, Bhullar J, Boettcher M, Hempel M, Trah J, Reinshagen K.** The epidemiology behind pectus excavatum: Clinical study and review of the literature. *European Journal of Pediatric Surgery*. **2022**; 32(04):316-320.
22. **Callewaert B.** Congenital contractural arachnodactyly. **2022**;
23. **List PG.** Heritable Disorders of Connective Tissue Panel. **2021**.
24. **Chidambaran V, Duan Q, Pilipenko V, Glynn SM, Sproles A, Martin LJ, Lacagnina MJ, King CD, Ding L.** The Role of Cytokines in Acute and Chronic Postsurgical Pain in Pediatric Patients after Major Musculoskeletal Surgeries. *medRxiv*. **2024**.
25. **Sheen V, Jansen A, Chen MH, Parrini E, Morgan T, Ravenscroft R, Ganesh B, Underwood T, Wiley J, Leventer R, Vaid RR, Ruiz ED, Hutchins GM, Manesha J, Willner J, Geng Y, Gripp KW, Nicholson L, Berry-Kravis E, Bodell A, Apse K, Hill RS, Dobeau F, Andermann F, Barkovich J, Andermann E, Shugart YY, Thomas P, Viri M, Veggiotti P, Robertson S, Guerrini R, Walsh CA.** Filamin A mutations cause periventricular heterotopia with Ehlers-Danlos syndrome. *Neurology*. **2005**; 64(2):254-262.
26. **Morlino S, Castori M, Dordoni C, Cinquina V, Santoro G, Grammatico P, Venturini M, Colombi M, Ritelli M.** A novel MAP3K7 splice mutation causes cardiospondylocarpofacial syndrome with features of hereditary connective tissue disorder. *European Journal of Human Genetics*. **2018**; 26(4):582-586.
27. **Arn PH, Scherer L, Haller Jr JA, Pyeritiz RE.** Outcome of pectus excavatum in patients with Marfan syndrome and in the general population. *The Journal of pediatrics*. **1989**; 115(6):954-958.
28. **Cobben JM, Oostra RJ, van Dijk FS.** Pectus excavatum and carinatum. *European journal of medical genetics*. **2014**; 57(8):414-417.
29. **Janssen N, Coorens NA, Franssen AJ, Daemen JH, Michels IL, Hulsewé KW, Vissers LJY, Loos RDE.** Pectus excavatum and carinatum: a narrative review of epidemiology, etiopathogenesis, clinical features, and classification. *Journal of Thoracic Disease*. **2024**; 16(2):1687.
30. **Li H, Wang F, Ji G, Teng J, Liang X, Liang X, Ni E, Zhu J, Wu J, Guan X, Li G, Wang M.** Modified Nuss procedure for the treatment of pectus excavatum: Experience of 259 patients. *Asian Journal of Surgery*. **2023**; 46(2):692-697.
31. **Tekinbaş C, Bayraklı ZO.** Overview of chest wall deformities. *Turkish Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. **2024**; 32(1):78.
32. **Saxena AK.** Pectus excavatum, pectus carinatum and other forms of thoracic deformities. *Journal of Indian Association of Pediatric Surgeons*. **2005**; 10(3):147-157.

33. **Willital GH, Saxena A, Schütze U, Richter W.** Chest-deformities: a proposal for a classification. *World Journal of Pediatrics*. **2011**; 7:118-123.
34. **Obermeyer RJ, Cohen NS, Jaroszewski DE.** The physiologic impact of pectus excavatum repair. Elsevier, **2018**:127-132.
35. **Malek MH, Fonkalsrud EW, Cooper CB.** Ventilatory and cardiovascular responses to exercise in patients with pectus excavatum. *Chest*. **2003**; 124(3):870-882.
36. **Zuidema WP, Oosterhuis JW, van der Heide SM, de Lange-de Klerk E, Van Der Steeg AF, Van Heurn EL.** Correlation of preoperative state anxiety and pain six weeks after surgical correction of pectus excavatum. *Anesthesiology and Pain Medicine*. **2020**; 10(1).
37. **Ghionzoli M, Brandigi E, Messineo A, Messeri A.** Pain and anxiety management in minimally invasive repair of pectus excavatum. *The Korean Journal of Pain*. **2012**; 25(4):267-271.
38. **Abid I, Ewais MM, Marranca J, Jaroszewski DE.** Pectus excavatum: a review of diagnosis and current treatment options. *Journal of Osteopathic Medicine*. **2017**; 117(2):106-113.
39. **Silbiger JJ, Parikh A.** Pectus excavatum: echocardiographic, pathophysiologic, and surgical insights. *Echocardiography*. **2016**; 33(8):1239-1244.
40. **Kelly jr RE, Obermeyer RJ, Nuss D.** Diminished pulmonary function in pectus excavatum: from denying the problem to finding the mechanism. *Annals of cardiothoracic surgery*. **2016**; 5(5):466.
41. **Sanjurjo D, Toselli L, Bellia-Munzon G, Nazar-Peirano M, Vallee M, Farina J, Rodriguez-Granillo GA, Martinez-Ferro M.** Unsophisticated assessment of the cardiopulmonary function in patients with pectus excavatum using the six minute walk test. *Acta Cardiologica*. **2024**; 1-5.
42. **Mueller C, Saint-Vil D, Bouchard S.** Chest x-ray as a primary modality for preoperative imaging of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. **2008**; 43(1):71-73.
43. **Kilda A, Basevicius A, Barauskas V, Lukosevicius S, Ragaisis D.** Radiological assessment of children with pectus excavatum. *The Indian Journal of Pediatrics*. **2007**; 74:143-147.
44. **Sarwar ZU, DeFlorio R.** Pectus excavatum: current imaging techniques and opportunities for dose reduction. Elsevier, **2014**:374-381.
45. **Swanson JW, Avansino JR, Phillips GS, Yung D, Whitlock KB, Redding GJ, Sawin RS.** Correlating Haller Index and cardiopulmonary disease in pectus excavatum. *The American journal of surgery*. **2012**; 203(5):660-664.
46. **Sesia SB, Heitzelmann M, Schaedelin S, Magerkurth O, Kocher GJ, Schmid RA, Haecker FM.** Standardized Haller and asymmetry index combined for a more accurate assessment of pectus excavatum. *The Annals of thoracic surgery*. **2019**; 107(1):271-276.
47. **Poston PM, Patel SS, Rajput M, Rossi NO, Ghanamah MS, Davis JE, Turek JW.** The correction index: setting the standard for recommending operative repair of pectus excavatum. *The Annals of thoracic surgery*. **2014**; 97(4):1176-1180.
48. **Rattan AS, Laor T, Ryckman FC, Brody AS.** Pectus excavatum imaging: enough but not too much. *Pediatric radiology*. **2010**; 40:168-172.
49. **Poston PM, McHugh MA, Rossi NO, Patel SS, Rajput M, Turek JW.** The case for using the correction index obtained from chest radiography for evaluation of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. **2015**; 50(11):1940-1944.

50. **Biavati M, Kozlitina J, Alder AC, Foglia R, McColl RW, Peshock RM, Kelly jr RE, Garcia CK.** Prevalence of pectus excavatum in an adult population-based cohort estimated from radiographic indices of chest wall shape. *PLoS One*. **2020**; 15(5):232-75.
51. **Fagelman KM, Methratta S, Cilley RE, Wilson MZ, Hollenbeak CS.** The Depression Index: an objective measure of the severity of pectus excavatum based on vertebral diameter, a morphometric correlate to patient size. *Journal of pediatric surgery*. **2015**; 50(7):1130-1133.
52. **Fonkalsrud EW.** Current management of pectus excavatum. *World journal of surgery*. **2003**; 27:502-508.
53. **Johnson WR, Fedor D, Singhal S.** Systematic review of surgical treatment techniques for adult and pediatric patients with pectus excavatum. *Journal of cardiothoracic surgery*. **2014**; 9:1-13.
54. **Geraedts TC, Daemen JH, Vissers YL, Hulsewé KW, Van Veer HG, Abramson H, Loos ER.** Minimally invasive repair of pectus carinatum by the Abramson method: A systematic review. *Journal of pediatric surgery*. **2022**; 57(10):325-332.
55. **Nasr A, Fecteau A, Wales PW.** Comparison of the Nuss and the Ravitch procedure for pectus excavatum repair: a meta-analysis. *Journal of pediatric surgery*. **2010**; 45(5):880-886.
56. **Chen Z, Amos EB, Luo H, Su C, Zhong B, Zou J, Lei Y.** Comparative pulmonary functional recovery after Nuss and Ravitch procedures for pectus excavatum repair: a meta-analysis. *Journal of cardiothoracic surgery*. **2012**; 7:1-9.
57. **Huddleston CB.** Pectus excavatum. Elsevier, **2004**:225-232.
58. **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):1545-1552.
59. **Fonkalsrud EW, Mendoza J.** Open repair of pectus excavatum and carinatum deformities with minimal cartilage resection. *The American journal of surgery*. **2006**; 191(6):779-784.
60. **Aramini B, Morandi U, De Santis G, Baccarani A.** Pectus excavatum correction enhanced by pectoralis muscle transposition: A new approach. *International Journal of Surgery Case Reports*. **2020**; 70:106-109.
61. **Elsayed H, Hassaballa A, Abdel Hady S, Elbastawisy S, Ahmed T.** Choosing between the modified Ravitch and Nuss procedures for pectus excavatum: considering the patients's perspective. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*. **2016**; 98(8):581-585.
62. **Baccarani A, Aramini B, Della Casa G, Banchelli F, D'Amico R, Ruggiero C, Starnoni M, Pedone A, Stefani A, Morandi U, Santis GD.** Pectoralis muscle transposition in association with the ravitch procedure in the management of severe pectus excavatum. *Plastic and Reconstructive Surgery-Global Open*. **2019**; 7(9):2378.
63. **Nuss D, Kelly jr RE.** Indications and technique of Nuss procedure for pectus excavatum. *Thoracic surgery clinics*. **2010**; 20(4):583-597.
64. **Cheng YL, Lee SC, Huang TW, Wu CT.** Efficacy and safety of modified bilateral thoracoscopy-assisted Nuss procedure in adult patients with pectus excavatum. *European journal of cardio-thoracic surgery*. **2008**; 34(5):1057-1061.
65. **Liu T, Liu H, Li Y.** Comparison of the Nuss and sternal turnover procedures for primary repair of pectus excavatum. *Asian Journal of Surgery*. **2014**; 37(1):30-34.

66. Zhang DK, Tang JM, Ben XS, Xie L, Zhou HY, Ye X, Zhou ZH, Shi RQ, Xiao P, Chen G. Surgical correction of 639 pectus excavatum cases via the Nuss procedure. *Journal of thoracic disease*. **2015**; 7(9):1595.
67. Coln D, Gunning T, Ramsay M, Swygert T, Vera R. Early experience with the Nuss minimally invasive correction of pectus excavatum in adults. *World journal of surgery*. **2002**; 26(10):1217-1221.
68. Protopapas AD, Athanasiou T. Peri-operative data on the Nuss procedure in children with pectus excavatum: independent survey of the first 20 years' data. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. **2008**; 3:1-5.
69. Molik KA, Engum SA, Rescorla FJ, West KW, Scherer L, Grosfeld JL. Pectus excavatum repair: experience with standard and minimal invasive techniques. *Journal of pediatric surgery*. **2001**; 36(2):324-328.
70. Sengul AT, Sahin B, Celenk C, Basoglu A, Sengul B. The effect of minimally invasive surgical repair on the lung volumes of patients with pectus excavatum. *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. **2014**; 62(03):226-230.
71. Szydlík S, Jankowska-Szydlík J, Kasprzyk M, Dyszkiewicz W, Adamczak J, Zwaruń D. An effect of Nuss Procedure on lung function among patients with pectus excavatum. *Polish Journal of Surgery*. **2013**; 85(1):1-5.
72. Jaroszewski DE, Farina JM, Gotway MB, Stearns JD, Peterson MA, Pulivarthi VS, Bostoros P, Abdelrazek AS, Gotimukul A, Majdalany DS, Wheatley-Guy CM, Arsanjani R. Cardiopulmonary outcomes after the Nuss procedure in pectus excavatum. *Journal of the American Heart Association*. **2022**; 11(7):221-49.
73. Cho DG, Kim JJ, Park JK, Moon SW. Recurrence of pectus excavatum following the Nuss procedure. *Journal of Thoracic Disease*. **2018**; 10(11):6201.
74. Lam MW, Klassen AF, Montgomery CJ, LeBlanc JG, Skarsgard ED. Quality-of-life outcomes after surgical correction of pectus excavatum: a comparison of the Ravitch and Nuss procedures. *Journal of pediatric surgery*. **2008**; 43(5):819-825.
75. Krasopoulos G, Dusmet M, Ladas G, Goldstraw P. Nuss procedure improves the quality of life in young male adults with pectus excavatum deformity. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. **2006**; 29(1):1-5.
76. Kanagaratnam A, Phan S, Tchanchaleishvili V, Phan K. Ravitch versus Nuss procedure for pectus excavatum: systematic review and meta-analysis. *Annals of cardiothoracic surgery*. **2016**; 5(5):409.
77. Ewert F, Syed J, Kern S, Besendörfer M, Carbon RT, Schulz-Drost S. Symptoms in pectus deformities: a scoring system for subjective physical complaints. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*. **2017**; 65(01):043-049.
78. Frantz FW. Indications and guidelines for pectus excavatum repair. *Current opinion in pediatrics*. **2011**; 23(4):486-491.
79. Janssen N, Daemen JH, van Polen EJ, Coorens NA, Jansen YJ, Franssen AJ, Hulsewe WE, Vissers LJ, Haecker FM, Compos JR, Loos ER. Pectus excavatum: consensus and controversies in clinical practice. *The Annals of Thoracic Surgery*. **2023**; 116(1):191-199.
80. Lee CS, Park HJ, Lee SY. New computerized tomogram (CT) indices for pectus excavatum: tools for assessing modified techniques for asymmetry in Nuss repair. *Chest*. **2004**; 126(4):777.

81. **Albertal M, Vallejos J, Bellia G, Millan C, Rabinovich F, Buela E, Bignon H, Martinez-Ferro M.** Changes in chest compression indexes with breathing underestimate surgical candidacy in patients with pectus excavatum: a computed tomography pilot study. *Journal of pediatric surgery*. **2013**; 48(10):2011-2016.
82. **Sujka JA, Peter SDS.** Quantification of pectus excavatum: Anatomic indices. Elsevier, **2018**:122-126.
83. **Khanna G, Jaju A, Don S, Keys T, Hildebolt CF.** Comparison of Haller index values calculated with chest radiographs versus CT for pectus excavatum evaluation. *Pediatric radiology*. **2010**; 40:1763-1767.
84. **Gräfe D, Lacher M, Martynov I, Hirsch FW, Voit D, Frahm J, Busse H, Sesia SB, Krämer S, Zimmermann P.** Pectus excavatum in motion: dynamic evaluation using real-time MRI. *European radiology*. **2023**; 33(3):2128-2135.
85. **Daunt SW, Cohen JH, Miller SF.** Age-related normal ranges for the Haller index in children. *Pediatric radiology*. **2004**; 34:326-330.
86. **Archer JE, Gardner A, Berryman F, Pynsent P.** The measurement of the normal thorax using the Haller index methodology at multiple vertebral levels. *Journal of anatomy*. **2016**; 229(4):577-581.
87. **Creswick HA, Stacey MW, Kelly Jr RE, Gustin T, Nuss D, Harvey H, Goretsky MJ, Vasser E, Welch JC, Mitchell K, Proud VK.** Family study of the inheritance of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. **2006**; 41(10):1699-1703.
88. **Kelly jr RE, Shamberger RC, Mellins RB, Mitchell KK, Lawson ML, Oldham K, Azizkhan RG, Hebra AV, Nuss D, Goretsky MJ, Sharp RJ, Holcomb GW, Shim WKT, Megison SM, Moss RL, Fecteau AH, Colombani PM, Bagley TC, Moskowitz AB.** 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):205-216.
89. **Pyeritz RE.** Marfan syndrome: improved clinical history results in expanded natural history. *Genetics in Medicine*. **2019**; 21(8):1683-1690.
90. **Gündoğdu S.** Pektus ekskavatum tanısında haller indeksi ve korreksiyon indeksinin retrospektif olarak akciğer grafisi ve toraks tomografisi görüntülerinden hesaplanarak karşılaştırılması. **2024**.
91. **Peter SDS, Juang D, Garey CL, Laituri CA, Ostlie DJ, Sharp RJ, Synder CL.** A novel measure for pectus excavatum: the correction index. *Journal of pediatric surgery*. **2011**; 46(12):2270-2273.
92. **Ganescu O, LaRusso K, St-Louis E, Saint-Martin C, Cavalle-Garrido T, Zielinski D, Laberge JM, Emil S.** The utility of echocardiography and pulmonary function testing in the preoperative evaluation of pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery*. **2022**; 57(8):1561-1566.
93. **Bludevich BM, Kauffman JD, Litz CN, Farach SM, DeRosa JC, Wharton K, Potthast K, Danielson PD, Snyder CW, Chandler NM.** External caliper-based measurements of the modified percent depth as an alternative to cross-sectional imaging for assessing the severity of pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*. **2020**; 55(6):1058-1064.
94. **Daemen JH, Heuts S, Ardabili AR, Maessen JG, Hulsewé KW, Vissers YL, Loos ER.** Development of prediction models for cardiac compression in pectus excavatum based on three-dimensional surface images. Elsevier, **2023**:202-212.

95. **Daemen JH, Coorens NA, Hulsewé KW, Maal TJ, Maessen JG, Vissers YL, Loos ER.** Three-dimensional surface imaging for clinical decision making in pectus excavatum. Elsevier, **2022**;1364-1373.
96. **Nuss D, Croitoru D, Kelly jr RE, Goretsky M, Nuss K, Gustin T.** Review and discussion of the complications of minimally invasive pectus excavatum repair. *European journal of pediatric surgery*. **2002**; 12(04):230-234.
97. **Goretsky MJ, E KR, Croitoru D, Nuss D.** Chest wall anomalies: pectus excavatum and pectus carinatum. *Adolesc Med*. **2004**; 15:455-471.
98. **Fan YJ, Lo PC, Hsu YY, Tzeng IS, Wei BC, Cheng YL.** A retrospective study on the impact of bar flipping on the recurrence of pectus excavatum after the Nuss procedure. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. **2021**; 16(1):244.
99. **Zeineddine RM, Botros M, Shawwaf KA, Moosavi R, Aly MR, Farina JM, Lackner JJ, Sandstorm BA, Jaroszewski DE.** Does a high Haller index impact outcomes in pectus excavatum repair? *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. **2024**.
100. **Media AS, Christensen TD, Katballe N, Juhl-Olsen P, Vad H, Petersen RH, Højsgaard A, Paoli FV.** Complication rates rise with age and Haller index in minimally invasive correction of pectus excavatum: A high-volume, single-center retrospective cohort study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. **2024**.
101. **Gürkök S, Dakak M, Genç O, Gözübüyük A, Balkanlı K.** Pektus Ekskavatum ve Karinatum deformitesinin cerrahi düzeltilmesi: 223 olguluk 5 yıllık tecrübe. *Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg*. **2002**; 10:226-8.
102. **Tikka T, Kalkat MS, Bishay E, Steyn RS, Rajesh PB, Naidu B.** A 20-year review of pectus surgery: an analysis of factors predictive of recurrence and outcomes. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. **2016**; 23(6):908-913.
103. **Hokscho B, Kocher G, Vollmar P, Praz F, Schmid RA.** Nuss procedure for pectus excavatum in adults: long-term results in a prospective observational study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. **2016**; 50(5):934-939.