

# DEFORMACIJE PRSNOG KOŠA U DJECE

## CHEST WALL DEFORMITIES IN CHILDREN



**Anamarija Jukić<sup>1</sup>, Valentina Matijević<sup>2,3</sup>,  
Jelena Marunica Karšaj<sup>2\*</sup>, Velimir Šušak<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Poliklinika „Zlatni cekin“, Slavonski Brod

<sup>2</sup> Klinika za reumatologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, Klinički bolnički centar „Sestre milosrdnice“, Zagreb

<sup>3</sup> Hrvatsko katoličko sveučilište, Medicinski fakultet

Jelena Marunica Karšaj, dr. med.,

FEBPRM <https://orcid.org/0009-0007-7964-7673>,

Klinika za reumatologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, KBC Sestre milosrdnice,

Vinogradska cesta 29, 10000 Zagreb,

e-pošta: [jelenamarunica@yahoo.com](mailto:jelenamarunica@yahoo.com)

### Sažetak

Prsni koš se sastoji od više samostalnih koštanih dijelova i nekoliko mišića koji ga pokrivaju i omogućavaju njegovu stabilizaciju i kretanje. Deformacije prsnog koša često se nazivaju torakalne displazije ili distrofije. Mnoge su deformacije stijenke prsnog koša kongenitalne, ali se također mogu razviti kasnije kao rezultat bolesti ili ozljede. Specifični geni i načini nasljeđivanja identificirani su za mnoge kongenitalne displazije, a za druge se pretpostavlja da su uzrokovane slučajnom ekspozicijom. Kongenitalne deformacije se mogu manifestirati kao izolirano obilježje (primarne), koegzistirati s drugim kongenitalnim anomalijama ili u sklopu genetskog sindroma. Više od 90 % kongenitalnih deformacija stijenke prsnog koša rezultat su prekomjernog rasta prsnog koša koji dovodi do udubljenja sternuma (lat. *pectus excavatum*, skr. PE) ili njegovog izbočenja (lat. *pectus carinatum*, skr. PC). Obično se dijagnosticiraju kada dijete krene u školu, ali najčešće počinju uzrokovati simptome tijekom prijelaza u adolescenciju. U simptomatskim slučajevima su najčešće kardiološke i respiratorne tegobe, ali značajno utječu i na psihosocijalno stanje. Dijagnosticiraju se detaljnim uzimanjem anamneze, fizikalnim pregledom te radiološkim metodama oslikavanja (klasični radiogrami, kompjuterizirana tomografija) i mjerenjem Hallerovog indexa za PE i PC. Liječenje uključuje konzervativne i kirurške metode liječenja i genetsko savjetovanje. Kirurško liječenje rijetko rezultira značajnim poboljšanjem rasta prsnog koša i funkcije pluća, ali može odgoditi ili spriječiti pogoršanje deformacije u određenim stanjima. Osim toga, ispravljanje deformacije ima značajan pozitivan psihosocijalni utjecaj na dijete te su brojne studije pokazale veće zadovoljstvo pacijenta i povećanje kvalitete života nakon ispravljanja deformacije.

**Ključne riječi:** deformacije prsnog koša, djeca, sindromi, psihosocijalni utjecaj

## Summary

The chest wall consists of multiple independent bony parts and several muscles that provide its stabilization and movement. Chest wall deformities are often called thoracic dysplasias or dystrophies. Many of them are congenital, although they can also arise after a disease or injury. Many congenital dysplasias are considered to be linked to specific genes and inheritance patterns, while others are assumed as the result of an accidental exposure. Congenital deformities may manifest as an isolated feature (primary), in conjunction with other congenital anomalies and within a genetic syndrome. More than 90% of congenital chest wall deformities are the result of excessive chest growth, leading to a depression of the sternum (funnel chest) or its protrusion (pigeon chest). They are usually diagnosed when the child starts school, but most often begin to exhibit clinical symptoms during transition into adolescence. In symptomatic cases, they most often cause cardiological and respiratory problems, but they also significantly affect the psychosocial state of the child. They are diagnosed by taking a detailed anamnesis, physical examination, radiological imaging methods (X-ray, CT), and assessing the Haller index for pigeon and funnel chest. Treatment includes conservative and surgical methods and genetic counseling. Surgery rarely results in significant improvement in chest wall growth and lung function, but it might delay or prevent the deterioration of deformities. Correction of the deformity has a positive psychosocial impact on the child, and numerous studies have shown satisfaction and better quality of life.

**Key words:** chest wall deformities, children, syndromes, psychosocial impact

## Uvod

Prsni koš obuhvaća gornji dio tijela i sastoji se od više samostalnih koštanih dijelova (torakalna kralježnica, sternum, rebra) i nekoliko mišića koji ga pokrivaju izvana. Osim što štiti intratorakalne organe, predstavlja dinamički aparat koji pomaže fiziološkoj funkciji disanja, stoga deformacije prsnog koša imaju značajne posljedice na funkciju dišnog sustava, ali i na druge intratorakalne organe (1). Deformacije stijenke prsnog koša odnose se na bilo koju abnormalnost koja utječe na normalnu strukturu i/ili ograničava funkciju prsnog koša, a njihova učestalost u općoj populaciji procjenjuje se na 1 % (1,2). Deformacije prsnog koša često se nazivaju torakalne displazije ili distrofije. Displazija se odnosi na abnormalnost anatomske strukture koja je rezultat abnormalnog rasta ili razvoja stanica ili tkiva, a prvenstveno označava koštane abnormalnosti, dok se pojam distrofija obično koristi za abnormalnosti mišića. S kliničkog stajališta, deformacije stijenke prsnog koša mogu se kategorizirati prema dijelu prsnog koša koji je prvenstveno zahvaćen i/ili prema uzroku

nastajanja. Prema dijelu prsnog koša koji je zahvaćen, kongenitalne deformacije se dijele na: deformacije sternuma (npr. pectus excavatum, pectus carinatum, rascjepi sternuma), deformacije rebra (npr. Jarcho-Levinov sindrom), deformacije kralježnice (npr. skolioza), deformacije respiratornih mišića (npr. Polandov sindrom, neuromuskularni poremećaji), a mogu se manifestirati kao izolirano obilježje (primarne), s drugim kongenitalnim anomalijama ili kao dio genetskog sindroma. Mnoge deformacije stijenke prsnog koša (osobito displazije) kongenitalne su, ali se mogu razviti i kasnije u životu kao rezultat bolesti (npr. ankilozantni spondilitis) ili ozljede koja može biti slučajna (npr. kao posljedica traume) ili jatrogena (npr. torakotomija). Specifični geni i načini nasljeđivanja identificirani su za mnoge kongenitalne displazije, dok se za druge pretpostavlja da su uzrokovane slučajnom ekspozicijom. Utvrđeno je da idiopatski slučajevi imaju manje težak tijek i bolji ishod nakon kirurškog liječenja (1,3). Pectus excavatum (skr. PE) i pectus carinatum (skr. PC) čine više od 90 % kongenitalnih deformacija stijenke prsnog koša, a ostale najčešće opisane kongenitalne deformacije su Polandov sindrom, rascjepi sternuma, ectopia cordis, Jeunesov sindrom i Jarcho-Levinov sindrom. (3,4) Iako se dijagnoza najčešće postavlja kada djeca krenu u školu, simptomi počinju kasnije tijekom prijelaza u adolescenciju (5). Najčešći simptomi su kardiološke i respiratorne tegobe, ali utječe i na psihosocijalno zdravlje pacijenta (6). Smanjenje plućnog volumena može biti rezultat primarne hipoplazije pluća, nemogućnosti rasta pluća zbog restriktivnog prsnog koša ili zbog kronične plućne hipoinflacije, ali vjerojatno nastaje kombinacijom navedenih čimbenika (1).

Liječenje deformacija stijenke prsnog koša značajno je napredovalo posljednjih godina i kamen temeljac liječenja je konzervativno ili kirurško liječenje te genetsko savjetovanje (3). Kirurško liječenje rijetko rezultira značajnim poboljšanjem rasta i funkcije pluća, ali može odgoditi ili spriječiti pogoršanje deformacija u određenim stanjima (1). Indikacije za kirurško liječenje razlikuju se u različitim centrima i usredotočene su na anatomiju defekta, fiziološki učinak i motivaciju pacijenta (7).

## **Pectus Excavatum**

Pectus excavatum (skr. PE) najčešća je deformacija stijenke prsnog koša i jedna od najčešćih velikih kongenitalnih anomalija uopće, a obilježen je udubljenjem sternuma (8). Pogađa otprilike 1/400-1/1000 živorođene djece, 3 do 5 puta je češći u dječaka i češći je u bijele rase (4,9,10). Može se dijagnosticirati pri rođenju, ali obično ostaje neprepoznat do ranog djetinjstva ili adolescencije. Neki autori izvještavaju da se 80 % slučajeva dijagnosticira u drugoj godini života (3). Iako točna etiologija nije u potpunosti razjašnjena, vjeruje se da je posljedica pretjeranog rasta ili fleksibilnosti rebrene hrskavice. Oko

10 % slučajeva povezano je s Ehlers-Danlosovim ili Marfanovim sindromom, dok se 90 % javlja sporadično (11). S druge strane, PE je prisutan u otprilike 2/3 pacijenata s Marfanovim sindromom i povezan je sa skoliozom i urođenim srčanim greškama u 15 % odnosno 1,5 % pacijenata (4). Prolaps mitralnog zaliska, aritmije i kongenitalne srčane bolesti najvažnije su povezane srčane anomalije (12). Povezanost sa skoliozom i Marfanovim sindromom ukazuje na moguću vezu s poremećajima vezivnog tkiva. S druge strane, neki autori navode da manje od 1% slučajeva PE-a ima u pozadini poremećaj vezivnog tkiva (3,4). Trenutna hipoteza etiologije usmjerena je na oštećenje metabolizma kolagena koje uzrokuje prekomjerni rast rebrene hrskavice, što rezultira deformacijom sternokostalnog zgloba (3). Studije pokazuju obrazac nasljeđivanja u čak 37 % slučajeva (4). Obrasci nasljeđivanja su autosomno dominantno (Marfanov i Noonanov sindrom), autosomno recesivno (osteogenesis imperfecta I, III, IV tipovi) i X-vezano nasljeđivanje. Nesindromsko familijarno nasljeđivanje ističe se u obliku autosomno dominantnog nasljeđivanja (4,13). MASS fenotip (prolaps mitralnog zaliska, neprogresivno proširenje korijena aorte i promjene kostura i kože) povezan je s mutacijom gena FBNI i prisutan je u 2/3 pacijenata s PE-om (14).

Kao što je ranije navedeno, PE karakterizira udubljenje prednje stijenke prsnog koša (sternuma i donje rebrene hrskavice), koje može varirati od malog i jedva primjetnog do teže deformacije u kojoj se sternum gotovo spaja s kralježnicom što rezultira prsnim košem u obliku lijevka (15). Obično je riječ o visokoj, mršavoj i zdravoj osobi s vidljivim defektom prsnog koša, a stražnja angulacija sternuma obično počinje ispod druge rebrene hrskavice i popraćena je anomalijama u susjednim rebrenim hrskavicama i povremeno rebrima u starijih pacijenata (16). U mnogih ne uzrokuje značajnu fiziološku disfunkciju, ali može uzrokovati ozbiljan gubitak samopoštovanja i utjecati na psihosocijalno stanje pacijenta. Ji i sur. u svome istraživanju dokumentiraju da je samo 6,2 % pacijenata razvilo simptome u obliku kratkoće daha, bolova u prsima i drugih sličnih simptoma koji se javljaju u blagom naporu i ograničavaju razinu aktivnosti (8). Dokumentirano je da sternalna kompresija smanjuje volumen prsnog koša, što može dovesti do smanjenja saturacije kisikom. Dolazi do smanjenja respiracijskog volumena i vitalnog kapaciteta pluća, što uzrokuje ranije spomenutu dispneju s kompenzacijskom tahipnejom tijekom vježbanja (17). Kompresija srca također može smanjiti udarni i minutni volumen srca kod teških deformacija, uzrokujući ubrzano umaranje i kompenzacijsku tahikardiju (18). Ponekad se čuje sistolički srčani šum, a prolaps mitralne valvule nalazi se u čak 25 % pacijenata (19). Aritmije se javljaju u 15 % slučajeva, uključujući srčani blok prvog stupnja, blok desne grane i Wolff Parkinson-Whiteov sindrom (20). Ozbiljnost bolesti i opterećenje simptomima mogu uvelike varirati i specifični su za svakog pacijenta te nisu uvijek povezani sa stupnjem anatomske udubljenja sternuma (21). Defekt je često

asimetričan, a stupanj udubljenja sternuma može se procijeniti aksijalnom kompjuteriziranom tomografijom (skr. CT), nakon čega se određuje Hallerov indeks, koji se računa iz omjera transverznog i anteroposteriornog promjera prsnog koša. U zdravih pojedinaca je prosječni Hallerov indeks ~2,5, a kod značajnije deformacije pectusa iznosi 3,25 ili više (4, 22).

Neke studije potvrđuju korištenje konvencionalnih radiograma (skr. RTG) za izračunavanje dubine depresije sternuma i zaključuju da CT nije neophodan za izračunavanje indeksa ili utvrđivanje potrebe za operacijom (23). Često se izvode testovi plućne funkcije i ehokardiografija kako bi se procijenio kardiopulmonalni status pacijenta prije operacije, ali se ne preporuča rutinsko provođenje ovih studija kod asimptomatskih pacijenata (4). Liječenje PE-a otvorenim ili zatvorenim tehnikama sigurno je za izvođenje kod djece i odraslih uz minimalne komplikacije ili morbiditet pacijenata (24). Kako otvorene tako i zatvorene tehnike daju izvrsne kozmetičke rezultate i više od 80-90 % pacijenata je zadovoljno ishodom (25). Pacijenti često prijavljuju subjektivno povlačenje simptoma i poboljšanje tolerancije napora nakon kirurškog zahvata, ali objektivne mjere je teško odrediti zbog velike heterogenosti u objavljenim istraživanjima (26). Konzervativno liječenje je usmjereno na fizikalnu terapiju koja poboljšava posturu i snagu mišića (3). Neki centri koriste vakuumske tehnike, za koje nedostaju rezultati dugoročnijeg praćenja (27). Prvo neoperativno liječenje PE-a predstavlja vakuusko zvono, koje su opisali Schier i sur. 2005. godine. Uređaj je vakuumska čašica postavljena preko prednjeg dijela prsnog koša i povezana s ručnom pumpom koju aktivira pacijent i koja se koristi za smanjenje tlaka do 15 % ispod atmosferskog tlaka, što rezultira podizanjem sternuma (28). Idealan kandidat za vakuusko zvono je relativno mlad pacijent s fleksibilnom stijenkom prsnog koša koji ima blagu do umjerenu deformaciju i motiviran je za provođenje terapije. Pacijenti koji mogu prolazno ispraviti svoju deformaciju Valsalvinim manevrom klasificiraju se kao pacijenti s fleksibilnom stijenkom prsnog koša (11).

Bolji ishod je vjerojatniji u pacijenata u dobi od 11 godina ili mlađih, s dubinom sternuma 1,5 cm ili manje i fleksibilnom stijenkom prsnog koša (29). Nuspojave povezane s vakuuskim zvonom uključuju bol u prsima, iritaciju kože i hematome, dok su kontraindikacije za terapiju mišićno-koštani poremećaji, vaskulopatije i koagulopatije (30). Schier i sur. u istraživanje su uključili 60 pacijenata (medijan 14,8 godina) koji su koristili vakuusko zvono dvaput dnevno, a sveukupno u trajanju od 30 minuta do 5 sati dnevno (medijan 90 minuta). Sternalna elevacija od 1 cm dokazana je u 85 % pacijenata nakon mjesec dana (28). Drugo istraživanje je uključilo 140 pacijenata liječenih vakuuskim zvonom sa srednjom dubinom PE-a od 2,7 cm. Od njih je 44 % pacijenata imalo potpunu korekciju deformacije nakon prosječno 21,8 mjeseci nošenja vakuuskog zvona (31). Još uvijek nedostaju dosljedni podaci

o standardiziranom algoritmu liječenja s idealnim parametrima za trajanje, učestalost i tlak. Opći nedostatak konzervativne terapije je nepridržavanje pacijenta kao primarni uzrok neuspjeha liječenja.

Zbog navedenoga, treba provesti daljnja istraživanja dugoročnih ishoda kako bi se dodatno definirali idealni kandidati i režim liječenja (11). Operacija je indicirana u slučaju teške deformacije, kardiopulmonalnog oštećenja, psihosocijalnog stresa i Hallerovog indeksa iznad 3,25 sa ili bez kardiopulmonalne simptomatologije (4,32). Općenito, kiruršku korekciju treba provesti u adolescenciji (12 do 14 godina), ali je opcija i u pedijatrijskih i odraslih pacijenata (33). Postoji niz kirurških pristupa koji su se uspješno koristili, ali dva najčešća su Ravitchev (modifikacija otvorenog pristupa) i Nussov ili minimalno invazivni pristup (engl. *Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum*, skr. MIRPE), a upravo MIRPE se sada preferira kod djece i smatra se zlatnim standardom za liječenje PE-a (4,11). MIRPE se preporuča kod pedijatrijskih pacijenata sa simetričnom deformacijom, a modificirani Ravitchev postupak kod asimetričnih ili složenih deformacija (3). Još jedna moguća tehnika liječenja je magnetni mini mover postupak koja uključuje manje invazivnu operaciju pri kojoj se jedan magnet postavlja u sternum, a drugi magnet se nosi kao ortoza na prednjoj stijenci prsnog koša i tako se stvara magnetska privlačnost i kontrolirano trajno povlačenje sternuma prema van. Nudi se samo u vrlo malom broju centara, ali rana izvješća upućuju na dobre rezultate (34). Općenito su se pokazala značajna poboljšanja kardiopulmonalne funkcije nakon uporabe kirurških metoda liječenja za djecu i za odrasle. Prema nekim studijama, kirurški zahvat ne mijenja značajno osnovnu plućnu funkciju, ali može poboljšati ejekcijsku frakciju ako je kompresija srca očita (15,35).

Nadalje, treba razumjeti razlike između dvije najčešće korištene kirurške metode liječenja. MIRPE su opisali Nuss i sur., a ova metoda uključuje postavljanje substernalne konkavne šipke koja se provlači iza sternuma kroz prsni koš i okreće u konveksan položaj kako bi se sternum podigao prema van te se ona ostavlja na mjestu 2 do 3 godine dok se prednja stijenka prsnog koša ne preoblikuje (36). Kozmetički rezultati prijavljeni su kao dobri do izvrsni u >85 % pacijenata i posljednjih godina operacija se uspješno koristi u odraslih iako su zabilježene veće stope komplikacija i postoperativne boli (37,38). Prednosti MIRPE-a uključuju izbjegavanje incizije prednje stijenke prsnog koša, resekcije hrskavice rebra te osteotomije sternuma (36). Uvođenje torakoskopskih tehnika učinilo je operaciju sigurnijom, omogućujući vizualizaciju srca kada šipka prođe retrosternalno (39). Kelly i sur. predstavili su veliku kohortu od 1215 pacijenata liječenih MIRPE tehnikom tijekom 21 godine, uključujući intervalne izmjene postupka s ažuriranjem objavljenim 2022. godine. U vrijeme uklanjanja šipke, dobri ili izvrsni kirurški ishodi prijavljeni su u 96 % pacijenata. Prosječna dob pri operaciji porasla je sa 6 na

14 godina tijekom razdoblja istraživanja, a od 66 pacijenata koji su imali studije plućne funkcije prije operacije i više od 1 godine nakon uklanjanja šipke, medijan FVC-a poboljšao se s 88 % na 92 % predviđene vrijednosti ( $P < 0,001$ ), a FEV1 se poboljšao s 83 % na 88 % predviđene vrijednosti ( $P = 0,01$ ) (40,41). Modifikacija otvorenog pristupa kako ju je opisao Ravitch koristi se desetljećima i daje izvrsne rezultate s niskim morbiditetom, a uključuje resekciju hrskavice i osteotomiju sternuma. Prijavljene su razne modifikacije uključujući upotrebu mrežice, ali većina postupaka uključuje postavljanje metalne potpore za podupiranje sternuma koja se može ostaviti na mjestu od 6 mjeseci do godinu dana (36,41). U usporedbi s MIRPE-om, ovaj zahvat ima nižu cijenu, kraću hospitalizaciju i manje postoperativne boli (38,42). Idealan je za pacijente koji imaju kombinaciju PE-a i PC-a, značajnu asimetriju ili opsežne defekte koji zahvaćaju rebra i rebrenu hrskavicu (36). Nekoliko je studija uspoređivalo Nussov i Ravitchev/modificirani Ravitchev pristup. Općenito, Nussov postupak zahtijeva manje vremena, ali duži boravak u bolnici. Nakon Ravitcheve tehnike je razdoblje boravka u bolnici bilo od 1 do 3 dana, a nakon Nussove od 3 do 6 dana i zahtijevalo je više postoperativnih analgetika (25,38,42). Treba napomenuti da je nakon kirurške korekcije moguć recidiv deformacije, koji se javlja u 2-10 % slučajeva (43). Tehnika MIRPE-a se koristi sigurno i učinkovito za korekciju rekurentnih slučajeva. U seriji od 100 pacijenata s recidivom, Redlinger i sur. su pokazali stopu uspješnosti MIRPE-a od 95 % bez obzira na to je li prvotno liječenje bilo modificirano otvoreno ili minimalno invazivno (44).

## Pectus Carinatum

Pectus carinatum (skr. PC) druga je najčešća kongenitalna deformacija stijenke prsnog koša nakon PE-a. Tijelo sternuma i susjedne rebrene hrskavice strše stvarajući defekt sličan golubljim prsima, dok je u hrvatskoj literaturi za ovaj defekt općeprihvaćen naziv „kokošja prsa”. Većina defekata je simetrična, ali mogu biti asimetrični i kombinirani s PE-om (4,45). Iako točan uzrok nije u potpunosti razjašnjen, vjeruje se da je posljedica pretjeranog rasta rebrene hrskavice (7). Dodatne studije su pokazale odnos između rasta sternuma i PC-a, s većom povezanošću uočenom u gornjim hondromanubrijalnim deformacijama (46). Također, s obzirom na to da postoji povezanost s drugim abnormalnostima kostura kao što je skolioza, sugerira da bolest vezivnog tkiva može igrati ulogu u patogenezi (4). Značajan udio pacijenata ima obiteljsku anamnezu deformacija stijenke prsnog koša, što ukazuje na genetsku komponentu koja se procjenjuje u čak 25 % do 33 % slučajeva (47). Prema klasifikaciji koja se temelji na istaknutom dijelu sternuma, mogu se identificirati dvije varijante: hondrogladiolarna (izbočenje srednjeg ili donjeg dijela tijela sternuma) i hondromanubrijalna (izbočenje gornjeg dijela sternuma

- manubriuma). Ostale kongenitalne anomalije povezane s ovim defektom su defekti fuzije sternuma, srčani defekti i hondrokostalna hipoplazija (4). Javlja se u otprilike 1 na 1500 živorođene djece, a muškarci su češće pogođeni, u omjeru od gotovo 4:1, i često je povezano sa sindromima kao što su Noonan, Poland i Marfan (4, 6, 48).

Većina pacijenata s ovom defektom je asimptomatska i defekt se obično identificira u ranim godinama puberteta. Pacijenti s teškom deformacijom mogu se žaliti na bolove kada leže u potrbušnom položaju, a simptomi poput otežanog disanja i bolova u prsima su rijetki te je za mnoge pacijente estetski izgled primarna briga (4, 49). Dijagnoza PC-a postavlja se klinički vizualnim pregledom i lateralnim RTG-om prsnog koša ili CT-om. Procjena težine deformacije provodi se radiografski pomoću već spomenutog Hallerovog indeksa (50). Studije sugeriraju da je RTG prsnog koša jednako učinkovit kao i CT u određivanju Hallerovog indeksa uz smanjenu izloženost zračenju (51,52). Osim ocjenjivanja težine, Hallerov indeks također mjeri napredak liječenja (50). Konzervativno liječenje ortozom omogućuje anteroposteriornu kompresiju sternuma i rezultira progresivnim remodeliranjem prsnog koša (4). U nekim centrima se ortotski steznik koristi kao prva opcija liječenja u pacijenata od 10 do 15 godina starosti s hondrogladiolarnom deformacijom (48). Kirurška korekcija često je rezervirana za one kod kojih konzervativno liječenje ne uspije, za pacijente koji ne surađuju, u slučaju boli u prsnom košu, respiratornih simptoma i psihosocijalnih problema (32). Općenito, kirurška korekcija nastupa nakon puberteta, ali postoje izvješća o kirurškim zahvatima u pacijenata od 3 do 65 godina (3). Kirurško liječenje PC-a donekle je slično onom kod PE-a, ali su Ravitchev i Nussov pristup modificirani za ispravljanje izbočenog defekta, a upravo modificirani Ravitchev pristup je najčešće korišten za liječenje PC-a (3,4). Neki autori navode da se ortoza mora nositi 14 sati dnevno najmanje dvije godine, ali neki radovi navode drugačije preporuke. Loff i sur. su u pregledu istraživanja naveli da je između siječnja 2008. i prosinca 2012. godine 69 pacijenata s PC-om (4 do 17 godina) liječeno prilagođenom ortozom. Srednje trajanje terapije je bilo 7 mjeseci, a prosječno dnevno nošenje ortoze je iznosilo 12 do 15 sati. Rezultati su procijenjeni slikama prije i poslije terapije te intervjuom s pacijentom. Srednji kut korekcije je iznosio od 10° u skupini djece i 5° u skupini adolescenata. U skupini adolescenata, 82 % pacijenata ocijenilo je rezultat kao „izvrstan“ ili „dobar“. Oni koji su prijavili rezultat „nepromijenjen“ imali su prosječno dnevno vrijeme nošenja ortoze od 8,73 sata, oni koji su ocijenili rezultat kao „dobar“ 14,53 sata, a oni koji su ocijenili rezultat kao „izvrstan“ 18,36 sati. Ovi rezultati pokazuju da se PC učinkovito liječi prilagođenom ortozom unutar 7 do 12 mjeseci. Najbolja korekcija može se postići kod djece i mladih adolescenata, a dnevno vrijeme nošenja ortoze treba biti duže od 14 sati,

idealno 24 sata. Trajanje liječenja trebalo bi biti oko 1 godine (4, 53). Studija Yuksela i sur. daje pregled kliničkog iskustva s novodizajniranom šipkom za minimalno invazivno liječenje PC-a, tzv. MIRPC. Od 2006. do 2016. liječenje putem MIRPC-a provedeno je kod 172 pacijenta (154 muškarca, 18 žena) i prosječna dob je bila 17,3 godine. Pacijenti su evaluirani svakih 3 do 6 mjeseci, a nakon 2 do 3 godine praćenja, šipka i stabilizatori su se uklanjali. Njih 97,1 % je vrlo dobro podnijelo postupak i prosječno trajanje boravka u bolnici je bilo 3,7 dana. Komplikacije su uključivale pneumotoraks, lomljenje žice / rezanje rebra, infekciju rane, jaku bol, hiperpigmentaciju kože, alergiju na nikal i prekomjernu korekciju koja je dovela do PE-a. Sveukupno, 130 od 172 pacijenta (75,6 %) podvrgnuto je uklanjanju šipke, a nezadovoljavajući rezultati su zabilježeni kod samo 8 pacijenata (6,2 %). Dakle, 93,8 % pacijenata kojima je uklonjena šipka prijavilo je izvrsne rezultate. Prosječno praćenje je iznosilo 29,8 mjeseci (raspon od 1 do 110 mjeseci), a deformacija se ponovila u 5 od 130 pacijenata kojima je uklonjena šipka (3,8 %). Pacijenti su se u prosjeku vratili rutinskim aktivnostima za 10 do 14 dana. (54). U istom razdoblju između 2006. i 2016. godine, 250 od 456 pacijenata podvrgnuto je tretmanu kompresivnim ortotskim steznikom (54,8 %), a otvorenoj kirurškoj korekciji je podvrgnuto 34 pacijenta (7,5 %). Deformacije koje su podvrgnute MIRPC-u, njih 172 od 456 (37,7 %) bile su hondrogladiolarne/ klasični PC ili lateralni/asimetrični PC (54).

## Deformacije prsnog koša u sklopu Marfanovog sindroma

PE i PC pogađaju značajan udio opće populacije i do 70 % pacijenata s Marfanovim sindromom (55). Kao što je ranije navedeno, u općoj populaciji se uglavnom smatraju primarnim nasljednim poremećajem vezivnog tkiva, dok se kod Marfanovog sindroma mogu smatrati sastavnim dijelom dominantno naslijeđenog nedostatka fibrilina-1 (56). Postoje različiti fenotipovi, ali zajedničke kliničke značajke uključuju abnormalan razvoj rebara. Abnormalan rast i produljenje rebrenih hrskavica rezultira udubljenjem ili izbočenjem sternuma (57). U pacijenata s Marfanovim sindromom važno je razjasniti respiratorne simptome koji bi mogli biti posljedica alternativnih posljedica bolesti jer je Marfanov sindrom povezan i s rekurentnim pneumotoraksima, bulama, opstruktivnom apnejom u snu, fibrozom i emfizemom (58). Mnogi pacijenti koji dolaze u bolnicu zbog deformacija prsnog koša već imaju dijagnozu Marfanovog sindroma, ali kod kojih se ona javi *de novo*, kliničari bi mogli posumnjati u mogućnost poremećaja vezivnog tkiva i pažljivo ispitati druge skeletne značajke Marfanovog sindroma. Ako se sumnja na Marfanov sindrom, potrebno je zatražiti ehokardiogram, oftalmološki pregled i genetsko testiranje za provjeru mutacije fibrilina-1 jer to može predstavljati prvu priliku

za postavljanje dijagnoze, čime se omogućuje potencijalno spasonosno liječenje povezanih srčanih bolesti (56,57). U pacijenata s Marfanovim sindromom važno je razmotriti hoće li u budućnosti biti potrebna operacija korijena aorte. Iako se korekcija deformacije prsnog koša može sigurno poduzeti prije ili nakon sternotomije zbog kardiokirurškog zahvata, Hysi i sur. sugeriraju da je istodobni pristup s resekcijom abnormalne hrskavice prije sternotomije povezan s boljom intraoperativnom izloženošću i dobrim postoperativnim rezultatima. Kirurška korekcija PE-a i PC-a kod Marfanovog sindroma najčešće se izvodi Nussovom ili Ravitchevim pristupom (57, 59). Pacijente treba upozoriti da su izloženi većem riziku od recidiva nakon bilo koje kirurške intervencije zbog prirode njihove bolesti vezivnog tkiva koja povećava gipkost stijenke prsnog koša. Zbog navedenog bi trebalo razmotriti dulju primjenu Nussove šipke i ortoze, a neka istraživanja sugeriraju da bi liječenje trebalo biti odgođeno dok se gotovo ne postigne koštana zrelost (57,60). Otvoreni zahvati mogu se izvesti kao što je ranije opisano, ali je potrebno pažljivo razmotriti potrebu za kardiokirurškim zahvatom i poduzeti popratne zahvate kada je to potrebno. U pacijenata s bilo kakvim problemima u vezi s dimenzijama korijena aorte, tehnika vakuumske zvona se ne savjetuje kao sigurna opcija liječenja. Fraser i sur. navode da je modificirani „otvoreni“ Nussov pristup tretman izbora kada se razmatra istodobna operacija aorte i korekcija deformacije prsnog koša (57).

Možemo zaključiti da su deformacije prednje stijenke prsnog koša česte u pacijenata s Marfanovim sindromom i mogu predstavljati prvu prezentaciju kliničarima nudeći priliku za dijagnozu, preventivno liječenje i genetsko savjetovanje. Pacijenti s Marfanovim sindromom i deformacijama prsnog koša mogu predstavljati niz izazova koji se odnose na druge manifestacije bolesti koje kompliciraju kirurški zahvat, moguću potrebu za istodobnim kardiokirurškim zahvatom i povećanu gipkost stijenke prsnog koša. Pravovremeni i uspješan postupak za rješavanje deformacije prsnog koša može uvelike poboljšati morbiditet, a pokazalo se da su i operativni i neoperativni pristupi sigurni i dobro podnošljivi u ovoj populaciji pacijenata (57).

## **Deformacije prsnog koša u sklopu Polandovog sindroma**

Polandov sindrom (skr. PS) rijetka je kongenitalna anomalija u kojoj postoje različiti stupnjevi hipoplazije ili aplazije komponenti torakalne stijenke. Prosječna incidencija je 1 na 20 000 do 1 na 30 000 živorođene djece i rijetko se javlja bilateralno (4, 62). Češće se javlja na desnom hemitoraksu i muškarci su češće pogođeni, u omjeru 2-3:1 (63). Jedina dosljedna anomalija u ovom sindromu je nerazvijenost ili odsutnost sternokostalne glave velikog prsnog mišića koja dovodi do asimetrije zahvaćene strane, a uz nju

se javlja i najmanje još jedna deformacija (4, 64). Pridružene anomalije rebara prisutne su u do 60 % slučajeva, uključujući hipoplaziju ili aplaziju rebara i njihovih hrskavica. Ostale deformacije uključuju amastiju, ateliju, hipoplaziju/aplaziju m. pectoralis minor, alopeciju aksile, dekstrokardiju, hernijaciju pluća, brahidaktiliju, sindaktiliju (50–75 %), kraniofacijalne abnormalnosti, torakalne tumore, skoliozu, a ponekad i hipoplaziju subklavijskih žila (4,65). Općenito, PS se kategorizira kao jednostavan (zahvaćeno torakalno meko tkivo) ili složen (zahvaćen torakalni skelet, torakalno meko tkivo, deformacije ruku) (3). Kada nema deformacije šake, PS se naziva Polandova sekvenca (66). Postoji još mnogo klasifikacija ovoga sindroma, a jedna od predloženih klasifikacija temelji se na najčešćim abnormalnostima povezanim s defektima prsnog mišića kako slijedi: tip-1 ili minimalni oblik, koji predstavlja izolirani defekt prsnog mišića (bez anomalije rebara ili gornjih ekstremiteta); tip-2 ili djelomični oblik, koji se dijeli na: tip-2a - anomalije gornjih ekstremiteta bez anomalija rebara, i tip-2b - anomalije rebara bez anomalija gornjih ekstremiteta; te tip-3 ili potpuni oblik, koji predstavlja defekt prsnog mišića povezan s anomalijama gornjih udova i rebara (67). PS obično predstavlja estetsku deformaciju, a organsko oštećenje i povezane anomalije su rijetka pojava (3).

Rijetko uzrokuje funkcionalno ograničenje u ipsilateralnom ekstremitetu, vjerojatno zbog kompenzacije drugim mišićnim skupinama, ali ponekad može uzrokovati oštećenje funkcionalnosti (ograničenje pokreta gornjih udova, nestabilan prsni koš). Kao i za ostale deformacije, psihosocijalni i kozmetički problemi su od najveće važnosti (4, 16, 68). Točna etiologija ostaje nedefinirana, ali se smatra da više proizlazi iz događaja *in utero* nego iz nasljeđivanja. Hipoteza je da dolazi do intrauterinog vaskularnog inzulta koji se sastoji od prekida embrionalne opskrbe krvlju u subklavijskim ili vertebralnim arterijama, što dovodi do različitih malformacija. Druga važna predložena hipoteza je poremećaj razvoja lateralne ploče mezoderma (3). Neka istraživanja povezala su ovu deformaciju s teratogenim lijekovima, misoprostolom i uporabom duhana tijekom trudnoće (1, 16, 68). U slučaju genetskog nasljeđivanja, istaknut je bilateralni fenotip povezan s autosomno dominantnim nasljeđem s genetskim rizikom od 50 % i Mobiusov sindrom povezan s autosomno recisivnim i X-vezanim nasljeđem s niskim genetskim rizikom. Unilateralni fenotip (>90 %) smatra se nesindromskim s niskim genetskim rizikom (13). Anomalija lijeve strane povezana je s dekstrokardijom, a PS je povezan i s Klippel-Feilovim sindromom, bubrežnim anomalijama, leukemijom, ne-Hodgkinovim limfomom, rakom dojke, rakom grlića maternice, leiiosarkomom i rakom pluća (16). Ako su abnormalnosti prsnog koša i gornjih ekstremiteta značajne, dijagnoza se postavlja već pri rođenju, a može se otkriti i tijekom trudnoće, ali mnogim pacijentima se nikada ne postavi dijagnoza zbog nepostojanja značajnog funkcionalnog oštećenja i suptilnih kliničkih abnormalnosti (69).

Evaluacija se usredotočuje na malformacije mekog tkiva, kostura i gornjih ekstremiteta te na povezane anomalije koje se odnose na određeni fenotip (desno i lijevo, bilateralno). CT, magnetska rezonanca (skr. MR) i angiografija s trodimenzionalnom rekonstrukcijom, poprečnim presjekom i sagitalnim prikazom najkorisniji su alati za snimanje (62). Glavne točke fizikalnog pregleda uključuju procjenu simetrije i funkcionalnosti udova i torza te mjerenje dužine od sternalnog usjeka do akromiona, od olekranona do ularnog stiloida i mjerenje dužine falangi prstiju, a spektar bolesti dojke je od najveće važnosti (66). S obzirom na moguće istodobne druge sustavne malformacije, neki predlažu učiniti radiografiju prsnog koša, kompletnu krvnu sliku, analizu urina i ultrazvučni pregled bubrega uz fizikalni pregled (70).

Kirurška intervencija je rijetko potrebna, ali može biti indicirana iz razloga kao što su paradoksalno pomicanje stijenke prsnog koša, hipoplazija ili aplazija dojke u žena i značajne asimetrije stijenke prsnog koša kod muškaraca i žena (69). Dakle, kirurško liječenje PS-a uglavnom je kozmetičko, a rijetko je potrebno za poboljšanje funkcionalnog statusa (4). Operativni tijek je različit i ovisi o stupnju deformacije, kao i o dobi i spolu pacijenta (71). Konkavitet stijenke prsnog koša na mjestu defekta prsnog mišića može se ispuniti mišićnim reznjevima (npr. m. latissimus dorsi) ili implantatima (4). U žena s amastijom, rekonstrukciju treba izvesti kada se završi puni razvoj normalne kontralateralne dojke (72). Tehnike za rekonstrukciju kostohondralnih anomalija u PS-u su prilagođene Ravitcheve tehnike (73). Kada su višestruka rebra hipoplastična ili ih nema, mogu se koristiti kontralateralni kostalni transplantati, a periorbit rebra donora se ostavlja kako bi se omogućila regeneracija. Klinaste osteotomije izvode se prema potrebi za ispravljanje abnormalne zakrivljenosti ili rotacije sternuma (4). Operacija sindaktilije obično se može izvesti u djece bez značajnih komplikacija sa ili bez transplantata kože (74). Fizikalna terapija može biti od pomoći kod djece kako bi im pomogla da pužu i prilagode se svojim deformacijama, a fizikalna i radna terapija su prikladne i nakon kirurške intervencije (75).

## **Utjecaj deformacija prsnog koša na psihosocijalno stanje**

Utjecaj fizičkog izgleda na psihosocijalno stanje djeteta važan je predmet rasprave zbog fizičke i psihičke promjene kroz koje prolaze djeca, a naročito adolescenti (76). „Adolescentni egocentrizam“ je specifična kognitivna nezrelost vidljiva u ranoj adolescenciji koja navodi adolescente na razmišljanje da su drugi ljudi jednako zaokupljeni njihovim izgledom i ponašanjem kao i oni sami. Zbog navedenog, pacijenti s deformacijama prsnog koša skloni su izbjegavanju društvenih aktivnosti, a nezadovoljstvo vezano uz sliku tijela može stvoriti rizik za razvoj psihosocijalnih problema kao što su tjeskoba,

niže samopoštovanje, socijalno povlačenje, što posljedično značajno utječe na kvalitetu života pacijenata (15, 77).

Kelly i sur. u svom istraživanju nisu uspjeli dokazati nikakvu povezanost između ozbiljnosti bolesti i psihosocijalnih problema, što je podržano velikom varijacijom u težini deformacije uočene kod pacijenata koji su imali psihosocijalne tegobe (21). Ovi rezultati naglašavaju važnost povezanosti subjektivnog doživljaja vlastite slike tijela i stresa, a ne samo anatomske težine bolesti. Posljedično, liječenje bi moglo imati značajan utjecaj na budućnost ovih pacijenata (15). U studiji Bahadira i sur. uspoređeno je više aspekata psihosocijalnog funkcioniranja u operiranih i neoperiranih pedijatrijskih pacijenata s deformacijama prsnog koša. Dokumentirali su da su operirani pacijenti prije operacije imali značajno niže zadovoljstvo slikom tijela u usporedbi s neoperiranim pacijentima. Pacijenti u operiranoj skupini većinom su se sami odlučili doći u bolnicu i to upućuje na njihovu povećanu zabrinutost za svoje tijelo. Nije bilo statistički značajnih razlika u ukupnom bodovanju psihijatrijskih ljestvica između operiranih i neoperiranih pacijenata ( $P > 0,05$ ).

Rezultati prosocijalnog ponašanja bili su niži u operiranoj skupini. Fokusiranje na fizički izgled u skupini operiranih možda je rezultiralo relativno manjom zabrinutošću za ljude u njihovom okruženju. S druge strane, pacijenti zbog negativnog samopoimanja svoga izgleda, mogu izbjegavati društvene situacije i može im biti neugodno ponuditi pomoć drugima zbog straha od odbijanja (78). Ji i sur. su u svoje istraživanje uključili 415 djece između 6 i 16 godina koja su imala PE i usporedili ih s 400 vršnjaka iste dobi i spola iz opće populacije. U usporedbi s kontrolnim subjektima, djeca s PE-om su na različitim ljestvicama pokazala veću prevalenciju psihosocijalnih problema kao što su „povlačenje“, „anksiozno-depresivni poremećaj“, „socijalni problemi“ i „totalni problemi / psihosocijalni problemi“. Veliki broj pacijenata, njih 252 (74,8 %), prvi su put uočili svoju deformaciju u dobi od 4, 5 ili 6 godina. Nezadovoljstvo i zadirkivanje zbog deformacije bili su faktori motivacije za liječenje i 125 (37,1 %) pacijenata je priznalo da su zamolili roditelje da ih odvedu u bolnicu barem jednom u posljednjih godinu dana, a većina njih je starija od 10 godina. Pacijenti u istraživanju naveli su da su se često trudili izbjeći izlaganje prsa na javnim mjestima, tj. njih 147 (43,6 %), a 77 (22,8 %) pacijenata izjavilo je da su bili zadirkivani zbog deformacije prsnog koša, pri čemu su 97,4 % zadirkiivali vršnjaci, a 2,6 % odrasli izvan obitelji. Nitko nije doživio ovakvo ponašanje članova obitelji ili šire obitelji. Ove analize naglašavaju očito značajan utjecaj karakteristika pacijenata na loše psihosocijalno funkcioniranje: u usporedbi s dobnom skupinom ispod 9 godina, dobna skupina od 12 do 16 godina bila je izložena većem riziku od psihosocijalnih problema. Pacijenti s teškom deformacijom ( $HI \geq 6,0$ ) imali su značajno veću vjerojatnost da će imati psihosocijalne probleme nego pacijenti s blagom deformacijom ( $3,0 \leq HI \leq 3,9$ ). P

pacijenti čije su majke bile niže obrazovane imali su znatno veću vjerojatnost da će imati psihosocijalne simptome i učestalost psihosocijalnih problema bila je značajno veća kod pacijenata koje su drugi zadirkivali. Rezultati multivarijantne regresijske analize pokazali su da su dob pacijenta ( $P = 0,018$ ), težina malformacije ( $P = 0,016$ ) i zadirkivanje ( $P = 0,001$ ) bili povezani s psihosocijalnim problemima, a majčino obrazovanje ( $P = 0,091$ ) nije bilo značajan prediktor psihosocijalnih problema iako je pokazalo značajnu povezanost univarijantnom analizom ( $P = 0,047$ ) (8). Unatoč rezultatima navedenog istraživanja, literatura potvrđuje široko rasprostranjeno stajalište da su depresija ili anksioznost rijetki u pacijenata PE-om ili barem nisu češći nego u općoj populaciji (15).

Mnoga istraživanja su uspoređivala psihosocijalno stanje djece prije i nakon operacije deformacije prsnog koša. Luo i sur. su u svoje istraživanje uključili 266 pacijenata s deformacijom prsnog koša i iznose rezultate da je udio pacijenata s poremećajem mentalnog zdravlja pao sa 60,5 % prije operacije na 29,7 % postoperativno ( $p < 0,001$ ) (79). U studiji Hadolta i sur., prijeoperacijski rezultati mentalnog stanja pacijenata bili su unutar normalnog raspona, ali je unutar toga raspona došlo do značajnih poboljšanja depresije ( $p < 0,05$ ), ukupnog psihosocijalnog stresa (engl. *Global Severity Index*, skr. GSI) ( $p < 0,03$ ) i intenziteta simptoma (engl. *positive symptom distress burden*) ( $p < 0,05$ ) (80). Mnoga istraživanja izvještavaju o vrlo visokim razinama zadovoljstva pacijenata i otvorenim i zatvorenim metodama liječenja u rasponu od 80 % do 97 % (15,21). Mala pilot studija Lawsons i sur. iznosi značajna poboljšanja u slici tijela, sposobnosti vježbanja i učestalosti frustracije, tuge i izolacije od strane pacijenata i roditelja (81). To su podržale dvije kasnije prospektivne kohortne studije koje su uvidjele značajno poboljšanje ( $p < 0,001$ ) u socijalnoj funkciji, samopoštovanju i visokoj razini zadovoljstva nakon Nussovog postupka (82,83). Nadalje, Lam i sur. nisu utvrdili značajnu razliku u kvaliteti života povezanom sa zdravljem između pacijenata liječenih Nussovom i Ravitchevom metodom, a pokazalo se da poboljšanje traje najmanje 4 godine nakon uklanjanja šipke ( $p < 0,001$ ) (83, 84). Kelly i sur. u svojoj multicentričnoj studiji navode značajno poboljšanje slike o tijelu, fizičkih poteškoća, emocionalnog stresa i socijalne kohezije nakon operacije PE-a (21). Retrospektivna serija slučajeva pokazala je da je 90 % pacijenata prijavilo poboljšanje općeg zdravlja, tolerancije na tjelovježbu i društvene interakcije nakon operacije (85). Nasuprot ovim rezultatima, jedna studija je koristila neoperirane pacijente s PE-om kao kontrole i nije otkrila razliku u učestalosti depresije i anksioznosti nakon operacije u usporedbi s pacijentima s PE-om koji nisu operirani (78). Ji i sur. navode da se psihosocijalni problemi mogu povećati s godinama ako pacijenti nemaju psihoterapijsku pomoć ili nisu podvrgnuti kirurškom liječenju (8). Ipak, neka istraživanja na odraslima

pružaju optimistične rezultate, primjerice Schippers i sur. ispitali su utjecaj PS-a na psihosocijalno stanje u odraslih pacijenata i pokazalo se da većina ispitanika ima normalne razine samopoštovanja i zadovoljstva životom, čime se zaključuje da PS nema štetan učinak na cjelokupno mentalno zdravlje. To bi moglo biti posljedica toga što se pacijenti od ranog djetinjstva uče nositi sa svojim urođenim stanjem te u odrasloj dobi održavaju normalno samopoštovanje i zadovoljstvo svojim životima koji su obogaćeni brakom, djecom i karijerom po stopama sličnim onima kod njihovih vršnjaka. Ovi nalazi mogu pružiti sigurnost obiteljima pacijenata kojima je dijagnosticirano ovo urođeno stanje (65).

## **Konzervativno liječenje deformacija prsnog koša**

Osim ranije opisanih kirurških metoda liječenja, postoje brojni konzervativni modaliteti liječenja deformacija prsnog koša koji dobivaju sve veću važnost i preporučaju se pacijentima s blagim do umjerenim deformacijama koje ne zahtijevaju operaciju, a imaju svoje mjesto i nakon operativnog liječenja. Uz već spomenuto ispravljanje deformacija ortozom i psihološku podršku, u konzervativnom pristupu se važnost pridaje i regulaciji tjelesne aktivnosti, kardiopulmonalnom kondicioniranju i ispravljanju posture. Program liječenja treba planirati individualno, što znači da se u obzir uzima težina deformacije i opće zdravstveno stanje pacijenta (86,87). Iako u literaturi ne postoji konsenzus o ulozi fizikalne terapije u liječenju deformacija prsnog koša, smatra se da ona igra značajnu ulogu u prevenciji i korekciji deformacija prsnog koša, sprječava moguće postoperativne plućne komplikacije, pomaže u postizanju boljeg kozmetičkog izgleda i poboljšanju kvalitete života pacijenta (88,89).

Cilj kineziterapije je ispraviti posturu, povećati fleksibilnost kralježnice i prsnog koša, produžiti zategnute ili skraćene strukture, ojačati mišiće, poboljšati disanje i povećati izdržljivost pacijenta (86). Prvi korak u kineziterapiji je aktiviranje i istezanje struktura koje okružuju veliki prsni mišić, gornji dio leđa i prsni koš, a preporuča se da se te vježbe izvode zajedno s vježbama dubokog disanja, koje su jedan od temelja plućne rehabilitacije. Vježbe disanja uključuju dijafragmalno, gornje i srednje/donje lateralno rebreno disanje te vježbe disanja koje uključuju svaki plućni režanj. Na primjer, pacijentima s asimetričnim PE-om preporuča se disati na udubljenu stranu i spriječiti disanje na suprotnu stranu. Trening respiratornih mišića provodi se za pacijente sa slabošću respiratornih mišića jer on povećava njihovu snagu i izdržljivost i na taj način ublažava dispneju (88,89,90,91). Program kineziterapije uključuje i vježbe jačanja mišića prsnog koša, leđa i trupa kako bi se podržao strukturni integritet stijenke prsnog koša. Vježbe jačanja mišića mogu potaknuti pravilniju posturu, smanjiti vidljivost deformacije i potencijalno ublažiti neke od fizičkih nelagoda povezanih s deformacijom (89,90,92). Haje i sur. proveli su

studiju u kojoj su pacijenti s PE-om izvodili ciljane vježbe za jačanje mišića prednje stijenke prsnog koša najmanje pet puta tjedno, pod nadzorom fizioterapeuta i uz kontrolirano disanje.

Rezultati su pokazali učinkovitost vježbi u ispravljanju ili djelomičnom ispravljanju PE-a, a posebno kada je terapija započela rano u slučajevima blažih i fleksibilnijih deformacija. Režim vježbanja koji su koristili sudionici uključivao je istovremenu abdukciju i ekstenziju gornjih udova bez otpora, ekstenziju trupa u ležećem položaju, sklekove, trbušnjake i napuhavanje balona tijekom 10 minuta (92). Aerobne vježbe imaju važnu ulogu u pacijenata s deformacijom prsnog koša jer im poboljšavaju cjelokupno kardiovaskularno zdravlje i funkciju pluća. Aerobne vježbe poput hodanja, trčanja, vožnje bicikla ili plivanja mogu pomoći u poboljšanju funkcije pluća i povećanju unosa kisika, a posljedično se ublažavaju poteškoće s disanjem koje mogu biti povezane s ovim stanjem.

Osim toga, navedene aktivnosti potiču bolju cirkulaciju i povećavaju ukupnu izdržljivost što može učiniti tjelesne aktivnosti manje napornima i poboljšati svakodnevno funkcioniranje (89,90). Promjene životnih navika poput kontrole tjelesne mase i izbjegavanja dugotrajne neaktivnosti su važne komponente dugoročne rehabilitacije (86). Studija Alaca i sur. jedna je od onih koja potvrđuje dobrobiti fizikalne terapije, točnije prednost kombiniranja fizikalne terapije uz terapiju vakuumskim zvonom za pacijente s PE-om. Pacijenti su nasumično podijeljeni u 2 skupine: skupina 1 provodila je samo terapiju vakuumskim zvonom, a skupina 2 provodila je terapiju vakuumskim zvonom s fizikalnom terapijom. Mjerenja vanjskog opsega prsnog koša, sternalne depresije i vrijednosti antropometrijskog indeksa pokazala su poboljšanje u obje skupine ( $p < 0,05$ ), ali bolji rezultati uočeni su u skupini 2 nego u skupini 1 ( $p < 0,05$ ). Mjerenje udaljenosti između najistaknutije točke sternuma i spinoznog nastavka kralješka na istoj razini pokazalo je poboljšanje samo u skupini 2 ( $p < 0,01$ ). Težina PE-a, pacijentova percepcija vlastite deformacije i roditeljska ocjena fiziološke kvalitete života poboljšali su se u obje skupine ispitanika ( $p < 0,05$ ), ali postura, zadovoljstvo liječenjem i rezultati kvalitete života pacijenata bili su značajno bolji u skupini 2 ( $p < 0,05$ ) (91). Još jedan problem koji se javlja u djece s deformacijom prsnog koša je loša postura ili pojam poznat kao „postura pectusa“ – obično podrazumijeva pomicanje ramena prema naprijed i razvoj torakalne kifoze. Nepravilna postura može biti kompenzacija koju pacijenti razvijaju kako bi sakrili deformaciju prsnog koša (93). Steinman i sur. navode da 94–95 % pacijenata s PE-om i PC-om pokazuje nepravilniju posturu u usporedbi s zdravim osobama (94). Alaca i sur. navode da pacijenti s PE-om i PC-om imaju nepravilniju posturu (protrakcija glave i vrata, povećane kifoze i skolioze) u usporedbi s zdravim vršnjacima prema *New York Posture Scale* (95). Nepravilna postura od velikog je

značenja jer negativno utječe na zdravlje cijele kralježnice, a upravo je studija koju su proveli Mete i sur. demonstrirala da adolescenti s PE-om i PC-om imaju smanjenu pokretljivost kralježnice, poremećaj poravnanja kralježnice i smanjenu percepciju položaja kralježnice. Takve posturalne promjene mogu s vremenom dovesti do problema s mišićno-koštanim sustavom te, čak i ako se deformacija prsnog koša ispravi operativno, pacijenti i dalje mogu imati lošu posturu, što može negativno utjecati na proces ozdravljenja. Sve navedeno naglašava važnost procjene kralježnice tijekom fizikalnog pregleda adolescenata s deformacijom prsnog koša, a poremećaji posture također bi trebali biti jednako važno pitanje i trebali bi biti uključeni u program liječenja (93,96).

## Zaključak

Deformacije prsnog koša u djece se javljaju u različitim formama i ponekad uzrokuju značajne kardiopulmološke tegobe, ali najčešće imaju značajan psihosocijalni aspekt. Mogu dovesti do raznih psihosocijalnih tegoba i ograničavati društveni život pacijenata, i zbog toga djeci treba pružiti odgovarajuće liječenje deformacije, ali i psihološku pomoć. S psihološkog gledišta, rana operacija je idealna, ali neki autori tvrde da ispravljanje u preranoj dobi može rezultirati nepravilnim rastom stijenke prsnog koša i drugim komplikacijama, tako da bi operaciju trebalo izvesti u fazi tinejdžerstva (blizu dobi zrelosti kostura), kada se operacija može jednostavnije izvesti. Literatura ukazuje na mnoge psihosocijalne dobrobiti nakon operacije, ali prag psihosocijalnih tegoba koji opravdava operaciju još nije dokazan, kao ni razina ispod koje je operacija od male koristi. Slijedom navedenog su potrebna daljnja istraživanja kako bi se odredile precizne smjernice za operativno liječenje ovih pacijenata. Osim operativnog liječenja, sve je veći interes za uporabom ortoza za korekciju deformacija ili smanjenje njihovog napredovanja, a pokazalo se da vježbe doprinose uspjehu liječenja. Bez obzira izvodi li se operacija ili ne, posturalne vježbe i fizikalna terapija mogu pomoći pacijentima da postignu pravilniju posturu i održe zdravlje kralježnice koje može biti narušeno kod ovih pacijenata. Treba istaknuti i važnost aerobnih vježbi koje, iako ne ispravljaju samu deformaciju, pridonose cjelokupnom kardiovaskularnom zdravlju, funkciji pluća i imaju dugoročne dobrobiti, stoga pacijente treba poticati na svakodnevnu tjelesnu aktivnost. Multidisciplinarni pristup je neophodan u liječenju i kontroli ovih kliničkih entiteta, a u njemu sudjeluju specijalisti ortopedije, fizikalne medicine i rehabilitacije, pulmologije, kardiologije, fizioterapeuti i psiholozi. Dobro isplaniran i proveden individualizirani rehabilitacijski program u konačnici dovodi do poboljšanja funkcionalnih ishoda, ublažavanja simptoma i poboljšanja kvalitete života pacijenata s deformacijom prsnog koša.

**Izjava o sukobu interesa:** Autori izjavljuju da nisu u sukobu interesa.

## Literatura

1. Koumbourlis AC. Chest wall abnormalities and their clinical significance in childhood. *Paediatr Respir Rev.* 2014;5(3):246-55.
2. Katrancioglu O, Akkas Y, Sahin E, Demir F, Katrancioglu N. Incidence of chest wall deformity in 15,862 students in the province of Sivas, Türkiye. *Turkish J Thorac Cardiovasc Surg.* 2023;31(1):116.
3. Rea G, Sezen CB. Chest Wall Deformities. *StatPearls [Internet].* 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553073/>
4. Blanco FC, Elliott ST, Sandler AD. Management of congenital chest wall deformities. *Semin Plast Surg.* 2011;25(1):107-16.
5. Gokhale J, Selbst SM. Chest pain and chest wall deformity. *Pediatr Clin North Am.* 2009;56(1):49-65.
6. Kılıç FE, Küçükkeleşçe O, Varan C, Tanrıverdi H, Bakırhan F. Exploring chest wall deformities in childhood and adolescence: insights from a case-control study. *BMC Pediatr.* 2024;24(1):700.
7. Kwong JZ. Non-surgical approaches to the management of chest wall deformities. *Semin Pediatr Surg.* 2024;33(1):151388.
8. Ji Y, Liu W, Chen S, Xu B, Tang Y, Wang X, i sur. Assessment of psychosocial functioning and its risk factors in children with pectus excavatum. *Health Qual Life Outcomes.* 2011;9:28.
9. Fokin AA, Steuerwald NM, Ahrens WA, Allen KE. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21:44-57.
10. Abdullah F, Harris J. Pectus Excavatum: more than a matter of aesthetics. *Pediatr Ann.* 2016;45:e403-6.
11. Scalise PN, Demehri FR. The management of pectus excavatum in pediatric patients: a narrative review. *Transl Pediatr.* 2023;12(2):208-20.
12. Cobben JM, Oostra RJ, van Dijk FS. Pectus excavatum and carinatum. *Eur J Med Genet.* 2014;57(8):414-7.
13. Fonkalsrud EW. Surgical correction of pectus carinatum: lessons learned from 260 patients. *J Pediatr Surg.* 2008;43(7):1235-43.
14. Tocchioni F, Ghionzoli M, Pepe G, Messineo A. Pectus excavatum and MASS phenotype: an unknown association. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2012;22(5):508-13.
15. Walsh J, Walsh R, Redmond K. Systematic review of physiological and psychological outcomes of surgery for pectus excavatum supporting commissioning of service in the UK. *BMJ Open Respir Res.* 2023;10(1):e001665.
16. Kotzot D, Schwabegger AH. Etiology of chest wall deformities—a genetic review for the treating physician. *J Pediatr Surg.* 2009;44:2004-11.
17. Malek MH, Berger DE, Marelich WD, Coburn JW, Beck TW, Housh TJ. Pulmonary function following surgical repair of pectus excavatum: a meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30:637-43.
18. Jaroszewski D, Steidley E, Galindo A, Arabia F. Treating heart failure and dyspnea in a 78-year-old man with surgical correction of pectus excavatum. *Ann Thorac Surg.* 2009;88:1008-10.
19. Fonkalsrud E. Management of pectus chest deformities in female patients. *Am J Surg.* 2004;187:192-7.
20. Kelly R. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg.* 2008;17:182-93.
21. Kelly RE Jr, Cash TF, Shamberger RC, Mitchell KK, Mellins RB, Lawson ML, i sur. Surgical repair of pectus excavatum markedly improves body image and perceived ability for physical activity: multicenter study. *Pediatrics.* 2008;122:1218-22.

22. 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(10):904-6.
23. Mueller C, Saint-Vil D, Bouchard S. Chest x-ray as a primary modality for preoperative imaging of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2008;43:71-3.
24. Johnson WR, Fedor D, Singhal S. Systematic review of surgical treatment techniques for adult and pediatric patients with pectus excavatum. *J Cardiothorac Surg.* 2014;9:25.
25. Kelly RE Jr, Shamberger RC, Mellins RB, Mitchell KK, Lawson ML, Oldham K, i sur. Prospective multicenter study of surgical correction of pectus excavatum: design, perioperative complications, pain, and baseline pulmonary function facilitated by Internet-based data collection. *J Am Coll Surg.* 2007;205:205-16.
26. Jaroszewski DE. Physiologic implications of pectus excavatum. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;153:218-9.
27. Funk JF, Gross C, Placzek R. Patient satisfaction and clinical results 10 years after modified open thoracoplasty for pectus deformities. *Langenbecks Arch Surg.* 2011;396(8):1213-20.
28. Schier F, Bahr M, Klobe E. The vacuum chest wall lifter: an innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2005;40:496-500.
29. Obermeyer RJ, Cohen NS, Kelly RE Jr, Ann Kuhn M, Frantz FW, McGuire MM, i sur. Nonoperative management of pectus excavatum with vacuum bell therapy: A single center study. *J Pediatr Surg.* 2018;53:1221-5.
30. Haecker FM, Sesia S. Vacuum bell therapy. *Ann Cardiothorac Surg.* 2016;5:440-9.
31. Haecker FM, Zuppinger J, Sesia SB. Die konservative Therapie der Trichterbrust mittels Vakuumtherapie. *Swiss Med Forum.* 2014;14:842-9.
32. Colombani PM. Preoperative assessment of chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21(1):58-63.
33. Hamaji M, Hiraoka K, Jaroszewski DE, Deschamps C. Modified Robicsek procedure for pectus excavatum in adult patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014;18(5):611-4.
34. Harrison MR, Gonzales KD, Bratton BJ, Christensen D, Curran PF, Fechter R, i sur. Magnetic mini-mover procedure for pectus excavatum III: safety and efficacy in a Food and Drug Administration-sponsored clinical trial. *J Pediatr Surg.* 2012;47:154-9.
35. Bawazir OA, Montgomery M, Harder J, Sigalet DL. Midterm evaluation of cardiopulmonary effects of closed repair for pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2005;40:863-7.
36. Jaroszewski D, Notrica D, McMahon L, Steidley DE, Deschamps C. Current management of pectus excavatum: a review and update of therapy and treatment recommendations. *J Am Board Fam Med.* 2010;23(2):230-9.
37. Coln D, Gunning T, Ramsay M, Swygert T, Vera R. Early experience with the Nuss minimally invasive correction of pectus excavatum in adults. *World J Surg.* 2002;26:1217-21.
38. Antonoff MB, Eerickson AE, Hess DJ, Acton RD, Saltzman DA. When patients choose: comparison of Nuss, Ravitch, and Leonard procedures for primary repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2009;44(6):1113-8.
39. Nuss D, Kuhn M. Our approach: minimally invasive surgical repair of pectus excavatum. *Contemp Surg.* 2007;63:444-51.
40. Kelly RE, Goretsky MJ, Obermeyer R, Kuhn MA, Redlinger R, Haney TS, i sur. Twenty-one years of experience with minimally invasive repair of pectus excavatum by the Nuss procedure in 1215 patients. *Ann Surg.* 2010;252:1072-81.
41. Kelly RE Jr, Obermeyer RJ, Goretsky MJ, Kuhn MA, Frantz FW, McGuire MM, i sur. Recent Modifications of the Nuss Procedure: The Pursuit of Safety During the Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum. *Ann Surg.* 2022;275:e496-502.
42. Davis JT, Weinstein S. Repair of the pectus deformity: results of the Ravitch approach in the current era. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:421-6.

43. Calkins CM, Shew SB, Sharp RJ, Ostlie DJ, Yoder SM, Gittes GK, i sur. Management of postoperative infections after the minimally invasive pectus excavatum repair. *J Pediatr Surg.* 2005;40:1004-7.
44. Redlinger RE Jr, Kelly RE Jr, Nuss D, Kuhn MA, Obermeyer RJ, Goretsky MJ. One hundred patients with recurrent pectus excavatum repaired via the minimally invasive Nuss technique--effective in most regardless of initial operative approach. *J Pediatr Surg.* 2011;46:1177-81.
45. Nuss D, Croitoru DP, Kelly RE. Congenital chest wall deformities. *Pediatric surgery.* 4th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005.
46. Haje SA, Harcke HT, Bowen JR. Growth disturbance of the sternum and pectus deformities: imaging studies and clinical correlation. *Pediatr Radiol.* 1999;29(5):334-41.
47. Robicsek F, Watts LT. Pectus carinatum. *Thorac Surg Clin.* 2010;20(4):563-74.
48. Frey AS, Garcia VF, Brown RL. Nonoperative management of pectus carinatum. *J Pediatr Surg.* 2006;41(1):40-5.
49. Emil S. Current options for the treatment of pectus carinatum: when to brace and when to operate? *Eur J Pediatr Surg.* 2018;28(4):347-54.
50. McHam B, Winkler L. Pectus Carinatum. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jul.
51. 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. *J Pediatr Surg.* 2015;50(11):1940-4.
52. 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. *Pediatr Radiol.* 2010;40(11):1763-7.
53. Loff S, Sauter H, Wirth T, Otte R. Highly Efficient Conservative Treatment of Pectus Carinatum in Compliant Patients. *Eur J Pediatr Surg.* 2015;25(5):421-4.
54. Yuksel M, Lacin T, Ermerak NO, Sirzai EY, Sayan B. Minimally Invasive Repair of Pectus Carinatum. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(3):915-23.
55. De Maio F, Fichera A, De Luna V, Mancini F, Caterini R. Orthopaedic aspects of marfan syndrome: the experience of a referral center for diagnosis of rare diseases. *Adv Orthop.* 2016;2016:8275391.
56. Loeys BL, Dietz HC, Braverman AC, Callewaert BL, De Backer J, Devereux RB, i sur. The revised Ghent nosology for the Marfan syndrome. *J Med Genet.* 2010;47:476-85.
57. Fraser S, Child A, Hunt I. Pectus updates and special considerations in Marfan syndrome. *Pediatr Rep.* 2018;9(4):7277.
58. Neuville M, Jondeau G, Crestani B, Taillé C. Respiratory manifestations of Marfan syndrome. *Rev Mal Respir.* 2015;32:173-81.
59. Hysi I, Vincentelli A, Juthier F, Benhamed L, Banfi C, Rousse N, i sur. Cardiac surgery and repair of pectus deformities: When and how? *Int J Cardiol.* 2015;194:83-6.
60. Arn PH, Scherer LR, Haller JA Jr, Pyeritz RE. Outcome of pectus excavatum in patients with Marfan syndrome and in the general population. *J Pediatr.* 1989;115:954-8.
61. Darian VB, Argenta LC, Pasyk KA. Familial Poland's syndrome. *Ann Plast Surg.* 1989;23:531-7.
62. Fokin AA. Thoracic defects: cleft sternum and Poland syndrome. *Thorac Surg Clin.* 2010;20(4):575-82.
63. Buckwalter V JA, Shah AS. Presentation and treatment of Poland anomaly. *Hand (NY).* 2016;11(4):389-95.
64. Yiyit N, Işıtmangil T, Öksüz S. Clinical analysis of 113 patients with Poland syndrome. *Ann Thorac Surg.* 2015;99(3):999-1004.

65. Schippers SM, Reist H, An Q, Buckwalter V JA. Natural History of Poland Syndrome: A Long-term Study of Functional and Psychosocial Outcomes. *Hand (NY)*. 2022;17(4):684-90.
66. Seyfer AE, Fox JP, Hamilton CG. Poland syndrome: evaluation and treatment of the chest wall in 63 patients. *Plast Reconstr Surg*. 2010;126(3):902-11.
67. Romanini MV, Calevo MG, Puliti A, Vaccari C, Valle M, Senes F, i sur. Poland syndrome: A proposed classification system and perspectives on diagnosis and treatment. *Semin Pediatr Surg*. 2018;27(3):189-99.
68. Moir CR, Johnson CH. Poland's syndrome. *Semin Pediatr Surg*. 2008;17(3):161-6.
69. Fokin AA, Robicsek F. Poland's syndrome revisited. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:2218-25.
70. Al-Qattan MM. Classification of hand anomalies in Poland's syndrome. *Br J Plast Surg*. 2001;54:132-6.
71. Fijałkowska M, Antoszewski B. Surgical treatment of patients with Poland's syndrome--own experience. *Pol Przegl Chir*. 2011;83(12):662-7.
72. Sadove AM, van Aalst JA. Congenital and acquired pediatric breast anomalies: A review of 20 years' experience. *Plast Reconstr Surg*. 2005;115:1039-50.
73. Shamberger RC, Welch KJ, Upton J 3rd. Surgical treatment of thoracic deformity in Poland's syndrome. *J Pediatr Surg*. 1989;24(8):760-6.
74. Braun TL, Trost JG, Pederson WC. Syndactyly Release. *Semin Plast Surg*. 2016;30(4):162-70.
75. Tafti D, Cecava ND. Poland Syndrome. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 May.
76. Rumsey N, Harcourt D. Body image and disfigurement: issues and interventions. *Body Image*. 2004;1(1):83-97.
77. Steinmann C, Krille S, Mueller A, Weber P, Reingruber B, Martin A. Pectus excavatum and pectus carinatum patients suffer from lower quality of life and impaired body image: a control group comparison of psychological characteristics prior to surgical correction. *Eur J Cardio-Thorac*. 2011;40:1138-45.
78. Bahadır AT, Kuru Bektaşoğlu P, Çakiroğlu Eser A, Afacan C, Yüksel M. Psychosocial functioning in pediatric patients with pectus excavatum and pectus carinatum. *Turk J Med Sci*. 2017;47:771-7.
79. Luo L, Xu B, Wang X, Tan B, Zhao J. Intervention of the nuss procedure on the mental health of pectus excavatum patients. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;23:175-80.
80. Hadolt B, Wallisch A, Egger JW, Höllwarth ME. Body-image, self-concept and mental exposure in patients with pectus excavatum. *Pediatr Surg Int*. 2011;27:665-70.
81. Lawson ML, Cash TF, Akers R, Vasser E, Burke B, Tabangin M, i sur. A pilot study of the impact of surgical repair on disease-specific quality of life among patients with pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2003;38:916-8.
82. Krasopoulos G, Dusmet M, Ladas G, Goldstraw P. Nuss procedure improves the quality of life in young male adults with Pectus Excavatum deformity. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;29:1-5.
83. Metzelder ML, Kuebler JF, Leonhardt J, Ure BM, Petersen C. Self and parental assessment after minimally invasive repair of pectus excavatum: lasting satisfaction after bar removal. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:1844-9.
84. 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. *J Pediatr Surg*. 2008;43:819-25.
85. Sacco Casamassima MG, Gause C, Goldstein SD, Karim O, Swarup A, Mcllrot K, i sur. Patient satisfaction after minimally invasive repair of pectus excavatum in adults: long-term results of nuss procedure in adults. *Ann Thorac Surg*. 2016;101:1338-45.

86. Sonel Tur B, Genç A. An overview of pectus deformities and rehabilitation approaches. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2025;71(2):131-138.
87. Abid I, Ewais MM, Marranca J, Jaroszewski DE. Pectus Excavatum: A Review of Diagnosis and Current Treatment Options. *J Am Osteopath Assoc.* 2017;117(2):106-113.
88. Cheung SY. Exercise therapy in the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Respir Crit Care* 2005;1:10-13.
89. Săndulache S, Ghimuș C, Postolache P. Pulmonary rehabilitation in pectus excavatum: From theory to medical practice. *Rom J Med Rehabil Phys Med Balneoclimatol.* 2024;l:101-108.
90. Özyılmaz S. Pulmonary rehabilitation in chest wall deformities. *Toraks Cerrahisi Bülteni.* 2015;6:91-96.
91. Alaca N, Alaca I, Yüksel M. Physiotherapy in addition to vacuum bell therapy in patients with pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2020;31:650-656.
92. Haje DP, Haje SA, Volpon JB, Silva ACOD, Lima LFB, Huang W. Localized pectus excavatum treated with brace and exercise: Long term results of a Brazilian technique. *Acta Ortop Bras.* 2021;29:143-148.
93. Mete O, Işık H, Pirinççi CŞ, Yaşa ME, Sapmaz E. Spinal posture, mobility, and position sense in adolescents with chest wall deformities: A comparison of pectus excavatum, pectus carinatum and healthy peers. *Pediatr Surg Int.* 2024;40:178-178.
94. Steinmann C, Krille S, Mueller A, Weber P, Reingruber B, Martin A. Pectus excavatum and pectus carinatum patients suffer from lower quality of life and impaired body image: a control group comparison of psychological characteristics prior to surgical correction. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40(5):1138-1145.
95. Alaca N, Yüksel M. Comparison of physical functions and psychosocial conditions between adolescents with pectus excavatum, pectus carinatum and healthy controls. *Pediatr Surg Int.* 2021; 37:765-775.
96. Hebra A. Minimally invasive repair of pectus excavatum. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21:76-84.