

Pektus Ekskavatum

Prof. Dr. Murat Kara¹, Op. Dr. Selçuk Köse²¹İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi AD, İstanbul²Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bakırköy Sadi Konuk SUAM. Göğüs Cerrahisi Kliniği İstanbul

ÖZET:

Pektus ekskavatum (kunduracı göğsü), sternum ve kostal kartilajların değişken derecelerde depresyonu ile karakterize en sık rastlanan (%80-90) doğumsal göğüs duvarı deformitesidir. Olguların %15 – 45 'inde benzer göğüs duvarı deformitesi görülen aile öyküleri bulunmakla birlikte genetik geçiş bilinmemektedir. Göğüs duvarı deformiteleri, izole bir malformasyon olduğu gibi genetik bir sendromun belirtisi olarak da görülebilirler. Pektus ekskavatumun patogenezi henüz tam olarak bilinmemekle birlikte kostokondral bölgelerin büyüme esnasında kostaların kartilaj kısımlarının aşırı büyümesi ve beraberinde sternumu arkaya doğru itmesinin deformite oluşumunun temelini oluşturduğu kabul edilmektedir. Pektus ekskavatum infant ve erken çocukluk döneminde iyi tolere edilir. Semptomlar deformitenin derecesi ile ilgilidir. Semptomlar genellikle büyümenin hızlı olduğu puberte döneminde başlar. Orta ve ileri derece sternal depresyonlarda eforla gelen taşikardi, prekordial ağrı, dispne, çabuk yorulma, siyanoz, bayılma gibi belirtiler olabilir. Pektus ekskavatumun göğüs kafesinde yarattığı deformiteyi düzeltmek cerrahinin ana prensibini oluşturur. Pektus ekskavatum deformitesinin düzeltilmesi için hastanın klinik ve psiko-sosyal durumunun dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekir. Günümüzde bazı klinisyenler deformitenin cerrahi rekonstrüksiyonun, kardio – pulmoner baskı bulgularının hafif – orta düzeyde olması ve cerrahi sonrası bu bulgularda düzelmenin minimal ya da hiç olmaması nedeniyle semptomatik nedenlerle yapılmasının gerekmediğini savunmaktadır. Cerrahinin yapılmasını savunan büyük çoğunluk ise, semptomatik veya asemptomatik olsun hastaların hem psikososyal hem de fizyolojik etkilerinin düzelmesiyle hayat kalitesinin artması, rekonstrüksiyonun ana temelini oluşturduğu görüşündedir. Pektus ekskavatumlu hastalarda deformitenin klasifikasyonu, fizyolojik etkilerinin olup olmadığı belirlenerek buna göre bir tedavi seçmek, kişinin hem beden hem de ruh sağlığı açısından önem arz etmektedir.

ABSTRACT:

Pectus excavatum is the most common (80-90%) congenital chest wall deformity characterized by varying degrees of depression of sternum and costal cartilages. Although there are family histories with similar chest wall deformity in 15 to 45% of cases, genetic transition is unknown. Chest wall deformities may be an isolated malformation or as a symptom of a genetic syndrome. Pectus excavatum pathogenesis is not entirely known, but the ribs and sternum cartilage overgrowth portions rearward thrust is considered the foundation of the deformity. Pectus excavatum is well tolerated in infant and early childhood. The symptoms are related to the degree of deformity. Symptoms usually begin in the period of puberty where growth is fast. Symptoms such as tachycardia, precordial pain, dyspnea, fatigue, cyanosis and fainting may be present in moderate to severe sternal depression. Correcting the deformity of pectus excavatum in the rib cage constitutes the main principle of surgery. The clinical and psycho-social status of the patient should be carefully examined to correct the pectus excavatum deformity. Currently, some clinicians argue that deformity is not necessary for surgical reconstruction, mild to moderate cardiopulmonary compression findings, and for symptomatic reasons, because of minimal or no improvement in these findings after surgery. The majority of people who advocate surgery, whether symptomatic or asymptomatic, believe that both the psychosocial and physiological effects of the patients improve the quality of life and constitute the main basis of the reconstruction. The classification of the deformity in patients with pectus excavatum, determining the physiological effects and choosing a treatment accordingly are important for both the body and the mental health of the person.

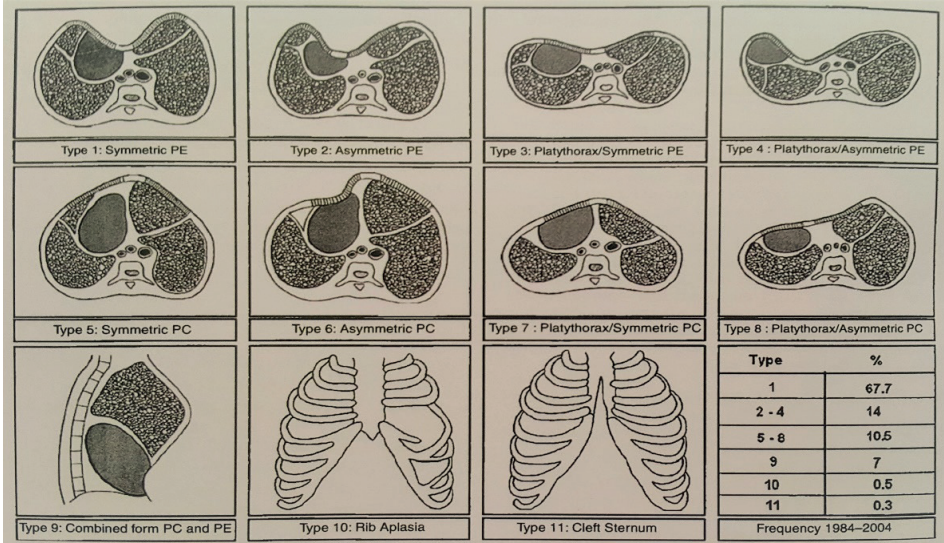
PEKTUS EKSKAVATUM

Pektus ekskavatum (kunduracı göğsü), sternum ve kostal kartilajların değişken derecelerde depresyonu ile karakterize en sık rastlanan (%80-90) doğumsal bir anterior göğüs duvarı deformitesidir. İlk kez Bauhinus tarafından 1594 yılında tek olgu sunumu olarak [1], Egge tarafından ise 1870 yılında bir deformite olarak tanımlanmıştır [2].

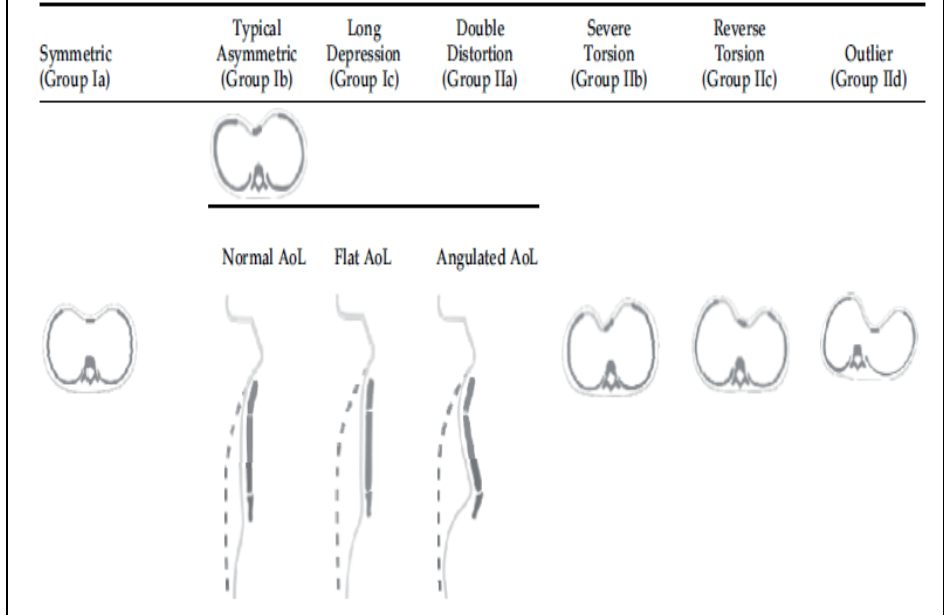
Sıklıkla doğumdan sonra (%86), ya da ilk bir yıl içinde fark edilmeye başlar. Puberte döneminde kemik dokulardaki hızlı büyümeyle birlikte ilerleyerek belirgin bir hal alır. Genellikle 3 ve 4. kostalardan başlayarak aşağıya doğru derinleşmektedir. Olguların büyük çoğunluğunda çöküntü, manubriyo-gladioler kavşaktan başlar, ksifoid seviyesinde maksimum derinliğe ulaşır. Simetrik veya asimetrik olabilir. Asimetrik deformiteye sık rastlanır, genelde sağ taraf daha depresedir ve bazı olgularda sternal rotasyon da mevcuttur [3].

Willital tarafından 1991 yılında göğüs duvarının deformiteleri sınıflandırılmıştır [4]. Buna göre tüm göğüs duvarı deformiteleri 11 tipe ayrılmıştır [Şekil 1]. Bu sınıflama tüm anterior göğüs duvarı deformitelerini izole ve kombine olarak ayırır.

Jin-Ho Choi ise 2016 yılında göğüs deformiteli hastaların bilgisayarlı tomografi (BT) çekimlerinden faydalanarak ölçülen parametrelere göre objektif kriterlerle bir sınıflama yayınlamıştır [5]. Bu sınıflama sistemine göre de pektus ekskavatum 7 alt tipe ayrılmıştır [Şekil 2]. Göğüs duvarının asimetrisi, sternumun düzlüğü ve torsiyonun şiddeti sınıflamanın önemli belirleyicileridir. Sınıflamanın istatistikî verilerine göre en sık görülen grup ise simetrik pektus ekskavatumdur. Bu tip sınıflamalar, tedavideki metodların belirlenmesi ve uygulanacak ise cerrahi yöntemin seçimi açısından önem arz etmektedir.



Şekil 1. Anterior göğüs duvarı deformiteleri Willital Sınıflaması



Şekil 2: Pektus ekskavatumda Choi sınıflaması, AoL (Luis açısı)

EPİDEMİYOLOJİ

Her canlı doğumda 1/300-400 oranında rastlanmaktadır [6]. Erkeklerde 5 kat fazla görülmektedir [7]. Olguların %15 – 45 'inde benzer göğüs duvarı deformitesi görülen aile öyküleri bulunmakla birlikte genetik geçiş bilinmemektedir [8]. Amerika Birleşik Devletleri'nde geniş vaka serili bir çalışmada vakaların çoğunlukla (%89).Kafkasyan ırkına mensup, bunun dışında diğerlerinin %9 Hispanik, %2'sinin Asyalı olduğu tespit edilmiştir [9]. Bununla birlikte tanımlanmış bir genetik bulgu mevcut değildir.

Göğüs duvarı deformiteleri, izole bir malformasyon olduğu gibi genetik bir sendromun belirtisi olarak da görülebilirler.. Skolyoz (%15-20), Marfan Sendromu (%5-8), Ehler-Danos (%3) gibi iskelet sistemi anomalileri ve daha az sıklıkla (%1.5).konjenital kalp hastalıklarıyla (Noonan Sendromu).görülmemektedir [10]. Pektus ekskavatum ile birlikte sık görülen Marfan Sendromu bağ dokuyu etkileyen bir sorundur. Otozomal dominant geçişlidir. Kalp, kan damarları, kemikler, tendonlar, kıkırdak, gözler, sinir sistemi, deri ve akciğerler dahil olmak üzere çoğu vücut sistemi etkilenir. Ekstremitte kemiklerinde uzama, aort kökünde genişleme, mitral valf bozuklukları gibi çeşitli belirtileri mevcuttur [11].

Pektus ekskavatum ayrıca düzeltilmiş konjenital diyafragma hernisi olan çocuklarda daha yaygındır, çünkü bu çocuklardaki diyaframın aksı vertikal değil daha horizontal yerleşimlidir bu da sternumun alt ucunun içeri doğru çekilmesine neden olabilmektedir[12].

ETYOLOJİ

Pektus ekskavatumun patogenezi henüz tam olarak bilinmemekle birlikte kostokondral bölgelerin büyüme esnasında kostaların kartilaj kısımlarının aşırı büyümesi ve beraberinde sternumu arkaya doğru itmesinin deformite oluşumunun temelini oluşturduğu kabul edilmektedir. Kartilajlardaki düzensiz büyümenin ise kollajen formasyonundaki bazı defektlerden olabileceği düşünülmektedir. Amyantoid (asbestoid) fibriller, asbeste benzer yapıda olan kristallerdir. Amyantoid dönüşümü (AD), hiyalin kırkırdaklarda, tümörlerde ve tendonlarda anormal kollajen yapılarının (amianthoid lifler) birikimidir. Göğüs deformitelerinin patogenezindeki rolü günümüzde kesin olarak bilinmemekle birlikte, yapılan bir çalışmada AD liflerinin pektus ekskavatumlu hastaların kostal kartilajlarında sağlıklı insanlarınkine göre daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir [13]. Başka bir çalışmada ise pektuslu hastalarla normal bireylerin kostal kartilajlarının direnç testleriyle karşılaştırması yapılmış, pektusluların kostal kartilajlarının ortalama gücü, gerginlik, sıkıştırma ve elastikiyet açısından kontrol grubuna göre daha az saptanmıştır. Ayrıca kırkırdakların yüzeysel ve derin bölgeleri elektron mikroskobunda incelenmiş, pektus ekskavatumlularda kırkırdığın derin bölgelerinde tip 2 kollajenin dağılımının düzensiz olduğu gösterilmiştir [14].

Akciğer ve hava yolları gelişimine olan etkiler

Pektus ekskavatumun solunum fonksiyonuna olan etkileriyle ilgili çalışmalarda, deformitenin derecesine göre artan oranda hastalarda akciğer volümlerinde azalma bildirilmekte ve akciğer volümlerindeki bu azalmanın restriktif şekilde olduğu görüşündedirler [15, 16]. Restriksiyonun, göğüs kafesini dar ve düzensiz bir şekle sokması sonucu akciğer gelişiminin bundan etkilenmesiyle birlikte akciğer volümleri azalabilir. Buna karşılık yeni bazı çalışmalar göstermiştir ki, ağır deformiteler dışında akciğer volümleri ya çok az düşmekte ya da normal sınırlarda kalmaktadır [9] [Tablo 1]. Son yapılan bir çalışmada ise vakaların %54'ünde normal akciğer volümleri ve hava yolu fonksiyonları, %41'inde obstrüktif patern, %5'inde restriktif patern bulunmuştur. Ayrıca Normal akciğer fonksiyonlu vakaların ağırlıklı olarak 9 yaş ve altı olduğu, Solunum fonksiyonların 9 yaş üzerinde daha çok etkilendiği belirtilmiştir [9] .

Kardiovasküler sistem üzerine olan etkiler

Sternumun depresyonu ile karakterize olan bu deformite göğüs kafesinin ön – arka çapında önerimli derecelerde azalmasıyla sonuçlanabilmektedir. Bu azalma kalbin diastol sırasında yeterli miktarda genişleyememesi sonucu sistol esnasında stroke volümde azalmaya neden olabilir. Bu da özellikle egzersiz sırasında artmış metabolik ihtiyaca yetmeyebilir. Kardiovasküler fonksiyonlar, sternumun baskısı arttıkça kalbin yer değiştirmesi ve büyük damarların rotasyonu ile daha da komplike hale gelebilir [17]. *İleri evre pektus ekskavatumlu hastalarda kalbin farklı yerleşimine bağlı olarak volüm azalması sonucu taşikardi, elektrokardiografi (EKG) ' de sağ aks deviyasyonu, ST segmentinde çökme (%68), sol ventrikül çıkış yolu basısına bağlı fonksiyonel sistolik üfürüm (%18), hastaların %7-20 kadarında mitral valve prolapsusu, %16'ında ileti bozuklukları (dal blokları) görülebilir. İzole pektus ekskavatum hastalarında kardiyak anomaliler çok beklenmezken*

Tablo 1: İdiopatik pektus ekskavatumlu hastalarda klinik karakteristikler ve akciğer fonksiyonları

Klinik karakteristikler	Hasta sayısı (%)
Erkek/Kadın	71/79
Aile hikayesi	17
Sternal rotasyon	27
Skolyoz	22
Egzersiz tolerans testinde azalma	20
Bronşial hipersensitivite	18
Akciğer fonksiyon testleri	(Beklenen normal değer %)
TLC	95±15
RV/TLC	127±46
FEV1	93±19
FEV1/FVC	86±19
FEF 25-75	86±19
PEFR	98±25

Koumbourlis ve Stolar'dan alınmıştır.

TLC: Total akciğer kapasitesi, RV: Rezidüel volüm, FEV1: Zorlu ekspiratuar volüm 1.sn, FVC: Zorlu vital kapasite, FEF25-75: Zorlu ekspiratuar akım %25-75 arası, PEFR: Ekspiratuar akım eğrisi tepesi.

Noonan ve Marfan gibi eşlik eden sendromlarda kardiyovasküler anomaliler görülme riski yüksektir [18].

Omurga üzerine etkiler

Pektus ekskavatumda oluşan sternum depresyonu, kaburgaların (Özellikle alt bölgelerdekiler) hareketini sınırlar ve torasik kavitenin alt kısmının genişlemesine mani olur. Böylelikle alt torasik bölgenin solunum hareketi sadece vertikal yönde olur. Ayrıca özellikle asimetric sternum depresyonlarında kaburgalar omurga üzerine baskı uygularlar. Bütün bu etkilerin sonucunda omurga kemiklerinin yer değiştirmesi ile skolyoz gelişimi olabilir. Skolyozun derecesine göre akciğerlerde rezidüel volüm (RV) artar, Tidal volüm (TV) /RV oranı azalır, CO₂ retansiyonu riski artar, adolesan dönemde büyümenin hızlanması, kas güçsüzlüğünün artması ve oturur pozisyonda geçirilen zamanın artması sonucu skolyoz ilerler [19].

Solunum kaslarına olan etkiler

Pektus ekskavatum, solunum kas gruplarını direk olarak etkilemese de göğüs kafesindeki şekil bozukluğu, maksimal inspiratuar ve ekspiratuar basınçlarda (MIP ve MEP) azalmayla sonuçlanabilecek mekanik zorluklar yaratabilir. Bu da, pektus ekskavatumlu hastalarda yüksek RV/ Total akciğer kapasitesi (TLC) oranındaki görülme sıklığını açıklayabilmektedir [20].

KLİNİK BELİRTİ VE BULGULAR

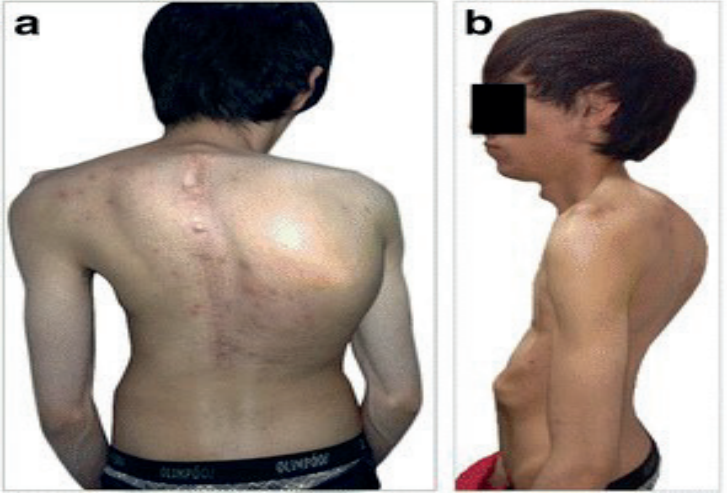
Hastalar sternumun içeri doğru depresyonu ile dar ve çoğu zaman asimetrik bir göğüs kafesi yapısıyla birlikte uzun ve ince görünümündedirler. Hastaların karakteristik postürü omuzlar öne doğru sarkık ve kamburdur [Şekil 3]. Hafif ve orta şiddetteki ekskavatumda kambur duruş görülmeyebilir. Arkadan bakıldığında ise omurgada skolyoz görülebilir [Şekil 4]. İspirasyon sırasında sternal depresyon daha belirgin hale gelir. Göğüs kafesi normalde solunumda öne – yukarı hareket ederken burada dikey olarak yukarı hareket eder gibi görünür.

Pektus ekskavatum infant ve erken çocukluk döneminde iyi tolere edilir. Semptomlar deformitenin derecesi ile ilgilidir. Semptomlar genellikle büyümenin hızlı olduğu puberte döneminde başlar. Orta ve ileri derece sternal depresyonlarda eforla gelen taşikardi, prekordial ağrı, dispne, çabuk yorulma, siyanoz, bayılma gibi belirtiler olabilir. Egzersiz toleransı genelde düşüktür, hastaların yaklaşık %30'unda sık tekrarlayan pulmoner enfeksiyonlar görülmektedir. Özellikle ileri yaştaki hastaların %10'unda egzersiz sonrası deformitenin olduğu bölgede hafif şiddette ağrı şikayeti olur. Ağrı, pektoral kasın deformasyonuna ve kötü postüre bağlı olmaktadır.

Pektus ekskavatumun yarattığı önemli sorunlardan biri de psikososyal etkilerdir. Özellikle puberte çağında hastaların büyük çoğunluğu deformitenin kozmetik görüntüsünden şikayetçi olduğundan içe kapalı, utangaç olurlar, genellikle sportif ve sosyal aktivitelerden kaçınmaya çalışırlar.



Şekil 3



Şekil 4

TANI

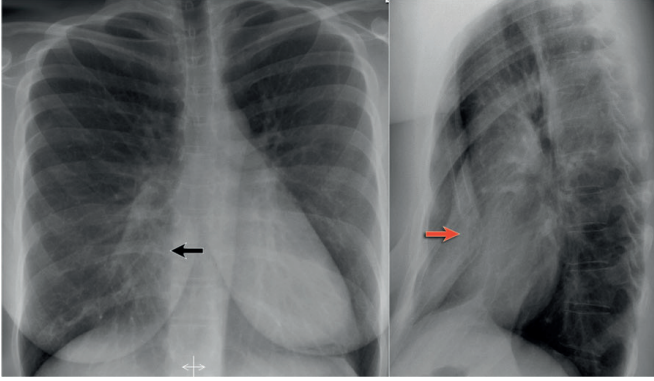
Pektus ekskavatum, deformitenin göğüs duvarında yarattığı karakteristik görünüm nedeniyle genellikle kolaylıkla tanı konulur. Bununla birlikte, deformitenin derecesi ve eşlik eden patolojiler tek başına fiziksel görünüm temelinde belirlenemez. Özellikle cerrahi düzeltme planlanan hastalarda kapsamlı bir değerlendirme gerekmektedir. Bu amaçla aşağıdaki yöntemler kullanılır.

Pulmoner değerlendirme

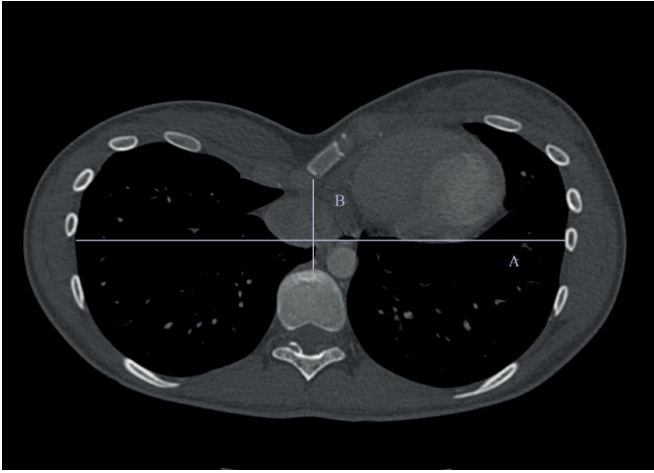
Akciğer fonksiyonları, hem ilk değerlendirme açısından, hem de uzun dönem takiplerde en kolay ve en kullanışlı testlerdendir. Akciğer volümleri, hava yolu basınçları, maksimum inspirasyon ve ekspirasyon basınçları ölçümleri için pletismografi, spirometri gibi testler uygulanır. Solunum fonksiyon testlerindeki anormallikler subjektif yakınmalardan genellikle daha azdır. Zorlu vital kapasite (FVC).sıklıkla normal bulunurken TLC ve RV değişkenlik gösterir [9].

Radyolojik değerlendirme

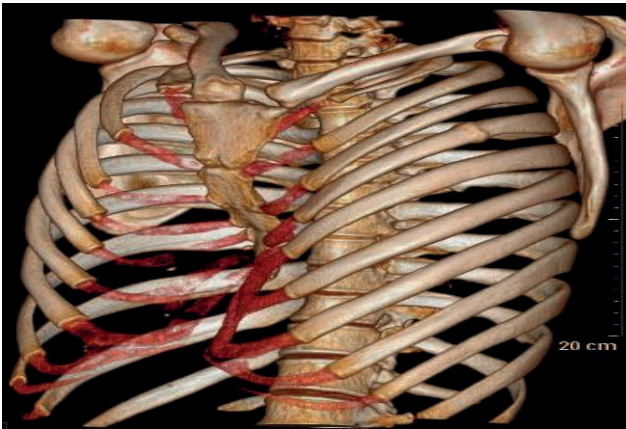
Direk grafiler, özellikle de yan grafi sternal çökmeyi kolaylıkla teşhis eden bir tetkik yöntemidir [Şekil 5]. BT, günümüzde sık kullanılan bir tanı yöntemidir ve pektus ekskavatumda deformitenin derinliğini belirleyen önemli bir tanı yöntemidir. Haller indeksi, toraks BT’de göğüsün lateral çapının (A), maksimum depresyon noktasındaki sternum ile omurga arasındaki mesafeye (B) oranıdır [20] [Şekil 6]. Normal bir göğüs kafesinde Haller indeksi ortalama 2.5’tur. İndeksin 4 ve üzerinde olması cerrahi düzeltme kriterlerindedir. Toraks BT’nin önemli bir avantajı da cerrahi planlanan hastalarda cerrah için toraksın anatomisi hakkında ayrıntılı bilgi vermesi ve cerrahi yöntemin bu anatomiye göre belirlenmesidir [Şekil 7]. Bu nedenle cerrahi gruptaki hastalarda günümüzde standart tanı yöntemi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5: Pektus ekskavatunun pa ve lateral göğüs grafisi görüntüsü



Şekil 6: Haller İndex =



Şekil 7: Pektus ekskavatunun üç boyutlu BT görüntüsü

Kardiak değerlendirme

Kardiak etkilenmeyi araştırma, derecesini belirleme ve diğer kardiak patolojilerden ayırma açısından EKG ve ekokardiografi rutin olarak uygulanmaktadır. EKG genellikle normal olmakla birlikte deformite derinliğine bağlı olarak sağ aks deviasyonu ve ST depresyonu görülebilir.

Ekokardiografide kalpte sternal kompresyona bağlı sağa veya sola deviasyon görülmektedir. Özellikle Marfan ve Noonan Sendrom'larında daha fazla olmak üzere mitral valv prolapsusu saptanabilir. Bunun dışında nadir olarak da sağ kalp ve ana pulmoner arterde bası, mitral ve triküspit kapakta da regürjitasyon bulguları görülebilir. Anjiyografi ise nadiren yapılan bir tetkiktir [8].

Kardio-pulmoner egzersiz testi

Fonksiyonel objektif bir değerlendirme için kardiopulmoner egzersiz testi en yararlı testtir. Bu test ile kardiak ve pulmoner fonksiyonların kantitatif olarak sınırları ve bir kısıtlanma varsa bunların bası veya primer bir kardiovasküler / pulmoner patolojiden kaynaklanıp kaynaklanmadığını bize gösterir [21].

TEDAVİ

Pektus ekskavatumun göğüs kafesinde yarattığı deformiteyi düzeltmek cerrahinin ana prensibini oluşturur. Tarihsel olarak ilk cerrahi düzeltme Meyer tarafından 1911 yılında sağ parasternal iki kartilajın çıkarılmasıyla denenmiş fakat başarı sağlanamamıştır [22]. Sauerbruch 1920 yılında sternumun deprese olan bölgesini askıya alma yöntemiyle ilk başarılı düzeltmeyi gerçekleştirmiştir [23]. Ravitch, günümüzde çeşitli değişikliklerle de olsa hala kendi adıyla uygulanmakta olan, deprese olan bölgenin kartilajlarının çıkarılması + sternal osteotomi + sternumun altına Kirschner teli yerleştirilmesiyle tariflediği cerrahi yöntemi ilk kez 1949 yılında bildirmiştir [24]. Nuss ise ilk kez 1980 yılında, göğüs kafesinin çocuklarda elastisitesinin yüksek olması prensibine dayanarak herhangi bir kartilaj çıkarılması ve sternal osteotomi yapılmadan minimal invaziv olarak torakoskopik yardımcı sternum arkasına bir pektus bar yerleştirme ile deformite onarımını tarif etmiş ve bu yöntem modern pektus cerrahisinin günümüzde en sık uygulanan yolu olmuştur [25]. Cerrahi korreksiyonun amacı; toraksın normal olarak gelişimini sağlamak, kalbe ve akciğerlere olan baskıyı ortadan kaldırmak, postürü düzeltmek, deformitenin kozmetik kusurları nedeniyle zamanla gelişen psiko-sosyal problemlerin düzelmesine katkıda bulunmaktır.

Cerrahi endikasyonlar:

- 1) Deformitenin yaşla birlikte ilerlemesi veya semptomların ortaya çıkması
- 2) Akciğer fonksiyon testlerinde restriktif patern mevcut olması
- 3) Kalp basısı bulguları, ateletatik akciğer, BT Haller indeksinin > 3.25 olması
- 4) Kardiak malformasyonlar (Mitral valv prolapsusu, kardiak aritmiler)
- 5) Cerrahi operasyon sonrası yetersiz düzelme [26]

Pektus ekskavatum deformitesinin düzeltilmesi için hastanın klinik ve psiko-sosyal durumunun dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekir. Günümüzde bazı klinisyenler bu deformitenin cerrahi rekonstrüksiyonun, kardio – pulmoner bası bulgularının hafif – orta düzeyde olması ve cerrahi sonrası bu bulgularda düzelmenin minimal ya da hiç olmaması nedeniyle semptomatik nedenlerle yapılmasının gerekmediğini savunmaktadır. Cerrahinin yapılmasını savunan büyük çoğunluk ise, semptomatik veya asemptomatik olsun hastaların hem psikososyal hem de fizyolojik etkilerinin düzelmesiyle hayat kalitesinin artması, rekonstrüksiyonun ana temelini oluşturduğu görüşündedir [3].

Günümüzde semptomatik olmayan olgularda Plastik Cerrahi tarafından kozmetik amaçla minimal invaziv girişimler de uygulanabilmektedir. Hastanın deformite yapısına özel üretilen silikon materyaller kullanılarak defekt alanının kapatılması sağlanabilmektedir [27].

Bunların dışında konservatif yaklaşım olarak son yıllarda non -invaziv bir yöntem olan Vacum Bell cihazlarıyla da düzeltme sağlanabilmektedir. Hastanın deformitesi hafif, cerrahi kontrendikasyon olması, hastanın kendisi ya da ailesi cerrahi herhangi bir girişimi kabul etmiyorsa tercih edilebilecek tedavi yöntemidir.

Pektus ekskavatumlu hastalarda deformitenin klasifikasyonu, fizyolojik etkilerinin olup olmadığı belirlenerek buna göre bir tedavi seçmek, kişinin hem beden hem de ruh sağlığı açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

1. Bauhinus J. Schenck von Grafenberg, Johannes . *Obsevationum medicarum, rararum, novarum, admirabilium, et montrosarum, liber secundus. De partibus vitalibus, thorace contentis.* Observation 1594; 264: 516.
2. Eggel G. Eine seltene Missbildung des thorax. *Virchows Arch.* 1870; 49: 230.
3. Koumbourlis AC, Pectus excavatum: Pathophysiology and clinical characteristics, *Paediatric Respiratory Reviews*, 2009; 10: 3–6
4. Willital GH, Maragakis MM, Schaarschmidt K, Kerremans I, Indikation zur Bchandlung der Trichterbrust. *Dtsch Krankenpflegez.* 1991; 418-23.
5. Choi JH, Park IK, Kim YT, Kim WS, Kang CH, Classification of Pectus Excavatum According to Objective Parameters From Chest Computed Tomography. *Ann Thorac Surg* 2016; 102: 1886–91.
6. Chung CS, Myriantopoulos NC. Factors affecting risks of congenital malformations. I. Analysis of epidemiologic factors in congenital malformations. Report from the CollaborativePerinatal Project. *Birth Defects Original Article Series* 1975; 11: 1–22.
7. Folkalsrud EW. Management of pectus chest deformities in female patients. *Am J Surg.* 2004; 187: 192–97.
8. Fonkalsrud EW. Current management of pectus excavatum. *World J Surg* 2003; 27: 502–8.
9. Koumbourlis AC, Stolar CJ. Lung growth and function in children and adolescents with idiopathic pectus excavatum. *Pediatr Pulmonol* 2004; 38: 339–43.
10. Kelly RE. Pectus excavatum: historical background, clinic picture, preoperative evaluation and criteria operation. *Sem Ped Surg.* 2008; 18: 181-93.
11. Kotzot D. Genetics of chest wall deformities In Schwabegger AH. editor. *Congenital Chest Wall Deformities.* New York: Springer Wien; 2011. p: 14-23.

12. Rowland T, Moriarty K, Banever G. Effect of pectus excavatum deformity on cardiorespiratory fitness in adolescent boys. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005; 159: 1069–73.
13. A. V. Kurkov, A. B. Shekhter, A. E. Guller, V. A. Plyakin and V. S. Paukov, The morphological and morphometric study of amianthoid transformation of the costal cartilage in health and in keeled chest deformity in children, *Arkhiv pathologi*, 2016, 78: 6-30.
14. Feng, J, Hu T, Liu W, Zhang S, Tang Y, Chen R., The biomechanical, morphologic, and histochemical properties of the costal cartilages in children with pectus excavatum, *J Ped Surg*. 2001, 36: 1770 – 76.
15. Kaguraoka H, Ohnuki T, Itaoka T, Kei J, Yokoyama M, Nitta S. Degree of severity of pectus excavatum and pulmonary function in preoperative and postoperative periods. *JThorac Cardiovasc Surg* 1992; 104: 1483–88.
16. Aronson DC, Bosgraaf RP, Merz EM, van Steenwijk RP, van Aalderen WM, van Baren R. Lung function after the minimal invasive pectus excavatum repair (Nuss procedure). *World J Surg* 2007; 31: 1518–22.
17. Quigley PM Haller JA Jr, Jelus KL Loughlin GM Marcus CL. Cardiorespiratory function before and after corrective surgery in pectus excavatum. *J Pediatr* 1996; 128: 638–43.
18. Sigalet DL, Montgomery M, Harder J, Wong V, Kravarusic D, Alassiri A. Long term cardiopulmonary effects of closed repair of pectus excavatum. *Pediatr Surg Int* 2007; 23: 493–97.
19. Waters P, Welch K, Micheli LJ, Shamberger R, Hall JE. Scoliosis in children with pectus excavatum and pectus carinatum. *J Pediatr Orthop* 1989; 9: 551–56.
20. Haller JA, Kramer SS, Lietman SA. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *J Pediatr Surg* 1987; 22: 904-6.
21. Malek MH, Fonkalsrud EW, Cooper CB. Ventilatory and cardiovascular responses to exercise in patients with pectus excavatum. *Chest* 2003; 124: 870–82.
22. Meyer L. Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Ttrichterburst. *Verh Berliner Med.* 1911; 42: 364-73.
23. Sauerbruch F, *Die Chirurgie der Brustorgane*. Berlin: Verlag Springer; 1920; p. 440-4.
24. Ravitch MM. The Operative Treatment of Pectus Excavatum. *Ann Surg* 1949; 180: 429-44.
25. Nuss D, Kelly RE Jr, Croitoru DP, Swoveland B. Repair of pectus excavatum. *Pediatr Endosurg Innovat Tech* 1998; 2: 205-21.
26. Kutluk AC, Metin M. Congenital chest wall deformities. 2017; 28: 195-204
27. Schwabegger AH, Frari BD. Custom made silicone implants. In Schwabegger AH editor. *Congenital thoracic wall deformities*. New York: SpringerWien; 2011.p. 143-9.