

Az invaziv pektus ekskavatum onarımı (Nuss yöntemi): Tedavisi tamamlanan olgular

Erdal KARAKAYA, Ali TEKİN, Gülce HAKGÜDER, Oğuz ATEŞ, Mustafa OLGUNER, Feza MAKGÜR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı, İzmir

Özet

Amaç: Pektus ekskavatumun (PE) klasik ameliyatı olan "Ravitch" yöntemine alternatif olarak geliştirilen "Nuss" yöntemi ile diğer onarım yöntemlerinin aksine, pektus ekskavatum kıkırdak rezeksiyonu ve osteotomilere gerek kalmadan minimal invaziv olarak düzeltilebilmektedir.

Gereç ve Yöntem: Mayıs 2002-Kasım 2008 tarihleri arasında "Nuss" yöntemi ile pektus ekskavatum onarımı uygulanan ve tedavileri tamamlanarak destek çubukları çıkarılan yaşları 5 ile 22 yaş arası (ortanca 10 yaş) değişen 14 pektus ekskavatumlu hastanın (5 kız, 9 erkek) dosya ve video kayıtları incelendi.

Bulgular: On beş ve 18 yaşındaki iki hasta dışındaki hastalara tek destek çubuk yerleştirilirken bu iki hastaya iki destek çubuk yerleştirildi. İki hastada yara yerinde sıvı koleksiyonu, bir hastada yara yerine deri flebi ile revizyon gerektiren nikel alerjisi gelişmesi haricinde ameliyat sırasında ve sonrası takiplerinde bir komplikasyonla karşılaşılmadı. On dört hastanın destek çubukları ikinci yılları dolduktan sonra sorunsuz bir şekilde çıkarıldı. Destek çubuğu çıkarılan hastaların göğüs kafesi onarım sonrası yeni şeklini korumaktadır.

Sonuç: "Nuss" yöntemi, az kan kaybına neden olması, az skar bırakarak iyileşmesi ve ameliyat süresinin kısa olması nedeni ile gerek hastalar ve ebeveynleri tarafından gerekse doktorlar tarafından tercih edilmektedir.

Anahtar sözcükler: Pektus ekskavatum, az invaziv pektus ekskavatum onarımı, "Nuss" yöntemi

Summary

Minimally invasive pectus excavatum repair (Nuss procedure): Cases whose treatments had completed

Aim: Minimally invasive pectus excavatum repair technique was developed as an alternative to standart "Ravitch" technique. With "Nuss" procedure, pectus excavatum can be repaired without cartilage resections and osteotomies. The results of "Nuss" procedure shows that, the cosmetic results are satisfactory in prepubertal age group.

Material and Method: The hospital records of 14 patients (5 girl and 9 boys) aging 5 years to 22 years (median 10 years) who underwent "Nuss" procedure during May 2002-November 2008 and had their bars removed were evaluated retrospectively.

Results: Apart from the 15 and 18 years old patients who had two support bars placed into their thoracic cavity, one support bar was placed to the remaining 12 children. Perioperative and postoperative period of the patients were uneventful except two patients that have fluid collection on wound and one patient had a nickel allergy that was treated with skin flap. The support bars of the first 14 patients had been removed without any problem after the end of their postoperative two years. Chest walls of the 14 children have been maintaining their new shape after the bar removal.

Conclusion: Nuss repair has been appealing to the patients, parents and surgeons with less blood loss, small scar and shorter surgery time.

Key words: Pectus excavatum, minimally invasive pectus excavatum repair, Nuss Procedure

Giriş

Pektus ekskavatumun (PE) klasik ameliyatı olan "Ravitch" yöntemine alternatif olarak Nuss tarafından az invaziv bir ameliyat yöntemi geliştirilmiştir ve 1987 yılından beri kendisi tarafından uygulanmaktadır

Adres: Dr. Feza Akgür, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı, Balçova, 35340, İzmir
Yayına kabul tarihi: 14.1.2009

(22,19). İlk olarak 1998 yılında sonuçları yayınlanan "Nuss" yöntemiyle, PE kıkırdak rezeksiyonu ve osteotomilere gerek kalmadan az invaziv cerrahi prensiplerine göre düzeltilebilmektedir (19). Standart Ravitch yöntemi ile karşılaştırıldığında, Nuss yöntemi, az kan kaybına neden olduğu, ameliyat süresinin daha kısa ve az ameliyat izi kaldığı için gerek cerrahlar gerekse hastalar ve ebeveynleri tarafından tercih edilir olmuştur (3,6-8). Anabilim dalımızda 2002 yılından beri

uygulanmakta olan Nuss yöntemi ile pektus ekskavatum onarımı uygulanmış ve çubukları çıkarılarak tedavisi tamamlanmış hastaların sonuçlarını sunmayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Mayıs 2002-Kasım 2008 tarihleri arasında “Nuss” yöntemi ile PE onarımı uygulanan ve tedavileri tamamkanarak destek çubukları çıkarılan, yaşları 5 ile 22 yaş arası (ortanca 10 yaş) değişen 14 pektus ekskavatumlu hastanın (5 kız, 9 erkek) dosya ve video kayıtları incelendi.

Tüm hastalar, ameliyat öncesi bilgisayarlı toraks tomografisi, solunum fonksiyon testleri ve ekokardiografi ile değerlendirildikten sonra göğüs kafesi antropometrik ölçümleri yapıldı. Toraks içine yerleştirilecek destek çubuğunun uzunluğunu saptamak için çöküklüğün en derin olduğu hizadan her iki orta aksiller çizgi arası mesafe göğüs duvarı üzerinden bir terzi metresi ile ölçüldü. Göğüs transvers, ön-arka çap ve pektus krateri kenarları arası mesafe ölçümleri ise pelvimetre kullanılarak yapıldı. Hastanın bu antropometrik ölçümlerine göre birer şablon hazırlandı.

Destek çubuğu ortopedik implant sektöründe “custom made” (tabip siparişi üzerine üretilen ürün) olarak adlandırılmaktadır. Tarafımızdan teknik çizimleri yapılarak, hastalara uygun olarak değişen boyda, 15 mm genişliğinde, 2,5 mm kalınlığında destek çubukları ve uygun yan sabitleyici parçalar üretilirdi (Hipokrat Ortopedik Aletler Sanayi Ltd., İzmir). Tarafımızdan teknik çizimleri yapılan bu implant “Dokuz Eylül Kunduracı Göğsü Destek Çubuğu” olarak adlandırıldı.

Hastanın antropometrik ölçülerine göre çizilen şablon üzerinden “geyik ayağı” adı verilen çelik destek çubuk eğicileri yardımı ile kıvrıldı ve ameliyattan bir gün önce otoklavda steril edildi. Destek çubuğunun göğüs kafesi kıvrımlarına tam oturmasını sağlamak için, son şekillendirilmesi ameliyathanede hasta genel anestezi altında iken, steril şartlarda yapıldı.

Tüm hastalarda, genel anestezi altında, çöküklüğün

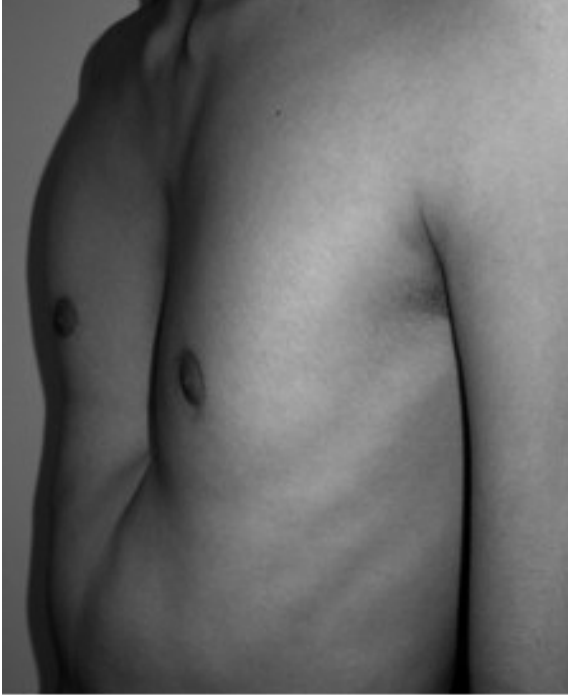
en derin olduğu hizadan ön aksiller çizgi ile orta aksiller çizgi arasından veya orta aksiler çizgiyi ortalayacak şekilde bilateral transvers insizyonlar yapıldı. Destek çubuğunun geçirilmesi planlanan interkostal aralığın 2 alt aralığından, aynı cilt insizyonu içinden 5 mm’lik portlar yerleştirildi. Bilateral torakoskopi eşliğinde iki kılavuz şerit, sağ torakstan uzun Kely klemp veya şerit geçirici alet (“introducer”) ile girilerek, künt diseksiyon ile sternum ve perikardın arasından sol toraksa geçirildi ve sol torakal insizyondan dışarı alındı. Kılavuz şeritlerden birinin sağ ucuna bağlanan destek çubuğu, şerit kılavuzluğunda sağdan sol hemitoraksa doğru, açıklığı yukarı bakar şekilde toraks içinden, kalp ve sternumun arasından geçirildi. Sonra destek çubuğu karın yönünde döndürücüler ile 180° döndürülerek sternumun çökük olan kısmının yukarı kaldırılması sağlandı. Destek çubuğu yan sabitleyicilere 8 çizecek şekilde tel dikiş ile tespit edildi. Sabitleyiciler ise monoftaman emilmeyen dikişler ile göğüs kafesini çevreleyen kaslara tutturuldu. Hasta basınçlı solutularak akciğerlerin tamamen genişlemesi sağlanarak, plevral boşluklardaki havanın port deliklerinden sokulan sondalar ile sualtı drenajı altında çıkması sağlandı.

Bulgular

Hastalarımızın özellikleri tabloda özetlenmiştir. Tüm hastaların pektus ekskavatum onarımı “Nuss” yöntemi ile tamamlandı. İlk üç hastada, Holcomb III’ün tarif ettiği kısa substernal kesi yapılarak önce sağ, sonra sol hemitorakstan kılavuz şerit geçirildi. Kazanılan deneyim ile sonraki vakalarda bu uygulama bırakıldı. Daha önce başka bir merkezde Ravitch yöntemi ile pektus ekskavatum onarımı yapılmış, ancak nüks etmiş bir hastaya Nuss onarımı sorunsuz olarak uygulandı. Konjenital kistik adenomatoid malformasyonu olan başka bir hastaya da aynı seansta destek çubuğu

Tablo. Az invaziv pektus ekskavatum onarımı yapılan hastaların özellikleri.

Hastalar	Çöküklük Şekli		Torakal Asimetr		Ortalama Haller Skoru	
	Çorba Kasesi	Elips	Var	Yok		
Kız	5	4	1	2	3	4.2
Erkek	9	7	2	2	7	4.8
Toplam	14	11	3	4	10	4.6



Resim. “Nuss” yöntemi ile pektus ekskavatum onarımı uygulanan hastanın ameliyat öncesi ve sonrası görünümü. Hastanın göğüs kafesleri destek çubuğu çıkarıldıktan sonra da aldığı şekli aynen korumaktadır.

yerleştirme öncesi sağ akciğer alt lob eksizyonu uygulandı.

Ameliyat sırasında destek çubuklar hastaya yerleştirilmeden önce yalnızca birkaç küçük düzeltme yapıldı. On beş ve 18 yaşındaki hastalarımız dışındaki tüm hastalara tek destek çubuk yerleştirildi. On beş ve 18 yaşındaki hastalarımıza, tek bir destek çubuk sternumu kaldırmaya yetmedi ve iki adet destek çubuğu yerleştirildi. Hiçbir hastada intraoperatif veya postoperatif kanama ile karşılaşılmadı. Ameliyat sonrası çekilen akciğer grafilerinde ciddi (>% 5) pnömotoraksa rastlanmadı.

Hastaların ameliyat sonrası analjezisi ortalama 3 gün süreyle epidural torakal anestezi ile sağlandı. Ameliyat sonrası erken dönemde iki hastada gelişen yara yerinde sıvı koleksiyonu ve bir hastada yara yerine deri flebi ile revizyon gerektiren nikel alerjisi gelişmesi haricinde ameliyat sırasında ve sonrası takiplerinde bir komplikasyonla karşılaşılmadı.

İlk aydan sonra üç ay ara ile poliklinik kontrolüne çağrılan hastalar, ameliyat sonrası üçüncü aydan itibaren

sportif aktivitelerine döndüler. Ameliyat sonrası uzun dönem takiplerinde bir sorunları olmayan hastaların hiç birinde destek çubuğun sağa sola kayması veya yukarı aşağı dönmesi problemi ile karşılaşılmadı.

Pektus ekskavatum onarımı sonrası ikinci yılını doldurmuş 14 hastanın destek çubukları sorunsuz bir şekilde çıkarıldı. İşlem sonrası 14 hastanın göğüs kafesi onarım sonrası yeni şeklini korumaya devam etti. Tüm hastalarımız ve aileleri göğüs kafeslerinin onarım sonrası yeni şekilden memnun olduklarını belirtmektedirler (Resim).

Tartışma

PE onarımının klasik ameliyatı Ravitch'in 1949'da tarif ettiği kıkırdak rezeksiyonları, ksifoid ve sternum osteotomileri içeren yöntemdir ⁽²²⁾. 1998'de Nuss, uzun bir göğüs kesisine, pektoral kas fleplerinin kaldırılmasına, kıkırdak rezeksiyonuna gerek kalmayan, osteotomisiz yeni az invaziv bir yöntem tarif etmiştir ^(8,19). Kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan kıkırdak ve kemik gelişimi tamamlanmış erişkin hastalarda göğüs kafesinin “fıçı göğüs” şeklini alması gerçeği

Nuss'ın kendi adıyla anılan PE onarımı yöntemini tasarlamasını sağlamıştır. Erişkin hastalarda osteotomi ve kırıldak rezeksiyonlarına gerek kalmadan göğüs kafesi böyle şekillenebiliyorsa, kemik gelişimi ve kalsifikasyonu tamamlanmamış pediatrik yaş grubunda da göğüs kafesini şekillendirmek mümkün olabilir hipotezinden yola çıkarak "Nuss" yöntemini geliştirmiştir⁽¹⁹⁾. "Nuss" yönteminde toraks içine yerleştirilen destek çubuk, kırıldak kaburgaların şekil değiştirip kalıcı şeklini alıncaya kadar (en az 2 yıl) kalmaktadır. Az invaziv bir yöntem olan "Nuss" onarımında, standart Ravitch ameliyatındaki gibi kırıldak rezeksiyonuna, sternal osteotomiye ve kan transfüzyonuna gerek duyulmadığı ve göğüs ön duvarında oluşacak geniş bir yara izi gibi bir dezavantaja sahip olmadığı için yayınlandığı tarihten itibaren birçok merkezde hızla kabul edilmiştir⁽³⁻¹⁶⁾. "Nuss" yöntemi, az skar bırakarak iyileşmesi ve ameliyat süresinin daha kısa olması nedeni ile cerrahlar, hastalar ve ebeveynleri tarafından tercih edilmektedir^(1,2,6,8). "Nuss" yönteminin başarılı olması için destek çubuğunun göğüs duvarını doğru pozisyonda taşıyabilecek güçte olması, ek bir bağ dokusu hastalığı olmaması ve çubuğun yan sabitleyiciler ile göğüs duvarı kaslarına iyi tespit edilmiş olması gerekmektedir^(2,17,18).

Literatürde 21 aydan 40 yaşına kadar bildirilmiş hastalar olmasına rağmen, onarım için en uygun yaş puberte öncesi, 5-12 yaş arasıdır⁽²⁻²²⁾. Genel olarak, göğüs içine yerleştirilecek olan destek çubuğun uzunluğunu doğru olarak saptamak için, ameliyat öncesi hastanın göğüs kafesi dış konveks çapı sol orta aksiller çizgiden başlayarak sağ orta aksiller çizgiye kadar ölçülür. Destek çubuğuna, şekli ameliyat sırasında destek çubuk eğicileri yardımı ile hasta üzerinde denenerek verilir^(2,6,8,19). Fakat destek çubuğun ameliyat sırasında şekillendirilmesi ameliyat süresini uzatan bir işlemdir. Kliniğimizde, ameliyat süresini kısaltmak amacıyla, göğüs kafesine yerleştirilecek olan destek çubuğa hastanın antropometrik ölçümlerine göre önceden hazırlanmış bir şablon üzerinde ameliyat öncesi şekil verilerek steril edilmekte ve ameliyat sırasında yalnızca gerekli görülen küçük düzeltmelerle destek çubuk yerleştirilmektedir.

"Nuss" yöntemi ile pektus ekskavatum onarımında, torakoskopi sonrası % 5'in altında rezidüel pnömo-

toraks sık görülürken (% 52), majör pnömotoraks (% 1-2), yara yeri enfeksiyonları (% 2), perikardit (% 2,3), kardiyak yaralanmalar (toplam 4 olgu) ve çubuk basısına sekonder ossifikasyon (çok ender) operasyon sonrası ender görülen erken dönem komplikasyonlardır^(2,3,7,16,19). Torakal ve mediastinal yapıların yaralanma riskini azaltacağı için destek çubuğun mediastenden geçirilmesi işleminin torakoskopi eşliğinde yapılması önerilmiştir^(1,12,13,17,18,21). Hastalarımızın tümünde kılavuz şeritler, dönüşümlü tek bir kamera kullanılarak bilateral torakoskopi yardımıyla geçirildi. İlk üç hastamızda, olası bir perikardiyal yaralanmayı engellemek için torakoskopiye ek olarak, ksifoid çıkıntının altından bir kesi ile substernal bir cep oluşturduk. Sternumu ekartör ile yukarı asarak destek çubuğunun perikard ve kalbe zarar vermeden geçmesini sağladık^(12,13). Destek çubuğunu 180° döndürürken sternumun yukarı asılmasının döndürme sırasında da kolaylık sağladığını gördük.

Ravitch yöntemi ile postoperatif ağrı yönünden karşılaştırıldığında "Nuss" yöntemi sonrası ağrının daha fazla olduğu ve hastanın hastanede kalış süresini uzattığı bildirilmiştir^(3,14,15). Ameliyat sonrası ağrı kontrolünün analjeziğin torasik epidural kateterden veya IV infüzyonu şeklinde etkin olarak sağlanması hastaların erken mobilizasyonunu sağlamaktadır^(1,3,15). Hastalarımızın tümünde analjezi torasik epidural kateterden sağlandı. Ameliyat sonrası birinci haftadan sonra solunum fizyoterapisine başlandı. PE'ü "Nuss" yöntemi ile düzeltilen hastalar normal fiziksel aktivitelerine 30 gün-2 ay arası dönmektedirler^(1,7,14,17-19). Destek çubuğunun toraks duvarı kaslarına fibrozis ile yapışması ve olası kaymanın engellenmesi için en az 30 gün geçmesi gerekmektedir^(1,2,17-19).

"Nuss" yönteminde geç dönemde karşılaşılan en sık komplikasyon, destek çubuğunun sağa-sola, yukarı-aşağı kayması ve bu nedenle çubuğun pozisyonunun düzeltilmesi gerekliliğidir (% 8-11)^(3,7,8,15). Bunu engellemek amacı ile yan sabitleyiciler geliştirilmiştir. Destek çubuğu sabitleyicilerle göğüs duvarı kaslarına sağlam dikiş materyalleri ile tespit edilmektedir^(7,15,17). Destek çubuğun iki yandan sabitlenmesinin sağa-sola kayma oranını azalttığı fakat aşağı veya yukarı doğru kaymasını engellemediği görülmüştür⁽⁷⁾. Bu nedenle yandaki sabitleyicilere ek olarak sternum altından

bir sabitleme dikişi konulması önerilmektedir⁽⁷⁾. Biz hastalarımızda destek çubuğunu her iki yandan yeterince sabitlediğimiz için ve destek çubuğunun toraks içine giriş deliklerini pektus krater kenarlarına çok yakın yerleştirdiğimiz için sternum altından ek bir dikiş koymadık.

2002 yılında ülkemizde hazır üretilmiş destek çubuğunu temin etmek mümkün olmadığı için, yurtiçindeki bir ortopedik implant üreticisine, hastaların ölçülerine özel, teknik çizimleri tarafımızdan yapılan “custom made” implantlar (destek çubuğu) yaptırılmıştır. Hiçbir hastada, destek çubuğu ile ilgili komplikasyon gelişmemiştir. Ülkemizde üretilen bu destek çubuğunun (Dokuz Eylül Kunduracı Göğsü Destek Çubuğu) artı yararları zaman içinde daha da belirgin hale gelmiştir. Özellikle 2007 yılından sonra yerli çubuğun kullanımı ülkemizdeki sosyal güvenlik kurumları ve Maliye Bakanlığı implant maliyet karşılama politikasını değiştirmesi ile çubuğun maliyeti nedeniyle parabolik olarak artmıştır.

Destek çubuğu en az 2 yıl (2-4 yıl) sonra çıkarılmakta ve yıllık kontroller ile takip edilmektedir^(1,2,17-19). İki yıl içerisinde yeni şekillerine uyum sağlayan sternum ve kıkırdak kaburgalar destek çubuğunun çıkarılması sonrası kazandıkları yeni şekillerini korumaktadırlar (Şekil). Destek çubuğun çıkartılması sırasında literatürde destek çubuk etrafında kemik oluşumu izlenmiş bir olgu dışında bildirilen başka bir komplikasyona rastlanmamıştır^(9,20,24). Hastalarımızdan onarım sonrası ikinci yıllarını doldurmuş 14’ünün destek çubukları sorunsuz bir şekilde çıkarılmıştır. Bu hastaların göğüs kafesleri yeni şeklini korumaya devam etmektedir

Sonuç olarak, “Nuss” yöntemi kan kaybının az olması, az skar bırakarak iyileşmesi ve ameliyat süresinin kısa olması nedeni ile hastalar ve ebeveynleri tarafından tercih edilmektedir. “Nuss” yöntemi ile PE onarımı uygulanmış hastaların göğüs duvarı esnekliğinin ve kompliyansının normal sınırlarda olması, toraks duvarı gelişiminin düzgün ve kozmetik sonuçlarının iyi olması bu yöntemin diğer avantajlarıdır. Cerrahi avantajlarının yanında, hasta ve ebeveyn memnuniyeti ile 14 hastalık PE serimizde, “Nuss” yöntemi ile yüz güldürücü sonuçlar aldık.

Kaynaklar

1. Croitoru DP, Kelly RE, Goretsky MJ, et al: Experience and modification update for the minimally invasive Nuss Technique for pectus excavatum repair in 303 patients. J Pediatr Surg 37:437-445, 2002
2. Engum S, Rescorla F, West K, et al: Is the grass greener? Early results of the Nuss procedure. J Pediatr Surg 35:246-251, 2000
3. Fonkalsrud EW, Beanes S, Hebra A, et al: Comparison of minimally invasive and modified Ravitch pectus excavatum repair. J Pediatr Surg 37:413-417, 2002
4. Fonkalsrud EW, Dunn JCY, Atkinson JB: Repair of pectus excavatum deformities: 30 years of experience with 375 patients. Ann Surg 231:443-448, 2000
5. Haller JA Jr, Scherer LR, Turner CS, Colombani PM: Evolving management of pectus excavatum based on a single institutional experience of 664 patients. Ann Surg 209:578-583, 1989
6. Hebra A: Minimally invasive pectus surgery. Chest Surg Clin North Am 10:329-339, 2000
7. Hebra A, Gauderer MWL, Tagge EP, et al: A simple technique for preventing bar displacement with the Nuss repair of pectus excavatum. J Pediatr Surg 36:1266-1268, 2001
8. Hebra A, Swoveland B, Egbert M, et al: Outcome analysis of minimally invasive repair of pectus excavatum: Review of 251 cases. J Pediatr Surg 35:252-258, 2000.
9. Jo MJ, Choi YH, Sohn JJ, et al: Surgical treatment of pectus excavatum. J Korean Med Sci 18:360-364, 2003
10. Lane-Smith DM, Gillis DA, Roy PD: Repair of pectus excavatum using a vascular graft strut. J Pediatr Surg 29:1179-1182, 1994
11. Matsui T, Kitano M, Nakamura T, Shimizu Y, et al: Bioabsorbable struts made from poly-L-lactide and their application for treatment of chest deformities. J Thorac Cardiovasc Surg 108:162-168, 1994
12. McGuigan RM, Azarow KS: Congenital chest wall defects. Surg Clin North Am 86:353-370, 2006
13. Miller KA, Ostlie DJ, Wade K, et al: Minimally invasive bar repair for ‘redo’ correction of pectus excavatum. J Pediatr Surg 37:1090-1092, 2002
14. Mindy W.C. Lama, Anne F, Klassene, et al: Quality-of-life outcomes after surgical correction of pectus excavatum: Comparison of the Ravitch and Nuss procedures J Pediatr Surg 43:819-825, 2008
15. Molik KA, Engum SA, Rescorla FJ, et al: Pectus excavatum repair: Experience with standard and minimal invasive techniques. J Pediatr Surg 36:324-328, 2001
16. Moss RL, Albanese CT, Raynolds M: Major complications after minimally invasive repair of pectus excavatum: Case reports. J Pediatr Surg 36:155-158, 2001
17. Nuss D, Croitoru DP, Kelly RE Jr, et al: Review and discussion of the complications of minimally invasive pectus excavatum repair. Eur J Pediatr Surg 12:230-234, 2002
18. Nuss D, Kelly RE Jr, Croitoru DP, Katz ME: A 10-year review of a minimally invasive technique for correction of pectus excavatum. J Pediatr Surg 33:545-552, 1998
19. Nuss D: Recent experiences with minimally invasive pectus excavatum repair “Nuss procedure”. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg 53:338-344, 2005

20. Ostlie DJ, Marosky JK, Spilde TL, et al: Evaluation of pectus bar position and osseous bone formation. *J Pediatr Surg* 38:953-956, 2003
21. Ravindra K, Vegunta MD, et al: Complications associated with the Nuss procedure: continued evolution of the learning curve. *The American Journal of Surgery* 195:313-317, 2008
22. Ravitch MM: The operative treatment of pectus excavatum. *Ann Surg* 129:429-444, 1949
23. Shamberger RC: Congenital chest wall deformities. *Curr Prob Surg* 33:469-552, 1996
24. Zallen GS, and Glick PL: Miniature access pectus excavatum repair: Lessons we have learned. *J Pediatr Surg* 39:685-989, 2004