



# Minimalno invazivna metoda liječenja ljevkastih prsa po Nussu

## Minimally invasive Nuss procedure for repair of pectus excavatum

Tomislav Šušnjar<sup>1,2</sup>, Miro Jukić<sup>1,2</sup>, Zenon Pogorelić<sup>1,2</sup>, Klaudio-Pjer Milunović<sup>1,2</sup>, Jakov Todorčić<sup>1,2</sup>, Tin Čohadžić<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinika za dječju kirurgiju, Klinički bolnički centar Split

<sup>2</sup> Katedra za kirurgiju, Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu

### Ključne riječi

LJEVKASTA PRSA; DJECA; NUSSOV POSTUPAK;  
MINIMALNO INVAZIVNA KIRURGIJA

### Keywords

PECTUS EXCAVATUM; NUSS PROCEDURE;  
CHILDREN; MINIMALLY INVASIVE SURGERY

**SAŽETAK.** *Uvod:* Pectus excavatum, stečeno ili kongenitalno udubljenje prednje stijenke prsnog koša, najčešći je deformitet stijenke prsnog koša. Ljevkastra prsa zajedno s kokošjim prsima najčešći su deformiteti prsnog koša (oko 90%) s učestalosti od 1:400 novorođene djece. Ti pacijenti doživljavaju bitne psihosocijalne poteškoće i moguće fiziološke poremećaje s kardiopulmonalne strane. Liječenje ljevkastih prsa može biti provedeno na dva načina: kiruškim pristupom i nekiruškim. Tradicionalna procedura popravka ljevkastog prsnog koša izvodi se velikom otvorenom operacijom po Ravitchu i njegovim modifikacijama. Od 1998. dr. Donald Nuss objavio je minimalno invazivnu tehniku operacije ljevkastih prsa koja koristi torakoskopsku vizualizaciju s malim postraničnim rezovima i privremeno postavljanje modelirane metalne šipke iza prsne kosti. Ova tehnika je bila brzo prihvaćena od mnogih kirurga, što je rezultiralo značajnim porastom broja operacija. Minimalno invazivni pristup za popravak ljevkastih prsa prihvaćen je u mnogim centrima kao metoda izbora, prvenstveno zbog povećane svijesti pacijenta i dobrog dugoročnog ishoda. U početku je ova procedura pokazala moguće rizike i komplikacije te su napravljene važne tehničke modifikacije koje su umanjile rizik i poboljšale ukupni rezultat. Cilj ovog rada je prikazati metodu liječenja minimalno invazivne kiruške korekcije ljevkastih prsa u pedijatrijskih bolesnika po Nussovoj metodi. Kod nekirušskog liječenja ljevkastih prsa koristi se vakuum zvono koje se postavi na prednju stijenku prsnog koša i uz pomoć pumpice učini vakuum koji prednju stijenku prsnog koša izvlači prema naprijed. *Zaključci:* Procedura po Nussu je uspješna metoda kiruškog liječenja ljevkastih prsa u djece i odraslih. Operacijsko liječenje ljevkastih prsa po Nussovoj metodi daje uglavnom odlične estetske rezultate te subjektivno zadovoljstvo pacijenta.

**SUMMARY.** *Introduction:* Pectus excavatum, an acquired or congenital malformation of the anterior chest wall, is the most common deformity of the chest wall. Pectus excavatum together with pectus carinatum are the most common chest deformities (about 90%) with a frequency of 1:400 in the newborns. These patients experience significant psychosocial difficulties and possible physiological disturbances like cardiopulmonary malfunctions. The treatment of pectus excavatum can be carried out in two ways: surgical and non-surgical. The traditional procedure of funnel chest repair is performed by large open surgery according to Ravitch and his modifications. Since 1998, Dr. Donald Nuss has published a minimally invasive funnel chest surgery technique that uses thoracoscopic visualization with small side incisions in the axillary line and early placement of a modeled metal rod behind the sternum. This technique was quickly adopted by many surgeons, resulting in a significant increase in the number of operations. The minimally invasive approach for funnel chest repair is accepted in many centers as the method of choice, primarily due to increased patient awareness and good long-term outcome. Initially, this procedure showed possible risks and complications, so important technical modifications were made that reduced the risk and improved the overall result. The aim of this paper is to present the treatment method of minimally invasive surgical correction of pectus excavatum in pediatric patients according to the Nuss method. In the non-surgical treatment of funnel-shaped chest, a vacuum bell is used, which is placed on the front wall of the chest and with the help of a pump creates a vacuum that pulls the front wall of the chest forward. *Conclusions:* The Nuss procedure is a successful method of surgical treatment for pectus excavatum in children and adults. Operative treatment of funnel-shaped chest according to the Nuss method gives mainly excellent aesthetic results and subjective satisfaction of the patient.

### Anatomija prsnog koša

Prsni koš sastoji se od površinskih struktura prsnog zida (kože, dojke i mišića) te prsne šupljine. Prsni zid čine prsna kost, dvanaest rebara s pripadajućim hrskavicama, dvanaest kralježaka i mišića.<sup>1</sup> Prsna kost se može podijeliti u tri dijela: vršak prsne kosti (lat. *processus xyphoideus*), trup (lat. *corpus sterni*) i držak (lat. *manubrium*). Držak (lat. *manubrium sterni*) ima četvero-kutni oblik. Najdulji dio prsne kosti jest trup prsne kosti

(lat. *corpus sterni*) na koji se rebrene hrskavice uzglobljuju od trećeg do sedmog para rebara na udubljenjima uz bok prsne kosti. Najdistalniji dio je vršak prsne kosti (lat. *processus xyphoideus*) koji je trokutastog oblika.<sup>1</sup>

#### ✉ Adresa za dopisivanje:

Prim. mr. sc. Tomislav Šušnjar, dr. med.,  
Klinika za dječju kirurgiju, KBC Split, Spinčićeva ul. 1, 21000 Split,  
e-pošta: tomislav.susnjar@optinet.hr

Prsna šupljina odvojena je od trbušne ošitom (lat. *diaphragma*), a kranijalno komunicira s bazom vrata.<sup>2</sup> Prvenstveno to je šupljina sredoprsta i plućnice. U stražnjem i gornjem sredoprstu pozicionirane su velike krvne žile koje uključuju aortu, gornju i donju šuplju venu te plućnu arteriju i plućnu venu.<sup>2</sup> Površinski i duboki mišići prsnog zida funkcioniraju pri disanju te u pokretu ramenog pojasa i prsnog zida.<sup>2</sup> Parasimpatičku inervaciju opskrbljuje živac „lotalica“ (lat. *n. vagus*), a simpatički živčani sustav tijela čine jedan postganglijski i dva preganglijska neurona od T1 do L2.

### Deformiteti prsnog koša

Najčešći defekt prsnog koša jesu ljevkasta prsa (lat. *pectus excavatum*). Drugi najčešći defekt jesu kokošja prsa (lat. *pectus carinatum*). Ova deformacija se očituje pomicanjem prsne kosti i rebrenih hrskavica prema van.<sup>3</sup> Nepotpuno spajanje hrskavičnih dijelova prsne kosti dovodi do šupljine u prsnoj kosti (lat. *foramen sterni*). Jedna od varijacija anomalije prsnog koša jest rascijepljeni vršak prsne kosti (lat. *processus xyphoideus bifidus*). Rascjep prsne kosti je urođeni nedostatak prednjeg zida prsnog koša koji se može pojaviti i s drugim malformacijama te može biti cjelovit ili nepotpun. To je rezultat neuspjelog spajanja prsne kosti u srednjoj koštanoj liniji.<sup>3</sup> Po život opasna pukotina ili rupa prsne kosti ostavlja velike krvne žile i srce kompletno izložena i nezaštićena.<sup>4</sup> Ljevkasta prsa imaju karakteristično udubljenje prsne kosti prema kralježnici. Najčešće se radi o udubljenju donjeg dijela prsne kosti s pripadajućim rebrima i najizraženijim udubljenjem u području ksifoida. Lijevak može biti plići (tanjurasti oblik) ili dublji (čašasti oblik) te simetričan ili asimetričan.<sup>5</sup>

### Epidemiologija

Ljevkasta prsa (lat. *pectus excavatum*) i kokošja prsa (lat. *pectus carinatum*) obuhvaćaju do 90% urođenih anomalija prsnog zida. Učestalost ljevkastih prsa je od 1:400 do 1:1000 u novorođene djece.<sup>6</sup> Ljevkasta prsa se češće pojavljuju kod muškog spola u odnosu na ženski te je odnos 3:1, a značajno je učestaliji u bijele rase (oko 94%) u odnosu na crnu rasu.<sup>5</sup> Po učestalosti nakon ljevkastih prsa slijede kokošja prsa (5–7%). Ljevkasta prsa imaju jače izraženo udubljenje kod asimetričnih poremećaja koje se češće prikazuje na desnoj strani. Prsna kost može biti manje ili više rotirana te je obično smanjenog promjera u anteroposteriornom dijelu.<sup>7</sup> Oko 40% bolesnika s ljevkastim prsima imaju učestale kronične bolesti dišnih putova. Marfanoidni izgled ljevkastih prsa ima oko 24% bolesnika, a skoliozu ima 20–28% bolesnika.<sup>5,7,8</sup>

### Klinička slika

Mnogi bolesnici dođu liječniku u ranoj adolescenciji iako se ljevkasta prsa mogu otkriti pri samom ro-

đenju.<sup>8</sup> Deformitet može biti simetričan ili asimetričan, što podrazumijeva rotaciju prsne kosti. Nakon dijagnoze ljevkastih prsa mora se učiniti detaljna analiza vezana uz Marfanov sindrom. Za završnu potvrdu se može učiniti genetsko testiranje.<sup>9</sup> Mjerenjem same dubine defekta ljevkastih prsa ne možemo procijeniti učinak na kardiopulmonalnu funkciju.<sup>8</sup> Dijagnostičkom snimkom možemo otkriti pomak srca u prsnom košu, a auskultacijom možemo otkriti šum.<sup>10</sup> Prilikom bavljenja tjelesnim aktivnostima bolesnici mogu pokazivati simptome kao što su zaduha i slaba izdržljivost. Katkada se zna javiti bol u prsima s tahikardijom i umorom. Infekcije gornjega respiratornog trakta su učestale. Gubitak izdržljivosti, nesvjesticke, vrtoglavice i anksioznost utječu na psihosomatsko stanje pacijenta.<sup>8</sup> Na njihovo stanje također može utjecati psihološki stres i trauma od vršnjačkog nasilja.<sup>10</sup> Kod odraslih bolesnika simptomatika je znatno izraženija jer se kompenzacijski mehanizmi prsnog zida smanjuju.<sup>8,10</sup>

### Dijagnostika

Kako bi se krenulo u samo liječenje deformiteta, bolesnici s ljevkastim prsima zahtijevaju sveobuhvatnu kliničku dijagnostiku. Početak dijagnostičkih pretraga trebao bi uključivati vizualizaciju promjena na srcu, srčani pomak ili jačinu pritiska na plućno stablo. Potrebno je uključiti snimanje računalnom tomografijom ili magnetskom rezonancijom.<sup>11</sup> Tomografske slike trebaju biti očitane prilikom srednjeg udaha.<sup>11</sup> Veličina deformiteta ljevkastih prsa izračunava se pomoću Hallerovog indeksa. Širina prsa podijeli se s udaljenosti između prednje površine kralježnice i stražnje površine prsne kosti čija je normalna vrijednost 2,5 do 2,7.<sup>12</sup> Bolji prikaz veličine deformiteta prikazuje korekcijski indeks (CI) koji se izračunava po jednadžbi  $(b - a) / b \times 100$ , gdje je *a* najmanja udaljenost između prednje kralježnice i stražnje površine prsne kosti, a *b* udaljenost između prednje kralježnice i prednjeg ruba rebra na mjestu najvećeg udubljenja. To pokazuje postotak udubljenja deformiteta u odnosu na normalnu vrijednost koja je prihvatljiva do 10%.<sup>9</sup> Kod bolesnika s ljevkastim prsima trebao bi biti napravljen 12-kanalni elektrokardiogram (EKG). Zabilježene abnormalnosti na elektrokardiogramu najčešće su blok snopa desne grane, sinusne aritmije i znakovi zadebljanja pretkljetki i kljetki.<sup>13</sup> Za bolesnike na koje se sumnja da imaju kliničku sliku Marfanovog sindroma mora se učiniti ehokardiografija. Ovom dijagnostičkom pretragom imamo uvid u dimenzije aorte i funkciju bikuspidalnog zaliska.<sup>9</sup> Zabilježene su morfološke promjene desne kljetke te anatomske abnormalnosti bikuspidalnog zaliska.<sup>10</sup> Desnostrani pritisak na srce može biti povezan sa smanjenim odljevom krvi i dijastoličkom disfunkcijom srca.<sup>8,10</sup> Nakon kirurškog zahvata korekcije ljevkastih prsa odljev iz desne i lijeve kljetke može se značajno povećati.<sup>13</sup> Pritisak na unutarnje organe može biti razlog za povišenje laktat dehi-

drogenaze koja se nakon učinjene korekcije deformiteta smanjuje.<sup>14</sup> Kardiopulmonalnim testiranjem u naporu dokazujemo stupanj abnormalnosti pri kojem ljevkasta prsa utječu na sposobnost bolesnika da troši kisik. Tijekom tjelovježbe prikazemo abnormalno niski maksimalni anaerobnim volumen kisika (VO<sub>2</sub>) za vrijeme testiranja.<sup>14</sup> Prilikom velikog intenziteta vježbanja dokazalo se kako bolesnici s ljevkastim prsima nisu mogli dosegnuti količinu udarnog volumena kontrolnih bolesnika te su imali smanjen srčani volumen.<sup>14</sup> U većine bolesnika s ljevkastim prsima plućna funkcija je uredna.<sup>11</sup>

### Liječenje

Ljevkasta prsa se mogu liječiti na konzervativan i kirurški način. Kirurške procedure koje se primjenjuju podijeljene su u dvije osnovne skupine. To je klasični, otvoreni pristup po Ravitchu i njegove modifikacije te minimalno invazivni postupak po Nussu (slika 1) koji je danas standard u kirurškom liječenju ljevkastih prsa.



SLIKA 1. POSTUPAK PO NUSS-U  
FIGURE 1. PROCEDURE ACCORDING TO NUSS

#### Konzervativno liječenje

Kod bolesnika s ljevkastim prsima primjenjuje se i nekirurško liječenje vakuumskim zvonom. Vakuumsko zvono se sastoji od visokokvalitetnog silikona i prozirnog dijela na koji je priključena ručna pumpica za stvaranje podtlaka. Korištenje se provodi na svakodnevnoj razini nekoliko sati do dvije godine. Nakon terapije vakuumskim zvonom možemo očekivati korekciju deformiteta i uzdizanje prsnog koša.<sup>8,10,14</sup>

#### Kirurško liječenje

Optimalno vrijeme za kirurško liječenje preporučuje se nakon završetka ubrzanog rasta. Objektivniji kriteriji za indikaciju operacije su Hallerov indeks veći od 3,25 ili korekcijski indeks veći od 20%.<sup>12</sup> Klinička indikacija za operaciju je kardiopulmonalna insuficijencija.<sup>8,11</sup> Najčešća indikacija za operaciju ljevkastih prsa jest narušen estetski izgled (oko 90%) koji može dovesti do velikih psihosocijalnih problema, gubitka samopoštovanja i samopouzdanja.

U prošlosti, ali i danas u pojedinim ustanovama kirurško liječenje ljevkastih prsa provodilo se Ravitch-

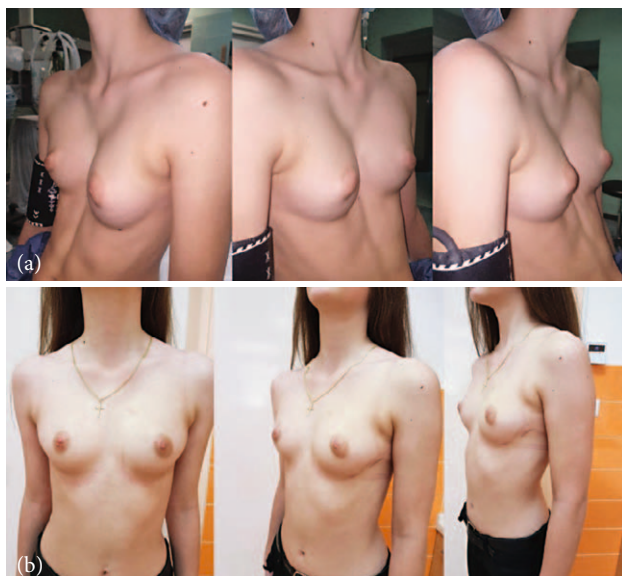


SLIKA 2. – FIGURE 2. A) PECTUS EXCAVATUM PRIJE ZAHVATA;  
B) NAKON ZAHVATA / A) PECTUS EXCAVATUM BEFORE SURGERY;  
B) AFTER SURGERY

vom procedurom.<sup>15</sup> Danas je metoda izbora minimalno invazivna procedura po Nussu.<sup>15</sup> Naime, Donald Nuss je 1998. godine promovirao endoskopsku metodu korekcije ljevkastoga prsnog koša koristeći korekcijsku ploču koja se postavlja retrosternalno bez resekcije rebrnih hrskavica (slika 1).<sup>15</sup> Zbog toga je postupak po Nussu postao metoda izbora za mlađe bolesnike s ljevkastim prsima (slike 2 i 3).<sup>15</sup> Istraživanja također navode uspješnost korekcije pomoću Nussovog postupka u starijih bolesnika dobi od 30 do 70 godina.<sup>8,15</sup>

#### Kirurška tehnika

U općoj endotrahealnoj anesteziji najprije namjestimo bolesnika tako da su obje ruke abducirane u rameu oko 90 stupnjeva tako da su slobodne bočne strane prsnog koša. Nakon pripreme operacijskog polja markiramo mjesta najvećeg udubljenja na prsnoj kosti i u toj ravnini označimo mjesta najvećeg izbočenja na rebrnim grebenima, za jedan centimetar medijalnije, koja označavaju mjesta ulaska i izlaska vodilice. U istoj ravnini na bočnim stranama između prednje i srednje aksilarne linije obilježimo mjesta incizije. Potom učinimo mjerenje za duljinu korekcijske ploče u razmaku od srednjih aksilarnih linija i modeliramo posebnim instrumentom za modeliranje ploče. Učinimo incizije s obje strane prsnog koša koje smo već označili i u supkutanom dijelu formiramo prostor gdje će naknadno biti postavljeni stabilizatori. Također formiramo kanal ispod prsnih mišića do mjesta ulaska i izlaska vodilice odnosno korekcijske ploče. S desne strane, ispod incizije, kroz mali rez uvedemo 5-milimetarski troakar, insufiliramo CO<sub>2</sub> da bismo stvorili dovoljan



SLIKA 3. – FIGURE 3. (A) PECTUS EXCAVATUM PRIJE OPERACIJSKOG ZAHVATA I (B) NAKON OPERACIJE / A) PECTUS EXCAVATUM BEFORE SURGERY AND B) AFTER SURGERY

prostor za vizualizaciju prolaska vodilice između prsne kosti i osrčja. Nakon pozicioniranja kamere s desne strane uvedemo vodilicu u desni prsni koš i lagano dovedemo do sredoprsja koje pod kontrolom kamere prepariramo, između prsne kosti i osrčja, do suprotne strane, do mjesta izlaska. Nakon što smo vodilicu dovoljno izvukli na lijevu stranu, kroz otvor na vršku vodilice svežemo dvije pamučne vrpce i izvučemo na desnu stranu. Iste prerežemo i svežemo za lijevu stranu korekcijske ploče koju, uz pomoć vrpce i manualne kontrole s konveksitom prema srcu, izvučemo na lijevu stranu. Okretačima korekcijsku ploču okrenemo za 180 stupnjeva i krajeve podvučemo u već formirani prostor između potkožja i mišića gdje se pozicioniraju stabilizatori koje učvrstimo s po jednim vijkom za korekcijsku ploču, a stabilizatore višekratnim, polifilamentnim, neresorptivnim šavovima za mišiće. Nakon što okrenemo ploču u jednom trenutku dobije se jasno vidljiv kozmetički efekt. Kroz troakar uvedemo dren, kroz koji u suradnji s anesteziologom uz pozitivan tlak evakuiramo cijeli ili veći dio CO<sub>2</sub> iz oba prsišta. U dosta slučajeva može zaostati manja količina pneumotoraksa i emfizem, što ne predstavlja klinički problem jer se kroz nekoliko dana resorbira. Neki operateri u pojedinim jače izraženim udubljenjima izvana odižu prsnu kost zbog lakše disekcije sredoprsja i manjeg rizika od perikardijalne ili kardijalne perforacije. Odižanje prsne kosti može se izvoditi pomoću tehnike *Park's Crane*, vakuumske zvonice ili različitim uvodnicima koji drže prsnu kost uzdignutu.<sup>16</sup>

Pri kraju operacije započne se s kontinuiranom opioidskom (morfin) analgezijom koju nastavljamo u jedinici intenzivnog liječenja djece s postupnim smanjivanjem i uvođenjem drugih analgetika (paracetamol, ibuprofen i sl.). Također nastavimo s antibiotskom te-

rapijom (cefalosporini treće generacije) koju smo započeli prijeoperacijski. Prvog dana poslijeoperacijskog dana započnu vježbe disanja, a dan poslije postupna mobilizacija i vertikalizacija.

Uklanjanje korekcijske ploče radi se između druge i četvrte godine nakon operacije te se čini u općoj endotrahealnoj anesteziji. Stabilizatori se oslobode od kornaca, ožiljaka i nerijetko koštanog kalusa, a šipku se izravna instrumentom za izravnavanje. Kada je ploča dovoljno ravna da se izvuče, prvo se kontrolirano povlači lijevo-desno pa zatim izvuče van.<sup>17</sup>

## LITERATURA

- Hussain A, Burns B. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020. [citirano 10. lipnja 2021.]. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535414/>
- Stoddard N, Heil JR, Lowery DR. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020. [citirano 10. lipnja 2021.]. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539819/>
- Powar RS, Prabhu A, Prabhu M. Isolated complete cleft. *Ann Thorac Surg*. 2012;94:1733–5.
- Kirum GG, Munabi IG, Kukiriza J, Tumusiime G, Kange M, Ibingira C i sur. Anatomical variations of the sternal angle and anomalies of adult human sternum from the galloway osteological collection at Makerere University Anatomy Department. *Folia Morphol (Warsz)*. 2017;76:689–94.
- Williams AM, Crabbe DC. Pectus deformities of the anterior chest wall. *Pediatr Res*. 2003;4:237–42.
- Brochhausen C, Turial S, Müller FK, Schmitt VH, Coerdts W, Wihlm JM i sur. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;14:801–6.
- Townsend CM. Chest wall. U: Sabiston textbook of surgery. 17. izd. Amsterdam: Elsevier; 2004, str. 1711–14.
- Colombani PM. Preoperative assessment of chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;21:58–63.
- Koumbourlis AC. Pectus deformities and their impact on pulmonary physiology. *Paediatr Respir Rev*. 2015;16:18–24.
- Mocchegiani R, Badano L, Lestuzzi C, Nicolosi GL, Zanuttini D. Relation of right ventricular morphology and function in pectus excavatum to the severity of the chest wall deformity. *Am J Cardiol*. 1995;76:941–6.
- Kelly RE JR. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg*. 2008;17:181–93.
- Haller JA JR, 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.
- Krueger T, Chassot PG, Christodoulou M, Cheng C, Ris HB, Magnusson L. Cardiac function assessed by transesophageal echocardiography during pectus excavatum repair. *Ann Thorac Surg*. 2010;89:240–3.
- Neviere R, Montaigne D, Benhamed L, Catto M, Edme JL, Matran R i sur. Cardiopulmonary response following surgical repair of pectus excavatum in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2011;40:e7782.
- Nuss D, Kelly RE JR, Croitoru DP, Katz ME. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 1998;33:545–52.
- Park HJ, Kim KS, Lee S, Jeon HW. A next generation pectus excavatum repair technique: new devices make a difference. *Ann Thorac Surg*. 2015;99:455–61.
- Nuss D, Obermeyer RJ, Kelly RE. Nuss bar procedure: past, present and future. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016;5:422–33.