

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
MEDICINSKI FAKULTET  
DOKTORSKE STUDIJE KLINIČKE MEDICINE



**KLINIČKI ZNAČAJ  
NAČINA ODREĐIVANJA TORAKALNIH INDEKSA  
U DIJAGNOSTICI I TERAPIJSKOM TRETMANU  
PEKTUS EKSNAVATUMA KOD DECE**

Doktorska disertacija

---

**Mentori:**

Prof. dr Radoica Jokić  
Doc. dr Jovan Lovrenski

**Kandidat:**

Mr sci. dr Miloš Pajić

Novi Sad, 2016.

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
MEDICINSKI FAKULTET  
**Ključna dokumentacijska informacija**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.):	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Miloš Pajić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr sci. Radoica Jokić, dečji i opšti hirurg Doc. dr sci. Jovan Lovrenski, radiolog
Naslov rada: NR	Klinički značaj načina određivanja torakalnih indeksa u dija- gnostici i terapijskom tretmanu pektus ekskavatuma kod dece
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srpski / engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Autonomna pokrajina Vojvodina
Godina: GO	2016
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Srbija, Hajduk Veljkova 3
Fizički opis rada: FO	8 poglavlja / 128 stranica / - slika / 18 tabela/ 20 grafikona / 134 referenci / 17 priloga
Naučna oblast: NO	Medicina
Naučna disciplina: ND	Dečja hirurgija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Pectus excavatum; dijagnoza; kompjuterizovana tomografija; jonizujuće zračenje; zid grudnog koša; indeksi, doziranje zračenja; terapija
UDK	611.94.012:616.24-008.4]-07/-08
Čuva se: ČU	U biblioteci Medicinskog fakulteta u Novom Sadu, Hajduk Veljkova 3, 21000 Novi Sad, Srbija
Važna napomena: VN	nema

Izvod:  
IZ

**Cilj:** Proveriti da li je moguće promeniti način CT verifikacije *Haller*-ovog indeksa u okviru preoperativne pripreme pacijenata sa deformitetom grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a, uz utvrđivanje fiziološkog opsega vrednosti indeksa, njegove zavisnosti od uzrasta i pola, kao i respiratorne faze u kojoj se CT pregled izvodi. Utvrditi značaj vrednosti indeksa korekcije, indeksa asimetrije i indeksa torzije sternuma. Proveriti i mogućnost smanjivanja efektivne doze jonizujućeg zračenja kod primene CT tehnike jednog skena (*single slice*).

**Materijal i metod rada:** Ispitivanje se sastojalo iz prospektivne studije koja je obuhvatila 30 pacijenata sa pektus ekskavatumom uz CT snimanje (*single slice*) u respiratornim fazama: ekspirijum i inspirijum. Na dobijenim snimcima su izračunati pored Halerovog indeksa i indeksi asimetrije, korekcije i sternalne torzije. Prema dobijenim rezultatima merenja i izračunavanja, donošena je odluka o načinu terapijskog tretmana. U retrospektivnoj studiji, urađena je analiza 100 CT pregleda grudnog koša kod dece gde nije verifikovan *pectus excavatum*, uz kalibriranje vrednosti indeksa u odnosu na uzrast i pol pacijenata. Retrospektivno istraživanje je obuhvatilo i analizu dodatnih 30 CT pregleda grudnog koša pacijenata sa deformitetom grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a, koji su dijagnostikovani i/ili operisani. Kod svih operisanih pacijenata je primenjena Nusova operativna tehnika. U ovoj grupi pacijenata je izračunata srednja vrednost efektivne doze jonizujućeg zračenja, a dobijene vrednosti su potom komparirane sa efektivnim dozama koje su dobijene niskodoznim CT pregledima grudnog koša uz primenu novog protokola ("*single-slice*" tehnika u respiratornim fazama inspirijuma i ekspirijuma).

**Rezultati:** Fiziološki opseg vrednosti *Haller*-ovog indeksa u populaciji zdravih pacijenata se kretao od 1,47 do 3,17 i u proseku je iznosio  $2,23 \pm 0,32$  (znatna pozitivna korelacija uzrasta i vrednosti HI). Na osnovu rezultata Man-Vitnjevog testa nije postojala polna razlika u posmatranoj grupi. *Haller*-ov indeks u grupi dijagnostikovane/operisane dece je u proseku iznosio 3,39 i kretao se u intervalu od 2,23 do 5,72 (korelacija između uzrasta ovih pacijenata i *Haller*-ovog indeksa je bila neznatna i negativna). Utvrđena je zavisnost veličine *Haller*-ovog indeksa od respiratorne faze u kojoj se CT pregled izvodi. Tako su prosečne vrednosti *Haller*-ovog indeksa u inspirijumu dece sa dijagnostikovanim deformitetom iznosile  $2,69 \pm 0,76$ . Kod dece ove grupe u ekspirijumu vrednosti *Haller*-ovog indeksa su iznosile  $3,49 \pm 1,19$ . U inspirijumu su samo 3/32 (9%) ispitanika imali vrednost HI preko 3,25 (granična vrednost za operativni tretman), dok ih je u ekspirijumu bilo znatno više 13/32 (41%), što je statistički značajna razlika ( $\chi^2=6,250$ ;  $df=1$ ;  $p=0,012$ ). "Single-slice" tehnika CT pregleda u inspirijumu i ekspirijumu 20-25 puta smanjuje efektivnu dozu jonizujućeg zračenja.

**Zaključak:** Vrednost *Haller*-ovog indeksa raste sa uzrastom deteta, dok nije utvrđena zavisnost *Haller*-ovog indeksa od pola. Moguće je promeniti načini CT verifikacije *Haller*-ovog indeksa u preoperativnoj pripremi za *Nuss*-ovu operaciju primenom "single-slice" tehnike u ekspiratornoj fazi. Osim *Haller*-ovog indeksa, korisno je određivati i indeks korekcije, indeks asimetrije i indeks sternalne rotacije. Predlaže se protokol standardne preoperativne pripreme i lečenja pacijenata dečjeg uzrasta sa deformitetom grudnog koša po tipu pektus ekskavatum, sa ciljem njegove primene u svakodnevnom radu u institucijama koje se bave ovim problemom, a u cilju poboljšanja kvaliteta dijagnostikovanja i krajnjeg ishoda lečenja.

Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP	02.06.2016. godine
Datum odbrane: DO	__.__.2016. godine
Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO	predsednik: član: član: član: član:

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF MEDICINE

**Key word documentation**

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Doctoral dissertation
Author: AU	Miloš Pajić, MD
Mentor: MN	Radoica Jokić, MD, PhD, Pediatric and general surgeon Jovan Lovrenski, MD, PhD, Radiologist
Title: TI	Clinical significance of the method for thoracic indices assessment in diagnosing and treatment of pectus excavatum in children
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	English/Serbian
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Autonomous province of Vojvodina
Publication year: PY	2016
Publisher: PU	Author reprint
Publication place: PP	Faculty of Medicine 21000 Novi Sad, Srbija, Hajduk Veljkova 3
Physical description: PD	8 chapters / 128 pages / - pictures / 18 tables / 20 graphs / 134 references / 17 supplements
Scientific field: SF	Medicine
Scientific discipline: SD	Pediatric surgery
Subject, Key words: SKW	Funnel Chest; Diagnosis; Tomography, X-Ray Computed; Radiation, Ionizing; Thoracic Wall; Indexes; Radiation Dosage; Therapeutics
UC	611.94.012:616.24-008.4]-07/-08
Holding data: HD	Library of Medical faculty Novi Sad, Hajduk Veljkova 3, 21000 Novi Sad, Srbija
Note: N	None

Abstract:  
AB

**Aim:** The aim of this study was to verify whether it is possible to change the way of CT verification of Haller index (HI), as part of preoperative preparation for patients with pectus excavatum, with the determination of the physiological range of the index value, its dependence on the age and sex, as well as the respiratory phase during which the scan is performed. Also, the aim was to determine the significance of correction, asymmetry and sternal torsion indices values. Evaluate the possibility of reduction the effective dose of ionizing radiation using a single slice CT scan technique.

**Materials and methods:** The study consisted of prospective study that included evaluation of CT scans (single slice technique) of 30 patients with pectus excavatum in both respiratory phases: expirium and inspirium. Haller index and indices of asymmetry, correction and sternal torsion were measured. The decision for the treatment was made according to the results of measurements and calculations of these indices. In retrospective study, 100 CT scans of the chest in children without the deformity (pectus excavatum) were analyzed, and the index value was calibrated depending on the age and gender. The retrospective study also included the analysis of another 30 CT scans in patients who were operated or diagnosed with pectus excavatum. Nuss procedure was used in all operated patients. In this group of patients the median value of effective dose of ionizing radiation was calculated, and the values were compared with the effective dose obtained using low-dose CT examinations applied in the new protocol (single-slice technique in inspiratory and expiratory respiratory phases).

**Results:** The physiological range of Haller index value in healthy patients was from 1.47 to 3.17 and average value was  $2.23 \pm 0.32$  (significant positive correlation between age and the value of HI). Results of Mann-Whitney test did not demonstrate any difference between gender in the observed group. In the group of patients who were operated/diagnosed with pectus excavatum the average value of Haller index was 3.39 within the range of 2.23 to 5.72 (correlation between the age of these patients and Haller index was negative, but not significant). The dependence of the Haller index value and certain respiratory phase during which the CT scan was performed also was determined. Thus, the average value of Haller index in inspirium in children with diagnosed deformity was up to  $2.69 \pm 0.76$ . In the same group of patients the value of Haller index in expirium was up to  $3.49 \pm 1.19$ . Only 3/32 (9%) patients had HI value over 3.25 (a boundary value for surgical treatment) during inspirium, while 13/32 (41%) patients had it in expirium, this data showed statistically significant difference ( $\chi^2=6.250$ ;  $df=1$ ;  $p=0.012$ ). Single-slice CT technique during the inspiratory and expiratory phase reduces 20-25 times the effective dose of ionizing radiation.

**Conclusion:** The value of Haller index increases with the age, but its dependence on the gender was not determined. It is possible to change the way of CT verification of Haller index in preoperative preparation for the Nuss operation using the "single-slice" technique in expiratory phase. In addition to Haller index it is useful to determine correction index, the index of asymmetry and the index of sternal rotation as well. This protocol is proposed for standard preoperative preparation and treatment of pediatric population with pectus excavatum with the aim of its application in daily work in institutions that deal with this problem, but also to improve the quality of diagnosis and treatment outcomes.

Accepted on Senat on: AS	02 <sup>th</sup> June 2016.
Defended: DE	<u>                    </u> <sup>rd</sup> 2016.
Thesis Defend Board: DB	president: member: member: member: member:

## ZAHVALNICA

*Zahvaljujem se svojim mentorima prof. dr Radoici Jokiću i doc. dr Jovanu Lovrenskom, koji su mi svojim savetima, stručnim sugestijama i podrškom pomogli u izradi doktorske teze.*

*Zahvaljujem se svim zaposlenima u IZZZD Vojvodine, koji su svojim napornim svakodnevnim radom pomogli u izradi doktorske disertacije.*

*Posebnu zahvalnost dugujem Nadi Rakić, profesoru matematike, za nesebično edukovanje iz oblasti medicinske statistike i izuzetnu pomoć u procesu sazrevanja osnovne ideje rada.*

*Dugujem veliko poštovanje i zahvalnost kolegama dr Jeleni Antić, dr Marini Đermanov i dr Ivanu Vargi koji su svojim trudom omogućili da se teza realizuje na ovakav način.*

*Analiza rezultata i spremnost za preispitivanje dosadašnjeg načina dijagnostikovanja i terapijskog tretmana pektus ekskavatum deformiteta grudnog koša kod dece predstavljajuće najbolju nagradu autoru i svim učesnicima u realizaciji doktorske disertacije.*

*Izrada disertacije ne bi bila moguća bez tolerancije, razumevanja i požrtvovanja moje porodice.*

*Veliko hvala prijateljima, koji su uvek bili uz mene.*



## Sadržaj

<b>I Uvod</b> .....	<b>1</b>
1. Istorijat .....	2
2. Embriologija i anatomija grudnog koša .....	5
3. Kliničke manifestacije pektus ekskavatuma .....	10
4. Dijagnostika pektus ekskavatuma .....	16
4.1. Anamneza .....	16
4.2. Klinički pregled .....	16
4.3. Kardiološki i pulmološki pregledi .....	17
4.4. Antropometrijsko merenje .....	18
4.5. Fotografisanje .....	18
4.6. Rendgen dijagnostika – RTG .....	19
4.7. Kompjuterizovana tomografija – CT .....	21
4.7.1. Standardna tehnika .....	22
4.7.2. Tehnika jednog preseka .....	22
4.8. Magnetna rezonanca – MRI .....	23
4.9. Optičko snimanje – 3D modeli .....	25
4.10. Uticaj jonizujućeg zračenja .....	27
5. Torakalni indeksi .....	31
5.1. Haller-ov indeks .....	32
5.1.1. Vrednosti Halerovog indeksa u respiratornim fazama .....	33
5.2. Indeks korekcije .....	34
5.3. Indeks asimetrije .....	35
5.4. Indeks torzije sternuma .....	35
5.5. Drugi torakalni indeksi .....	35
6. Terapija pektus ekskavatuma .....	36
6.1. Neoperativni tretman .....	36
6.1.1. Fizikalni tretman .....	37
6.1.2. Vakuum metoda .....	39
6.1.3. <i>Magnetic Mini Mover</i> procedura .....	41
6.2. Kriterijumi za operativno lečenje .....	42
6.3. Hirurško lečenje .....	42
6.3.1. <i>Ravitch</i> -ova procedura .....	43
6.3.2. Minimalno invazivna grudna hirurgija .....	44
6.3.3. <i>Nuss</i> -ova procedura .....	49
6.3.4. Druge operativne tehnike .....	51
<b>II Ciljevi istraživanja</b> .....	<b>54</b>
<b>III Hipoteze istraživanja</b> .....	<b>54</b>
<b>III Materijal i metode</b> .....	<b>55</b>
<b>IV Statistička obrada i rezultati</b> .....	<b>58</b>
1. Statistička obrada .....	58
2. Rezultati .....	59
<b>V Diskusija</b> .....	<b>81</b>
<b>VI Zaključci</b> .....	<b>91</b>
<b>VII Literatura</b> .....	<b>92</b>
<b>VIII Prilozi</b> .....	<b>102</b>

## 1. UVOD

Pektus ekskavatum (*Pectus excavatum*) predstavlja najčešći deformitet grudnog koša čija je incidenca 1-8:1.000 novorođene dece, uz predominaciju muškog pola u odnosu na ženski (3:1). Karakteriše ga depresija grudne kosti i rebarnih hrskavica. Iako je najčešće prisutan već na rođenju deteta, pravu dimenziju deformitet dostiže u periodu puberteta, kada je i razlog angažovanja pedijataru, fizioterapeuta, psihologa, dečjih hirurga i radiologa.[1,2]

Precizan mehanizam nastanka ovog deformiteta nije poznat. Nije otkriven genetski defekt koji je direktno odgovoran za njegov nastanak. Iako nije otkriven genetski marker u nekim slučajevima postoji genetska sklonost. Novija istraživanja ukazuju na genetski uslovljen poremećaj u metabolizmu cinka i kalcijuma. Može se javiti u sklopu Marfan-ovog sindroma, skeletnih abnormalnosti (kifoza i skolioza) i udružen sa kongenitalnim srčanim anomalijama.[3]

U etiopatogenezi ove anomalije najčešće se navode sledeće teorije:

- 1) Teorija retrakcije (retrosternalni ligament; *Bauhinus* 1954. godine i *Brodkin* 1951. godine).
- 2) Hereditarna displazija (dovodi do mehaničke insuficijencije zida grudnog koša; *Ebstein* 1921. godine).
- 3) Funkcionalna insuficijencija fibroblasta (*Meneke* 1959. godine).
- 4) Disbalans između meke hrskavice i intratorakalnog pritiska.
- 5) Prekomerni rast rebarne hrskavice.
- 6) Deformiteti grudnog koša kao komponente nekih sindroma (*Marfan-ov* sindrom, *Poland-ov* sindrom, osteopatije i hondropatije, i/ili kifo-skolioze drugog porekla).
- 7) Novija istraživanja pokušavaju da etiopatogenezu objasne naslednim poremećajima (metabolički uzrokovanim) ili drugim malformacijama (enzimski katabolizam, regresivna oštećenja hrskavice, degeneracija kolagenih vlakana i nasledni faktori).[3]

U kliničkoj praksi, dečji hirurzi se često sreću sa pacijentima kod kojih je prisutan deformitet grudnog koša po tipu pektus ekskavatum. *Nuss-ova* metoda lečenja ovog deformiteta je preuzela primat od takođe veoma dobrog *Ravitch-ovog* otvorenog metoda. Preoperativna priprema sadrži i veoma značajno određivanje takozvanog *Haller-ovog*

indeksa. Vrednosti indeksa veće od 3,25 predstavljaju indikaciju za operativno lečenje deformiteta.[4,5] Međutim, u kliničkoj praksi se uočava da ova granica nije dovoljno pouzdana i da se nekada i iza manjih vrednosti indeksa kriju veoma teški deformiteti sa brojnim kliničkim manifestacijama. Kao razlozi za prethodnu tvrdnju navode se brojni uzroci varijacija ovog indeksa. Zato se nameće potreba preciznijeg određivanja ove granične vrednosti, kao i njenih varijacija u odnosu na uzrast i pol.[6,7,8,9,10] Neophodno je dati i precizne elemente izvođenja samog CT pregleda, kao što je respiratorna faza (ekspirijum ili inspirijum), ali i mogućnost sprovođenja tehnike jednog preseka („*single-slice*“), sa osnovnim ciljem da se redukuje izlaganje pacijenata rendgenskom zračenju.[6,7,11,12] Uvođenje u standardni metod rada i drugih kliničkih pregleda, kao što je na primer antropometrijsko merenje kao prethodnica kompjuterizovanoj tomografiji, olakšaće i pospešiće postizanje navedenih ciljeva.

## 1. Istorijat

Terapijski tretman pektus ekskavatuma kroz istoriju karakterisan je brojnim inventivnim načinima lečenja, kao i doprinosom izuzetnih hirurških imena. *Johan Schenck* (1531-1590) je u 16. veku prvi opisao ovaj deformitet. *Bauhinus* 1594. godine u svom istraživanju opisuje kliničke osobine *pectus excavatum*-a kod pacijenta koji je imao simptome kompresije pluća, praćene dispnejom i paroksizmalnim kašljem.[13,14,15] *Luscka* 1863. godine opisuje deformitet sa depresijom grudne kosti od 6 cm kod dvadesetčetvorogodišnjeg mladića.[16] *Eggel* objavljuje prikaz slučaja 1870. godine, kada opisuje pacijenta sa levkastim grudnim košem i deformitet naziva „*miraculum naturae*”. Pretpostavio je da depresija grudne kosti nastaje usled njene slabosti i abnormalne fleksibilnosti. Smatrao je da je uzrok deformiteta poremećaj u ishrani ili poremećaj razvoja same grudne kosti. Potom su usledili radovi *Flesch*-a i *Hagmann*-a. Verovalo se da je depresija uzrokovana i prekomernim rastom rebara. Nasuprot ovoj teoriji, *Langeri Zuckerkandel*, zastupali su teoriju da usled povišenog intrauterinog pritiska donja vilica fetusa vrši pritisak na sternum i na taj način dovodi do formiranja deformiteta još intrauterino.[16] Genetsku predispoziciju za pojavu ovog deformiteta prvi je uočio *Coulson* 1820. godine, koji opisuje pojavu *pectus excavatum*-a kod tri brata. Potom i *Williams* 1872. godine opisuje deformitet grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a kod sedamnaestogodišnjeg pacijenta čiji su otac i brat imali isti deformitet. U 19. veku opisani su brojni slučajevi pojave ovog deformiteta u porodicama, što je *Ebstein* 1882. godine i objavio. Lečenje je u to vreme podrazumevalo “svež vazduh, vežbe disanja,

aerobne aktivnosti i lateralnu kompresiju”.[17,18,19,20,21,22] *H.M. Block* je 1883. godine u Gdanjsku (Poljska) prvi uradio torakotomiju i pokušao da izvede resekciju pluća. Međutim, intervencija se završila tragično i pacijent je umro. U to vreme hirurzi i anesteziolozi nisu poznavali patofiziologiju otvorenog pneumotoraksa kod pacijenata koji su podvrgavani velikim torakalnim hirurškim zahvatima. *Dieffenbach* (1792-1847) predlaže da se operativni zahvati u grudnom košu završe na nivou pleure, te je grudna hirurgija praktično bila limitirana na operativno lečenje zida grudnog koša i drenažu pleuralnih izliva.[23] Početkom dvadesetog veka dolazi do velikog napretka na polju anestezije, što je za posledicu imalo i razvoj grudne hirurgije. Među prvim operativnim procedurama u rešavanju *pectus excavatum*-a opisuje se uklanjanje rebarnih hrskavica, drugog i trećeg rebra sa desne strane. Operaciju je izveo *Meyer* 1911. godine. Ova procedura ipak nije rezultirala kliničkim poboljšanjem deformiteta. [15,16,24] Dve godine kasnije, 1913. godine, pionir torakalne hirurgije koji je razvio posebnu prostoriju/sobu sa negativnim pritiskom za operacije grudnog koša, *Sauerbruch*, primenio je agresivniji pristup u lečenju *pectus excavatum*-a. Kao rezultat njegovih napora, prvi put u tretmanu ovog deformiteta dolazi i do značajnog kliničkog poboljšanja pacijenata. Operativna procedura je podrazumevala isecanje dela prednjeg zida grudnog koša, koji je obuhvatao rebarne hrskavice od petog do devetog rebra sa leve strane, kao i deo sternuma. Postoperativno su bile vidljive srčane pulzacije, jer je koštani defekt bio pokriven samo mišićnim flapom. Pacijent koji je pre operacije imao izraženu dispneju i palpitacije, kako tokom napora tako i u miru, nakon operativnog lečenja mogao je da nastavi rad u fabrici satova svog oca bez izraženih kliničkih tegoba.[15,21,22] Principe ove procedure kasnije je preuzeo i popularizovao *Ravitch*. U kasnijim radovima, *Sauerbruch* je koristio i spoljašnju trakciju za korekciju i održavanje pozicije sternuma postoperativno, kako bi se smanjila mogućnost recidiva deformiteta. Ubrzo su ovu tehniku preuzeli i brojni hirurzi širom sveta.[15,22,25] *Ochsner i DeBakey*, 1939. godine, objavili su svoje rezultate lečenja pektusa ovom tehnikom, kao i pregled svih hirurških metoda korišćenih do tada.[15,26] U isto vreme, 1939. godine, *Lincoln Brown* je objavio svoja iskustva u lečenju pektusa i pregled literature, sa posebnim osvrtom na etiologiju. Smatrao je da se deformitet javlja kao posledica mehaničkog povlačenja prednjeg zida grudnog koša prema nazad dejstvom kratkih dijafragmalnih ligamenata.[15,27,28] Vođen ovim pretpostavkama, osmislio je dve hirurške procedure za tretman *pectus excavatum*-a. Prva procedura se sprovodila kod male dece i podrazumevala je presecanje substernalnog ligamenta i/ili drugih veza dijafragme, a kroz malu vertikalnu inciziju u nivou ksifoidnog nastavka. Očekivao je da bi takva procedura mogla da prevenira razvoj kompletnog deformiteta u odraslom dobu. Druga procedura je bila

namenjena starijoj deci, adolescentima i odraslima. Procedura je podrazumevala resekciju od po 2 cm u predelu kostohondralnog segmenta, od četvrtog do sedmog rebra, u blizini spoja sa sternumom, kao i klinastu resekciju prednje strane sternuma u nivou spoja tela i manubrijuma. Elevacija sternuma obezbeđena je žičanim suturama u predelu opisane klinaste koštane ekscizije sternuma. Takođe je korišćena i spoljašnja trakcija pomoću posebno kreirane žice fiksirane za distalni deo sternuma i petu rebarnu hrskavicu.[29]

*Ravitch* pristupa još radikalnijoj mobilizaciji sternuma, sa presecanjem svih sternalnih pripoja uključujući interkostalne strukture, prave mišiće, dijafragmalne pripoje, kao i kompletnu eksciziju ksifoidnog nastavka. Nakon sternalne osteotomije, grudna kost se fiksirala Kiršnerovom iglom. Svoje rezultate nakon lečenja prvih osam pacijenata objavio je 1947. godine.[30,31] Smatrao je da sternum nakon oslobodjenja svih pripoja više neće moći da “potone” i nije koristio spoljašnju trakciju. Ovaj pristup modifikovali su *Baronofsky* (1957) i *Welch* (1958) koji su očuvali perihondrijum rebara kako bi hrskavica mogla da se regeneriše, što bi obezbedilo trajan efekat korekcije. Naredna modifikacija podrazumevala je upotrebu “podupirača” postavljenih sa prednje strane sternuma (*Rehbién, Wernicke*, 1957. godine).[30,32] Međutim, modifikovana *Ravitch*-ova procedura bez spoljašnje trakcije imala je veću stopu recidiva. Koncept unutrašnje potpore korigovanog deformiteta u kliničku praksu uvodi *Dorner* 1950. godine. *Wallgren i Sulamaa*, 1956. godine, opisuju korišćenje metalne potpore, blago zakrivljene šine od nerđajućeg čelika. Autori su sugerisali da se šina provuče intraosealno u predelu donjeg dela sternuma, sa jedne na drugu stranu. Na taj način se nakon ekscizije sternuma i rebara premosti novostvoreni slobodni prostor. *Judet*, 1954. godine, opisuje novu mogućnost korekcije deformiteta. Nakon resekcije i kompletnog okretanja deformisanog sternuma, sledi njegova fiksacija, a metoda je nazvana “*turn-over*”. Četrnaest godina kasnije, *J. Wada* (1920-2011) objavljuje podatke velike serije pacijenata lečenih ovom tehnikom. Tehnika je najviše bila prihvaćena u Japanu, ali je ubrzo napuštena zbog brojnih intra- i postoperativnih komplikacija.[15,32] *Adkins i Blades* su 1961. godine značajno unapredili navedeni koncept hirurškog rešavanja deformiteta, korišćenjem metalne ploče koja se plasira iza sternuma, umesto kroz njega. Ovaj način rešavanja deformiteta je postao ustaljena tehnika kod pacijenata svih uzrasta narednih 40 godina. Iako su dobri postoperativni rezultati navedenih tehnika ustalili hirurški način rešavanja pektus ekskavatum, još 1958. godine *Welch* je započeo manje invazivan način hirurškog lečenja mlađih pacijenata u odnosu na suvereni *Ravitch*-ov pristup. Imao je izvanredne rezultate u 75 slučajeva, gde je izbegnuto presecanje interkostalnih struktura i pripoja pravih mišića.[32,33] *Peña* (1938-) je takođe bio protiv radikalne resekcije rebarnih hrskavica, posebno kod mlađih pacijenata, smatrajući da za

posledicu može doći do razvoja hondrodistrofije i preteće asfiksije.[34] Svoju tvrdnju je potkrepio i eksperimentalnim dokazima na mladim zečevima. Kao rezultat njegovih istraživanja proistekla je sugestija za razvojem alternativnih hirurških tehnika sa ciljem da se izbegne uklanjanje rebarnih hrskavica. Takođe je sugerisana i potreba za reevaluacijom optimalnog uzrasta pacijenata za rešavanje ove malformacije. *JA Haeller* je takođe ukazao na visoki rizik od razvoja stečene hondrodistrofije u svom radu pod nazivom: “Konstrukcija zida grudnog koša nakon previše ekstenzivne i prerane operacije *pectus excavatum*-a”. Kao rezultat, većina hirurga prestaje da sprovodi operacije pektus ekskavatuma kod pacijenata pre puberteta. Takođe, značajno se smanjuje i obim resecirane hrskavice, te se govori o “modifikovanoj *Ravitch*-ovoj proceduri”. [22,35]

## 2. Embriologija i anatomija grudnog koša

Zid grudnog koša embriološki nastaje iz struktura aksijalnog i apendikularnog skeleta. Poznato je da se embriološki razvoj sternuma i rebra sa rebarnim hrskavicama odvija u dva odvojena procesa. Sternum nastaje iz apendikularnog, a rebra i rebarne hrskavice iz aksijalnog skeleta.[36]

Sternum grade dve primordijalne sternalne ploče mezoderma lokalizovane u prednjem telesnom zidu i presternalna mezenhimna masa. Period započinjanja razvoja primordijalnih sternalnih ploča je šesta nedelja gestacije. Primordijalna rebra i rebarne hrskavice se razvijaju iz vertebralne aksijalne mase u isto vreme. U sedmoj nedelji gestacije dolazi do spajanja primitivnih rebarnih hrskavica sa formiranim sternalnim pločama, kao i formiranja rebarnih lukova na bazi spajanja prednjih krajeva donjih rebarnih hrskavica. Tokom sedme nedelje dolazi i do spajanja kranijalnih krajeva primordijalnih sternalnih ploča sa presternumom, čime se oblikuje budući manubrijum. Spajanje sternalnih ploča završava se do desete nedelje. Inicijalno je sternum u formi više segmenata prema mestu spoja sa rebarnim hrskavicama. Kasnije nastaje tipična trodelna struktura sternuma: manubrijum, telo i ksifoidni nastavak. Osifikacija grudne kosti započinje iz nekoliko centara. Prvo se pojavljuje u manubrijumu i gornjoj polovini tela grudne kosti u šestom mesecu gestacije. Drugi centar osifikacije je lokalizovan u srednjem delu tela grudne kosti i pojavljuje se u sedmom mesecu. Treći centar osifikacije javlja se u donjoj polovini tela sternuma, obično u prvoj postnatalnoj godini. Završetak osifikacije sternuma je u period između šeste i dvanaeste godine života.[36]

Grudni koš anatomski čine grudna kost, grudni deo kičmenog stuba i rebra sa rebarnim hrskavicama. Embriološki rebra nastaju kao parni ventralni nastavci grudnih

pršljenova. Prednji krajevi od drugog do sedmog rebra spajaju se obrazujućim lateralni deo grudne kosti. Rebra okoštavaju u smeru od pozadi prema napred. Njihov završni deo ostaje neosifikovan i naziva se rebarna hrskavica.[36,37]

Grudna kost je vertikalno postavljena i pruža se u srednjoj liniji prednjeg zida grudnog koša. Svojim oblikom ona podseća na mač te se na njoj razlikuju: drška (*manubrium*), telo (*corpus*) i vrh (*processus xiphoideus*). Drška grudne kosti spaja se sa telom fibroznom hrskavicom (*synchondrosis sternalis*), gradeći tup ugao otvoren prema nazad (*angulus sterni Ludovici*). Na gornjoj ivici drške grudne kosti posebno se izdvaja jugularno udubljenje (*incisura jugularis*), a na bočnoj ivici postoji rebarni usek (*incisura costalis*) sa kojim se zglobljava rebarna hrskavica prvog rebra. Telo grudne kosti na svojoj bočnoj ivici ima 6 udubljenja (*incisurae costales*), gde se zglobljavaju rebarne hrskavice od drugog do sedmog rebra. Vrh grudne kosti u dečjem uzrastu ima hrskavičavu građu i može biti različitog oblika. Kod odraslih uobičajeno okoštava i praktično srasta sa telom grudne kosti.[37,38]

Grudni deo kičmenog stuba je izgrađen od 12 grudnih pršljenova (*vertebrae thoracicae*), koji se uobičajeno obeležavaju rednim brojevima I-XII. Kao što je poznato, ovi pršljenovi se zglobljavaju sa rebrima što ih dodatno karakteriše posebnim anatomskim obeležjima u odnosu na ostale kičmene pršljenove. Na zadnje–gornjim bočnim stranama pršljenskih tela nalaze se plitka udubljenja, takozvane gornje rebarne jamice (*foveae costales superioris*). Na suprotnim, zadnje–donjim bočnim stranama nalaze se donje rebarne jamice (*foveae costales inferioris*). Gornja i donja jamica dva susedna pršljena grade zglobne površine za zglobljavanje tela pršljenova i glavica odgovarajućih rebara (*art. costovertebrales*). Kvruga rebra (*tuberculum costae*) zglobljava se sa pršljenom u predelu poprečnog nastavka (*processus transversus*), gde se nalazi ovalna glatka rebarna jamica (*fovea costalis processus transversi*). Pršljenovi I, X, XI i XII su takozvani prelazni pršljenovi, a njihove anatomske karakteristike se razlikuju u odnosu na ostale grudne pršljenove. Prvi grudni pršljen u predelu svog tela ima punu zglobnu površinu za zglobljavanje sa prvim parom rebara, kao i nepotpunu zglobnu površinu za zglobljavanje sa glavicom drugog rebra. Deseti grudni pršljen ima samo gornje rebarne jamice, gde se spaja sa desetim parom rebara, dok jedanaesti i dvanaesti pršljen imaju pune zglobne površine za odgovarajuća rebra.[37,38]

Rebra su parno pozicionirana i od ukupno 12 pari rebara, samo prvih 7 spajaju se svojim rebarnim hrskavicama sa grudnom kosti. Nazivaju se „pravim rebrima“ (*costae verae*), dok se ostala nazivaju „lažnim“ (*costae spuriae*). Lažna rebra su spojena sa pripadajućim rebarnim hrskavicama indirektno, preko rebarne hrskavice sedmog rebra, odnosno jedanaesto

i dvanaesto rebro se završavaju slobodno u muskulaturi. Rebra imaju karakterističan pljosnat oblik i razlikuje se srednji deo ili telo (*corpus costae*) i dva kraja, zadnji i prednji. Zadnji kraj rebra sastoji se iz glave (*caput costae*), vrata (*collum costae*) i kvržice (*tuberculum costae*). Na zadnjem kraju je i zglobna površina za zglobljavanje sa telom kičmenog pršljena. Na telu rebra se razlikuju spoljna i unutrašnja strana, kao i dve ivice, gornja i donja. Na njegovoj unutrašnjoj strani, izuzev prvog, jedanaestog i dvanaestog rebra, duž donje ivice se prostire rebarni žleb (*sulcus costae*), kojim prolaze međurebarne arterije, vene i nervi. Dužina rebra raste od prvog do sedmog (osmog) rebra, a zatim postepeno opada prema dvanaestom. U visini prvog rebra karakteristično su pozicionirane arterija i vena subklavija. Prednjim delom prolazi vena (*v. subclavia*), a zadnjim arterija i nervni splet (*a. subclavia et plexus brachialis*).[37,38]

Rebarne hrskavice se sastoje od hijalinog hrskavičavog tkiva i vezivnog omotača. Perihondrijum je bogat uzdužnim fibroznim vlaknima i lako se odvaja od podloge. Rebarne hrskavice su veoma elastične. Donekle je izuzetak četvrta rebarna hrskavica. Kod odraslih rebarne hrskavice počinju postepeno da se kalcifikuju i da gube svoju elastičnost.[37]

Ukoliko se grudni koš posmatra kao celina, ima oblik zarubljene kupe, koja je blago spljoštena u sagitalnom smeru. Na njemu se razlikuju gornji i donji otvor i četiri zida, prednji, zadnji i dva bočna. Prednji zid grade grudna kost i rebarne hrskavice. Zadnji zid je dva puta duži od prednjeg i formiraju ga grudni deo kičmenog stuba i dorzalni delovi rebra. Bočni zid predstavljaju tela rebra.[37]

Gornji otvor grudnog koša (*apertura thoracis superior*) ograničavaju prva rebra, prvi torakalni pršljen i gornja ivica grudne kosti. Rebarni luk (*arcus costalis*) formiraju donja ivica dvanaestog rebra i prednji krajevi od jedanaestog do sedmog rebra. Donji otvor grudnog koša (*apertura thoracis inferior*) ograničen je dvanaestim torakalnim pršljenom, rebarnim lukovima i vrhom grudne kosti. Ugao koji grade desni i levi rebarni luk naziva se epigastrični ili podgrudni (*angulus epigastricus/infrasternalis*).

Duplja grudnog koša (*cavum thoracis*) na svom zadnjem zidu ima dva duboka uzdužna žljeba (*sulci pulmonales*), koji se nalaze bočno od kičmenog stuba. Kod novorođenčadi i male dece sagitalni prečnik grudnog koša je duži od poprečnog, a rebra se pružaju horizontalno.[37]

Muskulatura zida grudnog koša je sastavljena iz grupe spoljašnjih, međurebarnih i unutrašnjih mišića. U spoljašnjim mišićima pre svega se izdvaja veliki pektoralni mišić – *m. pectoralis major*. Ima oblik lepeze i pokriva najveći deo prednje površine grudnog koša. Na unutrašnjoj strani razlikuju se tri posebna pripoja: *pars clavicularis* sa medijalne polovine



klavikule, *pars sternalis* sa lateralnog dela prednje površine grudne kosti i susednih delova gornjih šest rebarnih hrskavica i *pars abdominalis* sa gornjeg dela vagine *m. recti abdominis*. Lateralni deo mišića se završava uskim pripojem na *crista tuberculi majoris humeri*. Inervacija potiče od *nn. thoracales anteriores*, koji su grane brahijalnog plexusa. Po funkciji je aduktor ruke i pomoćni inspiratorni mišić. Arterijsku krv dobija od *rami pectorales a. thoracoacromialis*. U ovoj grupi je i mali pektoralni mišić – *m. pectoralis minor*. Polazi sa spoljašnje strane i gornje ivice treće do šeste rebarne hrskavice i pripaja se gore i lateralno na korakoidnom nastavku skapule. Inervisan je od *nn. thoracales anteriores*. Arterijsku krv dobija od *ramus pectoralis a. thoracoacromialis*, a delom i od *a. thoracicae lateralis*. Njegova osnovna funkcija je u fazi inspirijuma. Sledeći mišić u grupi spoljašnjih mišića je široki leđni mišić – *m. latissimus dorsi*. Trouglastog je oblika, pljosnat i pokriva veliku površinu zadnjeg i bočnog zida grudnog koša. Pruža se od svojih medijalnih pripoja duž spinoznih nastavaka poslednjih šest torakalnih pršljenova (Th7-Th12), preko torakolumbalne fascije, od lumbalne i sakralne kičme do ilijačnog grebena i poslednja četiri rebra. Lateralno i gore prema aksilarnoj jami čini njen zadnji zid, a spoljašnjim pripojem završava na intetuberkularnom žlebu humerusa. Inervacija mu potiče od *n. thoracodorsalis*, grane zadnjeg fascikulusa brahijalnog plexusa. Njegova funkcija je unutrašnja rotacija i abdukcija ruke. Zajedno sa mišićima *m. pectoralis major* i *m. teres major* vrši spuštanje ramena, a značajan je i kao pomoćni inspiratorni mišić. Erektor spine – *m. erector spinae* ili sakrospinalni mišić je sledeći mišić u grupi spoljašnjih mišića zida grudnog koša. Ovo je složeni mišić i čine ga *m. iliocostalis*, *m. longissimus dorsi*, *m. spinalis* i *m. transverso spinalis*. Ovi mišići su smešteni bočno pored spinoznih nastavaka kičmenih pršljenova. Pružaju se duž čitavog kičmenog stuba, a lateralno pokrivaju i medijalne delove zadnjih krajeva rebara i susednih transverzalnih nastavaka. Anatomski je ovaj mišić podeljen praktično u tri grupe: lateralnu, intermedijalnu i medijalnu grupu. Oni se pripajaju za transverzalne nastavke svih torakalnih pršljenova i pripadajuća rebra. Svojom ukupnom funkcijom deluju kao opružači kičmenog stuba. Jednostranom kontrakcijom vrše spoljašnju rotaciju kičmenog stuba i nagnju glavu i trup na svoju stranu. Inervacija im potiče od *rami posteriores nn. toracalium*. Bočnu stranu grudnog koša u ovoj grupi mišića predstavlja *m. serratus anterior*. Ovaj mišić je takođe pomoćni inspiratorni mišić, ali pomaže i u elevaciji ruke i stabilizaciji skapule. Pruža se od spoljašnje površine gornjih osam rebara na njihovom anterolateralnom delu i pripaja se na medijalnoj ivici skapule. Inervacija potiče od *n. thoracicus longus*, grane *plexusa brachialis*. *M. trapezius* je paran mišić koji pokriva zadnju stranu vrata i gornji deo leđa. Pruža se od svojih unutrašnjih pripoja: *linea nuche superior*, *protuberantia occipitalis externa*, *ligamentum*

*nuche*, spinozni nastavci sedmog vratnog i svih torakalnih pršljenova i *ligamenta supraspinalia*. Mišićna vlakna konvergiraju upolje, prema ramenu i pripajaju se na spoljašnjoj trećini zadnje ivice klavikule, gornjoj površini akromiona i gornjoj usni grebena lopatice. Inervisan je od strane *ramus externus nervi accessorii* i *nn. cervicales III et IV*. Pri obostranom dejstvu ovog mišića dolazi do zabacivanja glave unazad, a pri jednostranom dejstvu dolazi do povlačenja ramena unazad. Takođe, podiže rame i naginje glavu na svoju stranu, okrećući lice na suprotnu. *M. rhomboideus major* i *m. rhomboideus minor* se nalaze ispod trapeznog mišića. Inervacija romboidnih mišića potiče od *n.dorsalis scapulae*. Ovi mišići imaju funkciju privođenja lopatice kičmenom stubu. U grupi međurebarnih mišića, *mm. intercostales*, vlakna spoljašnjih interkostalnih mišića polaze od donje ivice gornjeg rebra i pružaju se koso naniže i napred, završavajući se na gornjoj ivici donjeg rebra. Oni ispunjavaju zadnje tri četvrtine međurebarnog prostora i završavaju se napred na spoju koštanog dela rebra i rebarne hrskavice. Prednji kraj mišića je membranozan i naziva se *membrana intercostalis externa*. Unutrašnji međurebarni mišići polaze od lateralne ivice sternuma i pružaju se koso naniže i pozadi do rebarnog ugla i ispunjavaju prednje tri četvrtine međurebarnog prostora. U svom zadnjem delu prelaze u formu membrane koja se naziva unutrašnjom interkostalnom membranom, *membrana intercostalis interna*. Srednji deo interkostalnog mišića prostire se od rebarnog ugla do prednje aksilarne linije i sastoji se iz dva lista. Distalno listovi su spojeni, dok su proksimalno razdvojeni gradeći sa rebrom mišićno-koštani kanal u kome su smešteni interkostalna vena, arterija i nerv. U unutrašnjoj grupi mišića izdvaja se poprečni grudni mišić - *m. transversus thoracis*. Ovaj mišić je trouglastog oblika i pruža se od zadnje strane ksifoidnog nastavka i donjeg dela sternuma prema zadnjim stranama rebarnih hrskavica od treće do šeste. Mišić pokriva donji deo sternuma, odgovarajuće rebarne hrskavice i prednje krajeve međurebarnih prostora. Između mišića i pomenutih struktura prolazi unutrašnja torakalna arterija (*a. mammaria interna*). Pozadi je pokriven endotorakalnom fascijom i parijetalnom pleurom. Mišić deluje kao pomoćni ekspiratorni mišić. Inervisan je od interkostalnih nerava.[36]

U arterije zida grudnog koša primarno se svrstavaju interkostalne arterije, *aa. intercostales*. Od dvanaest pari ovih arterija, prva tri potiču iz *a. intercostalis supremae*, grane *a. subclaviae*. Ostale su grane torakalne aorte i polaze sa njene zadnje strane. U rebarnom žljebu arteriju prate vena i nerv. Njene glave grane su za ishranu međurebarnih mišića i rebarnih pripoja dijafragme. Zatim, u arterije zida grudnog koša svrstava se i *a. thoracica interna* (*a. mammaria*), grana *a. subclaviae*. Pruža se parasternalno na oko 1 cm od lateralne

ivice sternuma i završava se iza sedme rebarne hrskavice deleći se na dve grane: *a. musculophrenica* i *a. epigastrica superior*.

Vensku cirkulaciju čini sistem *vene azygos*. Ovaj venski splet prikuplja vensku krv iz zadnjeg zida grudnog koša i trbuha, a čine ga *v. azygos*, *v. hemiazygos* i *v. hemiazygos accessoria*. *V. azygos* nastaje odmah iznad dijafragme u visini Th XII, spajanjem *v. lumbalis ascendens dex.* i *v. intercostalis XII dex.* Penje se desnom polovinom prednje strane kičmenog stuba, do Th IV, a zatim naglo skreće prema napred, u vidu luka obuhvata desni glavni bronh i uliva se u šuplju venu. Njene pritoke su desne međurebarne vene. *V. hemiazygos* nastaje spajanjem istih venskih sudova kao i *v. azygos*, samo sa leve strane. Penje se levom polovinom kičmenog stuba, a zatim u visini Th VII skreće udesno, prelazi zadnju stranu aorte i uliva se u *v. azygos*. *V. hemiazygos accessoria* predstavlja sabirno vensko stablo za gornje međurebarne vene levo (prve tri ulivaju se direktno u *v. anonymu*). Silazi levom stranom kičmenog stuba i u visini Th VII skreće desno i uliva se u *v. azygos*, direktno ili zajedno sa *v. hemiazygos*. [36]

U nerve zida grudnog koša prvenstveno se ubrajaju interkostalni nervi, *nn. intercostales*. Izlaze iz foramina intervertebralia i ulaze u međurebarni proctor, gde su smešteni ispod vene i arterije. Torakalni deo simpatičnog lanca, *truncus sympathicus*, nalazi se na medijalnom delu zadnjeg zida grudnog koša. Sastoji se iz dva nervna lanca koji silaze bočnom stranom kičmenog stuba, nastavljaju vratni deo simpatikusa i produžavaju se ispod dijafragme u abdominalni deo. Prvi grudni ganglion (ponekad i drugi) je često srastao sa donjim vratnim ganglionom i zajedno čine *ganglion stellatum*, koji je smešten ispred prednje strane vrata prvog rebra. Lezija ovog ganglionna manifestuje se pojavom *Horner*-ovog sindroma.

Limfatici zida grudnog koša pripadaju slivu *ductus toracicus*-a. [36]

### 3. Klinička manifestacija pektus ekskavatum

Obično depresiju tela grudne kosti prati i depresija pripadajućih rebarnih hrskavica, ali često se uočava i izražena asimetrija deformiteta i/ili rotacija tela grudne kosti što značajno otežava hirurški tretman. [4] Iako se deformitet obično posmatra u svetlu estetskog i psihičkog problema, nije retka pojava subjektivnih tegoba pacijenta (pojava bola, otežanog disanja i drugo), koje su posebno izražene tokom fizičke aktivnosti. Zato se u dijagnostici i

preoperativnoj pripremi dodatna pažnja posvećuje plućnim i kardiološkim ispitivanjima, naročito prilikom izvođenja fizičkih vežbi.[5,22,39]

Većina funkcionalnih tegoba koje prate pektus ekskavatum (PE) deformitet pripisuju se smanjenom intratorakalnom prostoru. Deformitet sporo progredira do perioda puberteta, kada se tokom ubranog rasta intenzivira i progresija deformiteta. U najvećem broju slučajeva, kod male dece deformitet ne izaziva funkcionalne smetnje zbog velike kardijalne i pulmonalne rezerve, kao i značajne savitljivosti koštano-hrskavičavih struktura. Kako zid grudnog koša postaje rigidniji i deformitet izaženiji u periodu ubranog rasta, u tinejdžerskom uzrastu i tokom rane adolescencije, počinju da se ispoljavaju i značajnije kardio-respiratorne tegobe. Među prvim simptomima se javlja dispneja u naporu, bol u grudnom košu i palpitacije. Neretko ove pacijenate prate učestale i dugotrajne respiratorne infekcije, a kasnije dolazi i do razvoja astme.[22,39,40,41]

Faktori koji dodatno utiču na kardio-pulmonalnu funkciju kod pacijenata sa pektus ekskavatumom su telesna težina pacijenta, uzrast, izraženost deformiteta, fizička kondicija i postojanje udruženih poremećaja.[22]

Uobičajeni testovi za praćenje plućne i srčane funkcije se izvode u miru, ali i tokom aktivnosti, takozvani “*stress*” testovi, u uspravnom i u ležećem položaju pacijenta.[22] Osim toga, uočeno je smanjenje kardijalnog *output*-a i u sedećem položaju, što je razlog za izvođenje ovih testova i u sedećem položaju pacijenta.

Uticao stepena deformiteta grudnog koša na srčanu funkciju se prvenstveno ogleda u smanjenom kardijalnom *output*-u, prolapsu mitralne valvule i aritmijama. Kardijalne manifestacije posledica su posteriorne dislokacije grudne kosti, koja dovodi do anteriornog uvlačenja i deformiteta desne komore. U težim slučajevima može doći do rotacione dislokacije srčanog mišića u levi hemitoraks. Kompresija srčanog mišića rezultira nepotpunim punjenjem komornog sistema i smanjenim udarnim volumenom, što posledično dovodi do smanjenog kardijalnog *output*-a, posebno pri fizičkom naporu. Ovo smanjenje srčanog udarnog volumena se naročito manifestuje u sedećem i/ili uspravnom položaju. U ležećem položaju dolazi do normalizacije udarnog volumena. Kompresija takođe utiče i na normalnu funkciju valvula i konduktivni sistem srca.[22,39,40] Valvularne abnormalnosti su česte kod pacijenata sa PE, posebno prolaps mitralne valvule. U sprovedenim studijama je dokazano da su sistolni šumovi manifestni kod 46% pacijenata sa PE, ali nije utvrđena povezanost između pojave šumova i stepena težine deformiteta grudnog koša.[6] Smatra se da je prolaps mitralne valvule posledica deformiteta mitralnog prstena uzrokovanog kompresijom srčanog mišića. On se javlja kod oko 20% pacijenata sa PE.[28] Nakon korektivne operacije kod preko 50%

operisanih pacijenata dolazi do kompletne rezolucije.[28] Kod pacijenata sa PE mogući su i poremećaji ritma, uključujući srčani blok prvog stepena, blok desne grane, kao i *Wolff-Parkinson-White* sindrom.[42]

Kad je u pitanju respiratorni sistem, razvijaju se primarno restriktivne bolesti pluća usled smanjenog intratorakalnog kapaciteta. Posledica je redukcija vitalnog i totalnog plućnog kapaciteta. Atelektaza je veoma čest nalaz, posebno u predelu levog plućnog krila. Posledica je opisanog pomeranja srca sa kompresijom plućnog tkiva. U teškim slučajevima, kod pacijenata sa *pectus excavatum* kod kojih se razvio i poremećaj u slaganju mehaničkih sila, mogu se javiti i takozvane paroksizmalne respiracije.[22,39,40] Međutim, uočeno je da deca mogu značajno da kompenzuju funkcionalne poremećaje, prvenstveno povećanom upotrebom dijafragmalne komponente respiracije.[22]

Vrednosti funkcionalnih testova u miru obično se mogu kretati u dijapazonu od niskih, pa čak i do normalnih vrednosti. Međutim, održavanje ovih vrednosti tokom trajanja ispitivanja obično se značajno smanjuje, što jasno ukazuje na limitiranost kompenzatornih mehanizama.[22]

Psihološki problemi pacijenata takođe mogu biti veoma izraženi, a uzrokovani su ustaljenim estetskim kriterijumima društva.

Ovi pacijenti su najčešće visoki i mršavi, a u pokušaju prikrivanja estetskog nedostatka formira se i karakteristična "*pectus postura*". Pacijenti, da bi prikrili deformitet, imaju izraženu kifoza, ramena povijaju ka napred, dok je trbuh izbačen. Udruženi deformiteti kičmenog stuba, kao što su skolioza i kifoza, ne predstavljaju retkost, ali obično iz razloga blažeg stepena, uglavnom ne zahtevaju lečenje.[22,40]

Navedeno jasno ukazuje da *pectus excavatum* nije samo estetski problem, nego i anomalija sa ozbiljnim funkcionalnim poremećajima, pre svega kardio-respiratornog sistema. Kada su u pitanju indikacije za operativno lečenje ovog deformiteta, osim postojećih primarno radioloških kriterijuma često se zaboravlja da je praktično klinička progresija deformiteta, uz postojanje ili pogoršanje kliničkih simptoma, upravo glavna indikacija za operativno lečenje.

Ovaj deformitet karakterišu i brojne udružene anomalije kao što su na primer anomalije srca, brojni sindromi, deformiteti kičmenog stuba, koštano-zglobni deformiteti, miopatije, osteopatije, hromozomopatije i drugo.

Pacijente sa *pectus excavatum*-om karakteriše i često javljanje anomalija srca. One su takođe najčešće posledica kompresivnog efekta zida grudnog koša. Uobičajeno se opisuju kompresija srca, uz čak formirano udubljenje (*heart imprint*) u predelu desne komore srca,

zatim kompletna rotacija srca sa pomeranjem u levi hemitoraks, prolaps mitralne valvule koji je praćen karakterističnim sistolnim šumom, aortna insuficijencija i regurgitacija. Najčešći simptomi u okviru kliničke manifestacije ovih srčanih anomalija su smanjeni udarni volumen srca, smanjeni kardijalni *output*, sa ili bez kompenzatorne tahikardije, kao i kliničke manifestacije aritmije (blok prvog stepena, blok desne grane, *Wolf-Parkinson-White* sindrom).[42,43,44]

*Pectus excavatum* se može pojaviti i kod bolesnika sa *Noonan*-ovim sindromom. Radi se o genetskom poremećaju sa karakterističnim izgledom lica (visoko čelo, hipertelorizam, spuštene kapci, naglašeni epikantalni nabori, mali nos uz spušten koren nosa i naglašen vrh nosa, duboki nabor filtruma, pune usne, mala brada sa kratkim vratom), niskim rastom, kongenitalnim srčanim defektima (poremećaji valvula, miokardna hipertrofija), poremećajima mentalnog razvoja i teškoćama sa učenjem, muskulo-skeletnim deformitetima, kao i karakterističnim očnim znacima (razlika u izgledu i veličini očiju, strabizam, miopija i drugo), poremećajima hemostaze, poremećajima boje i teksture kože, grubom, kovrdžavom ili retkom kosom, bubrežnim i genitalnim anomalijama. U osnovi bolesti, koja se nasleđuje autozomno dominantno, nalazi se mutacija gena i za sada je identifikovano osam gena koji mogu uzrokovati *Noonan*-ov sindrom. Uobičajena frekvencija javljanja iznosi od 1:1000 do 1:2500 osoba.[45]

*Morquio* sindrom predstavlja poremećaj metabolizma i pripada grupi oboljenja pod nazivom mukopolisaharidoze. Oboljenje nastaje kao posledica nedovoljne sinteze ili potpunog odsustva enzima čija je funkcija razgradnja molekula glukozaminoglikana. Radi se o naslednom oboljenju koje se nasleđuje autozomno recesivno. Postoje dva tipa oboljenja: “tipA” kada postoji potpuno odsustvo enzima galaktozamin-6-sulfataze i “tipB” kada se u organizmu ne stvara dovoljna količina enzima beta-galaktozidaze. U oba slučaja kao posledica ovih metaboličkih poremećaja dolazi do nakupljanja abnormalnih količina glikozaminoglikana u organizmu koje dovode do oštećenja vitalnih organa. Simptomi ovog oboljenja se javljaju relativno rano i manifestuju se kroz abnormalni rast kostiju (deformiteti kičmenog stuba, deformiteti grudnog koša među kojima i pektus ekskavatum), karakteristične promene lica (ispupčeni frontalni deo poglavine, izražene vene poglavine, udubljen koren nosa, uvećane usne i jezik, mali i široko razmaknuti deformisani zubi, hipertrofične gingive i drugo), hipermobilne zglobove, valgus deformitet kolena, nizak rast sa posebno kratkim trupom.[46]

*Coffin-Lowry*-jev sindrom predstavlja oboljenje koje može da zahvata nekoliko organskih sistema. Kod dečaka su znaci i simptomi izraženiji nego kod devojčica. Pacijenti

imaju karakterističan izgled lica, meke šake sa kratkim prstima koji se sužavaju pri vrhu, takozvani laksitas sindrom, nizak rast, mikrocefaliju, kifo-skolioza koja progredira sa uzrastom i promene koštano-zglobnog sistema. Kod polovine obolelih dečaka i trećine obolelih devojčica javljaju se i izraženi deformiteti kičmenog stuba. Deformiteti grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a, *pectus carinatum*-a i podeljenog *sternum*-a se javljaju tokom ubrzanog rasta u pubertetu. Postepeno pogoršanje se nastavlja i tokom adolescencije i odraslog doba. Pacijenti sa ovim sindromom uobičajeno imaju i usporen psihomotorni razvoj. Ovo oboljenje se nasleđuje dominantno putem X hromozoma.[47,48,49]

Neurofibromatoza je jedan od najčešćih genetskih poremećaja sa učestalošću od 1:3.000-4.000 živorođene novorođenčadi. Neurofibromatoza tip 1 (NF1) se nasleđuje autozomno dominantno, putem hromozoma 17 (najčešće spontana mutacija gena). Neurofibromatoza tip 1 je progresivno sistemsko oboljenje koga karakteriše mnoštvo manifestacija, kao što su koštani deformiteti, tumorske promene, pigmentacija kože i drugo. U okviru koštanih deformiteta kod NF1 najčešće se javljaju kifo-skolioza, makrocefalija, makrodaktilija, *pectus excavatum*, displazija sfenoidne kosti, pseudoartroze i smanjenje obima dugih kostiju.[50,51]

*Poland*-ov sindrom je retka kongenitalna anomalija koja se sastoji od ipsilateralne parcijalne ili totalne amastije (nedostatka dojke), atelije (nedostatka mamile), hipo- ili aplazije velikog pektoralnog mišića i ipsilateralne hipoplazije šake, sindaktilije i/ili brahidaktilije. Tačna etiologija *Poland*ovog sindroma ostaje nepoznata, ali se smatra da je ključan poremećaj u protoku arterije subklavije u šestoj nedelji embrionalnog života. Visoka je učestalost javljanja sa *pectus excavatum*-om.[52]

Deformiteti grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a se otkrivaju i kod trizomija dvadesetprvog i trinaestog hromozoma. Učestalost javljanja ovog deformiteta kod trizomije 21-og hromozoma (*Down*-ov sindrom) je ispod 10%. Inače, ovaj sindrom karakterišu brojne promene, kako mentalne tako i kardio-vaskularne, muskulo-skeletne i imunološke. Smatra se da je razlog pojave *pectus excavatum*-a funkcionalna slabost muskulature abdominalnog zida, koju nadjačavaju dijafragmalni pripoji što posledično dovodi do uvlačenja grudne kosti i tipične slike *pectus excavatum*-a.[53]

Trizomija 13. hromozoma (*Patau* sindrom ili Trizomija D), koja je kao sindrom prepoznata još u 17. veku, na osnovu citogenetske analize je opisana od strane *Klaus Patau* 1960. godine. Njena učestalost je 1:12.000 živorođenih, uz porast rizika od njenog nastanka sa starijim uzrastom majke. Uobičajeno deca sa izraženim znacima ovog sindroma rano umiru. Ukoliko prežive, obično se razvija teška mentalna retardacija, imaju izražene

anomalije CNS-a, krize apneje, kao i izražene poremećaje EEG-a. Mikrocefalija, mikroftalmija i gluvoća takođe karakterišu ovaj sindrom. Letalne kardijalne anomalije se otkrivaju kod 80% ovih pacijenata sa najčešće prisutnim ventralnim septalnim defektom-VSD, atrijalnim septalnim defektom-ASD, dekstopozicijom i valvularnim anomalijama. Polidaktilija, posebno njeno prisustvo na svim ekstremitetima, takođe karakteriše ovaj sindrom.[54]

Kantrelova (*Cantrel*) pentalogija je prvi put opisana 1958. godine. Kada je izražena u punoj formi, sastoji se od pet anomalija: nedostatak prednje dijafragme, defekt u srednjoj liniji prednjeg trbušnog zida u regiji iznad pupka, defekt dijafragmalnog dela perikarda, različite kongenitalne intrakardijalne anomalije i defekt donjeg dela sternuma. Oboljenje se javlja sa učestalošću od 5,5:1.000.000 živorođenih. Etiologija nije sasvim razjašnjena. Kantrel i saradnici smatraju da se defekt javlja tokom embrionalnog razvoja lateralnog mezoderma, između 14. i 18. dana gestacione starosti. Nastaje kao posledica nepotpunog razvoja transversalnog septuma dijafragme i parnih mezodermalnih nabora koji ne migriraju ventromedijalno, ostavljajući za posledicu defekt donjeg dela grudnog koša i gornjeg dela prednjeg trbušnog zida. Kroz mesto defekta dolazi do evisceracije trbušnih i grudnih organa. Dijagnoza se postavlja ultrazvukom tokom prvog trimestra trudnoće, a može se koristiti i magnetna rezonanca-MRI. Smrtnost je visoka, a u lečenju je neophodan multidisciplinarni pristup. Primenjuju se kardiovaskularne hirurške procedure, korekcija defekta prednjeg trbušnog zida, dijafragme i drugih pridruženih anomalija.[55,56]

Skolioza i kifoza su najčešći deformiteti kičmenog stuba koji se javljaju udruženo sa pektus ekskavatumom. U kliničkoj praksi ovi deformiteti mogu biti izraženi u različitom stepenu, međutim najčešće ne zahtevaju operativno lečenje. Inače, teška adolescentna idiopatska skolioza koja se ne tako retko javlja u dečjoj populaciji, po pravilu zahteva hiruršku intervenciju, spinalnu artrodezu.

Poznato je da kod težih deformiteta *pectus excavatum*-a izrazito je smanjen anteriorno-posteriorni dijometar medijastinuma. Ukoliko je prisutan i deformitet kičmenog stuba po tipu kifo-skolioze ovo stanje se opisuje i kao “*double crush*”, što dovodi do dodatnog smanjenja volumena grudnog koša. Ova situacija zahteva operativno lečenje prvo deformiteta kičmenog stuba, a zbog izraženih pre svega kardioloških i pulmoloških tegoba, neophodno je i operativno rešavanje deformiteta grudnog koša.[57,58]

Miopatije predstavljaju skup oboljenja koja karakteriše disfunkcija mišićnih vlakana. Simptomi koji karakterišu miopatije uključuju mišićnu slabost, spazam i tetaniju. Ova grupa oboljenja može da se javi u okviru poremećaja endokrinog sistema, inflamatornih bolesti,



paraneoplastičnog sindroma, infekcija, a može biti indukovana lekovima, toksinima ili kao posledica metaboličkih poremećaja. Miopatije i mišićne distrofije dele se na nasledna i stečena oboljenja. Ova oboljenja retko zahvataju izolovano samo mišiće, te se kao posledica slabosti ili kontraktura veoma često javljaju i deformiteti koštano-zglobnog sistema, pa i deformiteti prednjeg zida grudnog koša.[59]

#### **4. Dijagnostika pektus ekskavatuma**

##### **4.1. Anamneza**

Detaljna anamneza prethodi kliničkom pregledu pacijenta. Pored osnovnih podataka o pacijentu, neophodno je precizirati činjenice iz porodične anamneze, koje bi mogle ukazati na eventualnu pojavu deformiteta grudnog koša i među drugim članovima porodice. U okviru lične anamneze važno je detaljno ispitivanje u pravcu subjektivnih tegoba pacijenta (kardio-respiratorne tegobe, psihička i estetska komponenta deformiteta i drugo). Ukoliko pacijent negira tegobe u stanju mirovanja, potrebno je insistirati na dobijanju podataka o pojavi tegoba tokom fizičkog opterećenja, kao i pri posebnim provocirajućim položajima tela (na primer sedećem položaju). Karakteristično za ovo oboljenje je direktno povišenje stepena deformiteta u odnosu na rast i razvoj deteta, pa samim tim često se navode podaci o relativno blagom deformitetu u ranijim uzrastima (novorođenčeta, malog deteta i školskom uzrastu), koji uobičajeno progredira u godinama tokom puberteta i adolescencije. Ubrzanu progresiju deformiteta, pacijenti najčešće povezuju sa pojavom i učestalošću subjektivnih tegoba. Podaci o udruženim oboljenjima, kao što su hromozomopatije, srčane anomalije, deformiteti kičmenog stuba, miopatije i drugo, mogu takođe objasniti nastanak ovog deformiteta grudnog koša odnosno prateću simptomatologiju.[60,61]

##### **4.2. Klinički pregled**

U dijagnostičkom algoritmu *pectus excavatum*-a sledi klinički pregled pacijenta. Inspekcijom su utvrđuje prisustvo deformiteta po tipu *pectus excavatum*-a, kao i eventualno prisustvo udruženih anomalija, pre svega kičmenog stuba, zatim postojanje *Poland*-ovog sindroma i drugo.[22] Urođeno ulegnuće grudne kosti može biti u različitim nivoima grudne kosti. Tako je poznata i često korišćena klasifikacija deformiteta u zavisnosti od lokalizacije ulegnuća. Sternoklavikularni deformitet predstavlja anomaliju kada je lokalizacija ulegnuća tačno na mestu spajanja grudne i ključne kosti. Sternocentralni deformitet karakteriše ulegnuće grudne kosti pozicionirano u visini mamila. Sternokaudalni deformitet je

lokalizovan u predelu donje trećine grudne kosti, na mestu spajanja sedmog rebra sa grudnom kosti (*sternum*). Na kraju, infrasternalni deformitet predstavlja ulegnuće lokalizovano bočno u odnosu na grudnu kost, tj. sa leve ili desne strane sternuma. Ovu klasifikaciju je dao *Willital*, a česta je njena upotreba u kliničkoj praksi. Jedan period u istoriji kliničkih pregleda pektus ekskavatum je obeležilo i merenje zapremine udubljenja. Pacijent bi se postavio u ležeći položaj, na leđima, sa flektiranim (savijenim) kolenima. Potom se u šupljinu grudne kosti sipala voda uz korišćenje graduisanog šprica. Količina vode do preliivanja je predstavljala zapreminu udubljenja. Isti efekat je postizan i sa pravljenjem kalupa od plastelina.[31]

### 4.3. Pulmološki i kardiološki pregledi

Plućni funkcionalni testovi obuhvataju testiranja pre i nakon upotrebe bronhodilatatora. Uobičajeno se nakon kliničkog pregleda radi spirometrija, zatim platizmografija i ispitivanje saturacije kiseonika. Ove studije bi trebalo uraditi u godini pre planiranog operativnog zahvata.

Pri dubokom inspirijumu, dijafragma zahvaljujući postojećim pripojima, povlači grudnu kost nadole i unutra, što najčešće dovodi do pogoršanja subjektivnog stanja pacijenta u samom procesu disanja.[62] Spirometrija predstavlja merenje maksimalne količine vazduha koja se unese u pluća pri maksimalnom udahu, kao i vrednosti maksimalne količine vazduha koja se izdahne iz pluća pri maksimalnom izdahu. Aparati koji se danas upotrebljavaju u spirometriji (spirometri), kompjuterizovani su i krajnje jednostavni za upotrebu. Prilikom sprovođenja spirometrije, vazduh se ne udiše na nos, već na usta, a kompletno udahnut vazduh se u celosti izdiše iz pluća. Radi veće tačnosti, testiranje se izvodi tri puta zaredom.

Pored kliničkog kardiološkog statusa kompletan kardiološki pregled uključuje najmanje i elektrokardiogram (EKG), odnosno ehokardiografski pregled. Utvrđuje se prisustvo kompresije srca, njegovog značajnog pomeranja, narušavanja uobičajenog oblika, kao i postojanje srčanih šumova (tip i gradus). Evaluaciju vrši kardiolog, pedijatrijski ili adultni, a kao rezultat dobija se neophodni izveštaj za operatera koji treba da sadrži pored verifikacije *pectus excavatum*-a i postojanje srčanih tonova, njihove lokalizacije, stanje periferne perfuzije i drugo. Kod dece sa *Marfan*-ovim sindromom (i/ili sa marfanoidnim karakteristikama) posebno je neophodno utvrditi postojanje srčanih ili vaskularnih anomalija, radi sprečavanja neizvesnog i neželjenog ishoda lečenja, koje neretko u ovim stanjima može da se završi i iznenadnom smrću pacijenta.[62]

#### 4.4. Antropometrijsko merenje

Antropometrija, grana morfometrije, bioantropološki je metod proučavanja ljudskih kvantitativnih, odnosno merljivih osobina. Morfometrija danas ima značajno mesto u dijagnostici brojnih oboljenja i praćenju terapijskog efekta. Antropometrijska merenja unapređivana su kroz istoriju, kako su se širila znanja o anatomiji čoveka. Poslednjih godina, napredak tehnologije je omogućio preciznija merenja i uvođenje novih tehnika merenja.

Antropometrijsko merenje je neinvazivni, brz i jeftin metod kojim se dobijaju objektivni podaci potrebni za kliničku evaluaciju stepena deformiteta, pa je posebno značajan u dijagnostici i terapiji pedijatrijskih pacijenata sa pektus ekskavatumom.[63,64] Omogućava objektivnu klasifikaciju stepena anatomskog deformiteta i obezbeđuje kvantifikaciju depresije prednjeg zida grudnog koša, poređenje među grupama i procenu postoperativnog rezultata.[65]

Najjednostavniji način antropometrijskog merenja kod pektus ekskavatumuma je uz korišćenje pelvimetra. Pelvimetar je uređaj od metala koji podseća na šestar. Jedan kraj pelvimetra se postavi u teme udubljene grudne kosti, a drugi u istoj visini na grudnom delu kičme. U literaturi se ističu i studije gde je vršeno poređenje pacijenata sa pektus ekskavatumom gde su merenja deformiteta vršena uz korišćenje *Haller*-ovog indeksa i takozvanog donjeg vertebralnog indeksa (*Low vertebral index-LVI*).[64,65] Pacijent se postavi u ležeći položaj, a antropometrijska merenja se izvode tokom maksimalnog inspirijuma. Prvo se meri najveći anteroposteriorni dijametar u predelu distalne trećine sternuma, a potom udubljenje (depresija) sternuma u istom nivou. Ovaj antropometrijski indeks predstavlja količnik vrednosti izmerene depresije sternuma i anteroposteriornog dijametra.

Veoma često korišćeni Torakalni indeks predstavlja odnos transverzalnog i sagitalnog dijametra grudnog koša i izračunava se po formuli:

$$\text{Torakalni indeks (TI)} = \frac{\text{transverzalni dijametar grudnog koša} \times 100}{\text{sagitalni dijametar grudnog koša}} \quad [63]$$

#### 4.5. Fotografisanje

Fotografisanje odnosno fotografije su kao posebna medicinska dokumentacija našle svoje mesto najpre u plastičnoj i rekonstruktivnoj hirurgiji. Tokom vremena se pokazalo da je ovaj vid dokumentacije od izuzetnog značaja kako radi planiranja operativnog zahvata pacije-

nata sa pektus ekskavatumom, tako i za standardizovano praćenje postoperativnog rezultata.[66]

Foto-dokumentacija podrazumeva fotografisanje pacijenata preoperativno i postoperativno. Postoje standardizovane konstante za fotografisanje deformiteta grudnog koša, koje obuhvataju udaljenost pacijenta od foto aparata i ugao koji zaklapa foto aparat u odnosu na pacijenta. Takođe je neophodno da pacijent ukloni svu odeću i nakit pre fotografisanja.[66]

Grudni koš se uobičajeno fotografiše iz šest pravaca:

1. 0° - anteriorno
2. 90° - lateralno prema desno
3. 90° - lateralno prema levo
4. 45° - lateralno prema desno
5. 45° - lateralno prema levo
6. ptičija perspektiva (od gore).

Eventualno, fotografisanje se može izvesti i “kaudalno” (od dole). Kod asimetričnih deformiteta potrebno je fotografisati grudni koš i od gore i od dole, kao i u poziciji kada je pacijent savijen prema napred, kako bi se naglasila asimetrija. Kod pacijenata sa Polandovim sindromom potrebno je fotografisati pacijenta u miru i tokom mišićne akcije.[66]

Preoperativno načinjene fotografije je moguće uporediti sa fotografijama koje su urađene odmah nakon operacije, kada se odmah registruju prisutne morfološke i estetske promene. U daljem postoperativnom toku pacijent se fotografiše nakon otklanjanja šavnog materijala, kao i nakon 3, 6 i 12 meseci, kako bi mogao da se prati i udaljeni postoperativni rezultat. Zajedno sa antropometrijskim merenjem, RTG dokumentacijom i fotografije predstavljaju medicinsku dokumentaciju, koja ima značajnu ulogu u kontroli kvaliteta različitih terapijskih modaliteta.[66]

#### **4.6. Rendgen dijagnostika – RTG**

Obzirom da većina pacijenata sa pektus ekskavatumom nemaju značajnije funkcionalne smetnje, smatra se da CT dijagnostika nije suštinski neophodna u cilju preoperativne pripreme. Ovo je od posebnog značaja, uzimajući u obzir da je izlaganje zračenju prilikom CT pregleda najmanje 2 do 3 puta veće nego kod standarne radiografije.[67] Takođe, dobro je poznato da su deca mnogo više radiosenzitivna od odraslih pacijenata.[68] Rano izlaganje radijaciji u dečjem uzrastu povezano je sa razvojem

maligniteta u kasnijem životnom dobu. Izloženost zračenju u mladosti je takođe povezana sa zastojem u rastu i smanjenjem plodnosti.[67,69]

Iako su standardizovane metode određivanja težine deformiteta grudnog koša na osnovu standardne radiografije grudnog koša, Halerov indeks se danas uobičajeno izračunava na osnovu podataka koji se dobijaju korišćenjem kompjuterizovane tomografije.[70] Ipak, ukoliko se uporede vrednosti *Haller*-ovog indeksa izračunavane na osnovu merenja dobijenih nakon klasične radiografije grudnog koša i onih nakon CT skeniranja, dobija se visok stepen podudarnosti između dobijenih vrednosti Halerovog indeksa nakon ova dva različita modaliteta snimanja. Što je još važnije, CT pregled grudnog koša ne pruža značajnije dodatne informacije u sklopu preoperativnog planiranja. Zato se od nekih autora predlaže da se kod dece sa asimptomatskim PE deformitetom ni ne sprovodi CT skeniranje.[77]

Preoperativna dijagnostika se uobičajeno sprovodi neposredno pre operacije, kako bi se izbeglo nepotrebno zračenje u ranom životnom dobu i dobili najaktuelniji podaci o deformitetu. Radiogrami grudnog koša se rade u anteriorno-posteriornoj i profilnoj orijentaciji pacijenata.

Radiografski nalaz koji je karakterističan za *pectus excavatum* na anteriorno-posteriornom RTG snimku sadrži poravnanje leve srčane granice, pomeranje srčane siluete ka levo, zatamljenost granice desnog srca i strmiju kosu poziciju prednjih krajeva rebara. Ukoliko je prisutno tri ili više navedenih karakterističnih znakova, specifičnost ovog pregleda dostiže i 95,5% u smislu potvrde *pectus excavatum*-a. Sa druge strane senzitivnost ovog pregleda je izuzetno niska i iznosi samo 47%.

*Haller*-ov indeks (transverzalni dijametar podeljen sa anteriorno-posteriornim dijametrom) se izračunava na osnovu lateralnog RTG snimka, merenjem anteriorno-posteriornog prečnika na nivou najizraženije posterioarne projekcije sternuma. Transverzalni dijametar se meri na anteriorno-posteriornom snimku, u istom nivou pršljenjskih tela.

Dve studije su komparirale određivanje stepena deformiteta PE primenom standardne radiografije i kompjuterizovane tomografije. Merene su vrednosti *Haller*-ov indeksa (HI) korišćenjem anteriorno-posteriorne i lateralne standardne radiografije i poređene sa vrednostima HI dobijenim nakon kompjuterizovane tomografije. Autori su potvrdili visoki stepen korelacije određivanjem *Pearson*-ovog koeficijenta korelacije, čije vrednosti su iznosile 0,984. Zbog značajno nižih doza zračenja prilikom standardne radiografije, autori su izneli stav da se standardna radiografija grudnog koša treba koristiti kao primarna dijagnostička procedura za preoperativnu evaluaciju pacijenata sa PE, osim u situacijama kada se pacijenti svrstavaju u rizične kategorije u smislu mogućih komplikacija. Osim toga, jasno je da

standardna radiografija pruža bolji uvid od klasičnog fizikalnog pregleda kod procene asimetrije deformiteta. Ipak, standardna radiografija je vrlo nedostatna kada je u pitanju procena torzije sternuma.[71]

Frontalna radiografija grudnog koša se često izvodi neposredno posle operacije radi procene postojanja pneumotoraksa i provere položaja plasiranog pektus bara. *Knudsen* i saradnici su 2013. godine objavili veliku seriju pacijenata sa zaostalim pneumotoraksom nakon Nusove procedure. Otkrivanje i praćenje je vršeno kod 52% od 638 posmatranih pacijenata, koji su imali rutinsko RTG snimanje nakon operacije. U posmatranoj grupi samo 15 pacijenata (4,5%) je postoperativno intubirano, a samo 7 pacijenata je imalo respiratorne simptome. U drugoj analiziranoj grupi, pacijenti su podvrgavani radiografiji samo pri otpustu iz bolnice ili ukoliko su imali neke od respiratornih simptoma. Samo kod jednog od 294 posmatrana pacijenta (0,3%) iz ove grupe je bilo potrebno uraditi intubaciju usled razvoja postoperativnog pneumotoraksa i potkožnog emfizema. Zato autori predlažu da se standardna postoperativna radiografija sprovodi samo prilikom otpusta pacijenata i to ukoliko imaju respiratornih tegoba.[71]

#### **4.7. Kompjuterizovana tomografija – CT**

Za izvođenje validnog zaključka prilikom CT snimanja pacijent mora biti miran i sa mirnim disanjem, jer se inače dobijaju niže vrednosti Haller-ovog indeksa. Važno je naglasiti, da bi se uspešno izveo CT pregled neophodno je strpljenje. Takođe, potrebno je steći poverenje kako deteta tako i roditelja. Dečja populacija, posebno ona uzrasta do 5 godina, vrlo često nije spremna za komunikaciju i saradnju. Zbog toga je u ovom uzrastu često neophodna i kratkotrajna sedacija. Ipak, nekada dolazi do pomeranja deteta u toku pregleda, što može rezultirati veoma grubim artefaktima. Parametri koji određuju dozu X-zračenja koju će dete primiti moraju biti prilagođeni starosti i/ili telesnoj masi deteta. Izražena svest o specifičnostima CT pregleda u dečjem uzrastu postoji u većem broju dečjih bolnica.[10,11]

Ono što je svakako do radiologa jeste da smanji broj serija pregleda, da prilagodi pojedine tehničke parametre dijagnostici kod dece i da ukaže lekarima-kliničarima na potencijalne rizike od određenih CT pregleda. Kao veoma važan svakodnevni segment nameće se i potreba da roditelj bude upoznat sa faktorima rizika koje sa sobom nosi ovaj dijagnostički modalitet, što je slučaj u izuzetno malom broju dečjih bolnica. Svakako, potrebna je znatno viša svest i lekara drugih specijalnosti o potencijalnim rizicima radioloških dijagnostičkih modaliteta, koja se može postići samo stalnom edukacijom i topre svega lekarskog osoblja dečjih bolnica.[10,11]

#### 4.7.1. Standardna tehnika

Uobičajena tehnika snimanja grudnog koša kod *pectus excavatum* deformiteta izvodi se pomoću kompjuterizovane tomografije (*CT scan*) i bez korišćenja kontrastnog sredstva. Za manju decu koriste se aksijalni preseki debljine 4 mm, a za veću decu debljine 8 mm. Početak skeniranja je od gornje aperture toraksa i pruža se kroz koštane delove grudnog koša. Pacijent je u položaju supinacije sa rukama podignutim iznad glave. Na osnovu *scout*-a u anteriorno-posteriornom (AP) i lateralnom položaju, analiziramo dobijene skenove u mekotkivnom, koštanom i plućnom prozoru. Određujemo *Haller*-ov indeks, simetričnost deformiteta, postojanje i stepen rotacije sternuma. Zatim, promene oblika srca uslovljene kompresijom i njegovim pomeranjem, odnosno promene na plućnom parenhimu takođe uzrokovane kompresijom, postojanjem atelektaza i/ili koštanih anomalija (rebara i kičmenih pršljenova). Druge koštane anomalije i promene na unutrašnjim organima uzrokovane deformitetom grudnog koša takođe se trebaju notirati.[72,73,74]

Merenje *Haller*-ovog indeksa (HI) pomoću CT-a ostaje primarni metod preoperativnog dijagnostikovanja petus ekskavatuma. Vrednost od 3,25 ili veća ukazuje na umereno teške i/ili teške oblike pektus ekskavatuma (PE) i uobičajeno predstavlja indicaciju za operativno lečenje. Osim za uzračunavanje HI, CT sken grudnog koša može da se koristi i za procenu drugih kriterijumima koji se koriste u preoperativnoj proceni, uključujući kompresiju i dislokaciju srčanog mišića, prisustvo ili odsustvo atelektaza, traheo-bronhijalne kompresije, kao i drugih abnormalnosti grudnog koša uzrokovanih ili udruženih sa *pectus excavatum*-om.[72,73,74]

Preoperativni CT sken se preporučuje i za određivanje dužine i oblika *pectus bar*-a, metalne ploče koja se postavlja tokom *Nuss*-ove i *Ravich*-ove operacije, naročito kod starijih pacijenata, ženskih pacijenata sa razvijenim grudima i kod pacijenata sa visokim sternalnim uglom. Tradicionalno, dužina pektus bara se određuje merenjem rastojanja između srednjih aksilarnih linija, a uz upotrebu posebnog metra u vidu trake. Po dobijanju vrednosti ove distance, od nje se oduzima 2,5 cm. Merenje dužine pektus bara korišćenjem CT-a smatra se preciznijim od tradicionalne metode uobičajenog merenja.[72,73,74]

#### 4.7.2. Tehnika jednog preseka (*single slice*)

Iako je Halerova originalna studija uključila samo „single slice“ skenove kod pacijenata sa deformitetom grudnog koša po tipu *pectus excavatuma*-a (PE), uobičajeno se u kliničkoj praksi radi snimanje kompjuterizovanom tomografijom celog grudnog koša, „full chest“ CT. Retrospektivna evaluacija "full chest" kompjuterizovane tomografije (od apeksa plućnih

krila do kostofreničnih sinusa) kod 209 pacijenata objavljena je od strane *Rattan*-a i saradnika. Njihova studija je imala za cilj da se utvrdi da li je ova tehnika CT-a obezbedila dodatne informacije, odnosno da li je značajno izlaganje pacijenata rendgenskom zračenju bilo opravdano. Od 76 analiziranih skeniranja samo je u dva slučaja nađena dodatna patologija (vaskularni ring i upala pluća). Ova patološka stanja su takođe dobro uočljiva i prilikom izvođenja standardne radiografije grudnog koša. Zbog toga su autori zaključili da ne postoji dodatna korist od takozvanog "full chest" CT skeniranja u odnosu na standardnu radiografiju i standardni CT pregled kod preoperativne procene stanja i stepena deformiteta grudne kosti po tipu PE. Zato predlažu korišćenje limitiranih veoma niskih – "very low" doza kod izvođenja kompjuterizovane tomografije. Ovaj nivo zračenja u potpunosti je dovoljan da bi se odredio HI kod većine pacijenata. Autori navode da uspešno realizuju takav protokol na njihovoj klinici. Ipak, do sada nisu objavljene veće serije koje opisuju efektivnost i uspešnost ovog protokola kod procene PE.[70]

CT protokol sa vrlo niskim dozama zračenja se koristi već nekoliko godina u Baystate Medical Center-u. Studije se izvode na 16-slajsnom skeneru koji koristi 80 kVp, fiksni mAs 25 (neautomatska cev modulacije). Pokrivenost je ograničena na samo 5-10 cm, centrirana na nivou kože u predelu markera koji se nalaze na mestu maksimalne sternalne depresije. Na osnovu rezultante parametara izloženosti se izračunava indeks doze tomografije (0,55), a procenjena efektivna doza ne prelazi vrednosti od 0,2 mSv, što je ekvivalentno dozi zračenja kod dve do tri standardne radiografije. Prikaz anatomije koštanih delova grudnog koša je veoma dobar. Iako nisu sistemski analizirani podaci, detaljni prikaz mekih tkiva je suficijentan u smislu prepoznavanja patoloških promena na pleuri i plućima, medijastinalnog *mass effect*-a, kao i pozicije descendente aorte u većini ili u svim slučajevima.[75]

#### **4.8. Magnetna rezonanca – MRI**

U literaturi su objavljena različita mišljenja u vezi sa načinom dijagnostikovanja težine stepena deformiteta kod pacijenata sa pektus ekskavatumom. *Haller* i saradnici su 1987. godine prezentovali korišćenje jednog CT skena (*single slice*) u cilju određivanja Pektus indeksa (*Haller*-ovog indeksa) sa ciljem procene težine stepena deformiteta.[70] Ovaj indeks je izračunavan merenjem unutrašnje širine grudnog koša i njegovim deljenjem sa rastojanjem između zadnje površine grudne kosti i prednje površine kičme. *Kilda* i saradnici susa druge strane preporučivali konvencionalnu radiografiju za procenu deformiteta grudnog koša, računajući glavne radiološke indekse kao što su *Haller*-ov indeks (HI) i Vertebralni indeks (LVI).[76] *Mueller* i saradnici u svojoj seriji od dvanaest bolesnika operisanih zbog



PE, poredili su HI izračunat na osnovu klasične radiografije i CT skena grudnog koša. Srednja vrednost Halerovog indeksa izračunatog na osnovu CT-a je iznosila 3,97, a na osnovu standardne radiografije 4,08. Analiza podataka primenom Pearson koeficijenta je pokazala da je stepen korelacije iznosio 0,98, čime je potvrđen visok stepen sličnosti između Halerovog indeksa izračunatog pomoću dva različita modaliteta snimanja.[10] *Khanna* et al i autori su uradili retrospektivnu analizu radioloških podataka kod trideset dvoje dece sa PE (prosečne starosti 14,5 godina). Dva radiologa su nezavisno jedan od drugoga izračunavali CT Halerov indeks i radiografski Halerov indeks, pri čemu su dobili značajnu statističku korelaciju između ove dve serije. [*Spearman*-ov koeficijent korelacije (95% interval poverenja) za posmatrača 1 = 0,71 (0,48-0,85, P <0,01), a za posmatrača 2 = 0,77 (0,52- 0,88, P<0,01)].[77]

Drugi autori, kako bi se smanjila doza zračenja kod dece sa PE, tokom kompletnog CT pregleda grudnog koša predlažu veoma male doze zračenja, tj. CT protokol sa ograničenim, limitiranim brojem slajsova (maksimalno 5-7 slajsova) koji su usmereni samo na područje najizraženijeg deformiteta. Ovim postupcima je značajno smanjena doza zračenja, čak i do 80%. [78]

Pošto se kod većine pacijenata PE manifestuje već tokom ranog detinjstva, oni su u većem riziku od nastanka maligniteta indukovano radijacijom. Zaista, CT skeneri su povezani sa izlaganjem zračenju koje je 2 ili 3 puta veće nego kod standardne radiografije.[67] Obzirom da su deca radiositivnija od odraslih, rano izlaganje, čak i kod samo jednog kompletnog CT skeniranja grudnog koša može biti povezano sa razvojem maligniteta u kasnijem životnom dobu. Procenjeni rizik od razvoja maligniteta nakon CT skeniranja je između 1:550 i 1:1.000.[79,80] Rendgensko zračenje je kod mlađih pacijenata takođe povezano i sa retardacijom rasta odnosno smanjenjem fertiliteta.

Opšte je prihvaćeni stav, da kod dece sa PE koja treba da se podvrgnu hirurškoj korekciji, treba izbegavati nepotrebno zračenje posebno u ranom, ali i u svakom životnom dobu. Istovremeno, važno je dobiti informacije o abnormalnostima anatomije grudnog koša, pomeranju i/ili rotaciji srčanog mišića, anomalijama velikih krvnih sudova i asimetričnom volumenu desnog i levog hemitoraksa. Kao što je ranije pomenuto, stepen deformiteta se obično procenjuje pomoću CT pregleda, sa multi-slajs tehnikama visoke rezolucije, koji ipak izlažu pacijente značajnom nivou jonizujućeg zračenja.[67]

Informacije u literaturi o upotrebi magnetne rezonance (MRI) u proceni stepena deformiteta grudnog koša kod pacijenata sa pektus ekskavatumom su izuzetno retke. Pored toga, samo nekoliko studija se do sada bavilo značajem MRI u sklopu preoperativne procene kod pacijenata sa navedenim deformitetom. *Raichura* i saradnici su 2001. godine predstavili

rezultate kod 6 pacijenata sa pektus ekskavatumom koristeći turbo Flash MRI, a potom su analizirali dobijene vrednosti torakalnih indeksa, informacije o dijafragmalnim ekskurzijama i pomeranju srčanog mišića.[81]

U studiji *Roberta Lo Piccolo*-a i saradnika iz 2011. godine, kod 42 pacijenta je izračunavan *Haller*-ov indeks na osnovu brzih MRI snimaka (aksijalni preseki) u nivou najdublje tačke deformiteta grudnog koša. Veoma važan je podatak da upotrebom brzog MRI su dobijeni snimci bez artefakata uzrokovanih respiratornim pomeranjima i pomeranjima srčanog mišića. Da bi se izbeglo jonizujuće zračenje i da bi se dobili egzaktni anatomske detalji u cilju preoperativne procene pacijenata sa PE, u radu je predložena upotrebu brze magnetne rezonance grudnog koša kao radiološki modalitet izbora.[82]

Ova tehnika je pouzdana i laka za izvođenje, a njenom primenom izbegava se jonizujuće zračenje. MRI skeniranje se vrši na 1.5 T HDxT platformi (*General Electric, Milwaukee, WI*) sa osmo- i dvanesto-kanalnim aparatima. Dužina trajanja kompletnog pregleda iznosi manje od 5 minuta, što je znatno kraće nego kod CT pregleda. Dobijeni nalazi su visokog kvaliteta i lako se tumače. Takođe, obično se ovi pregledi izvode kod starije dece i adolescenata, te najčešće nije potrebna sedacija tokom snimanja. Iako zadržavanje daha nije neophodno, veoma lako se mogu dobiti obe respiratorne faze, inspiratorna i ekspiratorna. Merenje Halerovog indeksa vrši se na standardan način pomoću elektronskog kalipera na PACS monitorima.

Kada se navode nedostaci MRI prvenstveno se ističe sama cena pregleda, zatim velika senzitivnost prilikom pomeranja pacijenta, neophodnost sedacije prilikom izvođenja pregleda kod dece i klaustrofobičnih osoba.

Sledeći koraci u cilju poboljšanja procene stepena deformiteta kod *pectus excavatum*-a, jesu rutinsko uvođenje inspiratornih i ekspiratornih sekvenci prikom MRI snimanja. Novija istraživanja su pokazala da ovaj način pregleda može pružiti mnogo egzaktnije informacije i pouzdanost u proceni morfologije i kinetike grudnog koša.[83,84]

#### **4.9. Optičko snimanje – 3D modeli**

Standardni načini za određivanje stepena deformiteta zida grudnog koša prvenstveno uključuju RTG dijagnostiku i kompjuterizovanu tomografiju (CT). Međutim, jasno je da je pri izvođenju ovih pregleda neophodno jonizujuće zračenje, koje ne samo da nije preporučljivo već je izuzetno štetno i u najmanjim dozama. U poslednje vreme rađene su brojne studije sa ciljem uvođenja u kliničku praksu optičkog snimanja, čak i u dijagnostici deformiteta grudnog koša po tipu pektus ekskavatumu.[85]

Metoda optičkog snimanja, koju karakteriše odsustvo rendgenskog zračenja, služi za otkrivanje i praćenje brojnih mišićno-skeletnih abnormalnosti, kao što su na primer skolioze, kifoze, deformiteti grudnog koša i drugo. Razvijena je na principima formiranja optičke mape površinskog izgleda trupa (torza). Koristi se optički sistem (InSpeck Inc., Canada) za obradu slike sa mogućnošću razvijanja 3-dimenzionalnog modela (mape) površinskih struktura. Optički ekvivalent je u visokoj korelaciji sa CT ekvivalentom, pa je samim time i optički način snimanja i merenja deformiteta grudnog koša u visokoj korelaciji sa vrednostima Halerovog indeksa dobijenim primenom kompjuterizovane tomografije.[85]

Slike torza se dobijaju nakon pozicioniranja pacijenta u poseban uređaj za poravnanje, sa rukama iznad ramena i nakon označavanja 3 kontaktne tačke na koži ("kuglice"), koje dodiruju 2 tačke u predelu donjeg dela leđa i jednu tačku u predelu baze vrata. Marker koji se uočavaju na površinskim 3-D slikama, postavljeni su na kožu na specifičnim lokacijama torza. Ovi markeri su na neki način veza između unutrašnjih koštanih struktura i spoljašnjih površinskih orijentira. Načine se tri seta snimanja površinske konture torza, korišćenjem optičkog sistema, a dobijeni podaci se automatski snimaju i u kompjuteru. Trodimenzionalni modeli sa površinskim konturama torza pacijenta se superponiraju mapama koje su nastale analizom podataka površinskih struktura i koriste se za opisivanje deformiteta torza.

Stepen deformiteta grudnog koša određuje se obično kompjuterizovanim tomografijom uz pomoć klasičnog Halerovog indeksa (HI). Korišćenjem analizatora slike kod optičkog snimanja, analizira se presek koji prolazi kroz površinski model torza na mestu najizraženije depresije grudne kosti. Odnos bočne udaljenosti odnosno poprečnog prečnika tačaka na koži i anteriorno-posteriornog dijametra mereno od zadnjeg aspekta pršljenjskih tela predstavlja ekvivalent Halerovom indeksu dobijenom pri kompjuterizovanoj tomografiji. Dok se kod klasičnog HI prednja površina kičmenog stuba koristi za merenje anteriorno-posteriornog dijametra, ekvivalent Halerovog indeksa koji je dobijen merenjem optičkog preseka rekonstrukcije torza se meri od zadnje površine kičmenog stuba (lokalizacija procesusa spinozusa na osnovu kontura torza).[85]

Torzo model optičkog snimanja nudi 3-D snimke deformiteta grudnog koša korišćenjem svetlosne projekcije na mapiranu eksternu konturu grudnog koša, a bez izlaganja radijaciji. Rezultati prvih studija dali su veliku nadu za upotrebu merenja površinskih struktura torza, kao alternativnog metoda klasičnoj kompjuterizovanoj tomografiji, a u cilju praćenja deformiteta grudnog koša. Neprocenjiva prednost ove tehnologije je u upotrebi svetlosnih slika, umesto jonizujućeg zračenja.[85]

#### 4.10. Uticaj jonizujućeg zračenja

Jonizujuće zračenje, koje se koristi u medicini, kako u dijagnostici tako i u terapiji, definisano je kao zračenje visoke energije, koje ima sposobnost da stvara jonizaciju u tkivima kroz koja prolazi i u kojima se i apsorbuje. Može biti elektromagnetne ili korpuskularne prirode. U prvu grupu spadaju X- i gama-zraci, a u drugu elektroni, protoni, pozitroni, neutroni, deuteroni, tritoni, helioni i teški joni. Nemački fizičar i nobelovac, *W.K. Röntgen*, 1895. godine je otkrio X-zrake.

Radijacija je neizbežan segment svakodnevnog života.[86] U prirodne izvore jonizujućeg zračenja prvenstveno spadaju gas radon i kosmičko zračenje. Za najveći izvor radijacije stvorene od strane čoveka smatraju se upravo radiološke dijagnostičke procedure.[87,88] Istraživanja na pojedinim radiološkim odeljenjima pokazala su da CT pregledi čine oko 11% svih radioloških procedura, ali su odgovorni za oko 67% od ukupne izloženosti radijaciji.[89] Od neprocenjivog je značaja svesti efektivnu dozu potencijalno štetnog jonizujućeg zračenja na najmanji mogući nivo, što je apsolutni trend u savremenoj pedijatrijskoj radiologiji.[9,10,82]

Doza jonizujućeg zračenja koju pacijent primi u toku bilo koje dijagnostičke procedure zasnovane na X-zracima izražava se u vidu efektivne doze (ED). Ona predstavlja uniformnu dozu za celokupno telo, koja uzima u obzir ekvivalentne doze za sve izložene organe, kao i njihovu radiosenzitivnost. Jedinica za efektivnu dozu je sivert (Sv) i jednaka je proizvodu od jednog greja (Gy) i faktora kvaliteta. S obzirom da je faktor kvaliteta za X-zračenje jedan, onda je i Sv jednak Gy za ovu vrstu zračenja, odnosno efektivna doza može da se izražava u obe ove merne jedinice.

Organizovana borba sa ciljem smanjenja doza jonizujućeg zračenja počela je praktično sredinom 70-ih godina prošlog veka uvođenjem ALARA koncepta (*As Low As Reasonably Achievable* – najniže realno dostižne doze). Takođe, kampanja „*Image gently*“ („Snimaj nežno“) pokrenuta je 2008. godine sa ciljem da se promoviše zaštita od radijacije i da se poveća svest ljudi o efektima radijacije porekla radiološke dijagnostike upravo u dečjoj populaciji.

Smatra se da je rizik od dejstva jonizujućeg zračenja veći u mlađim uzrastima. Kao objašnjenje se najčešće navode sledeći razlozi: intenzivnija proliferacija ćelija, zbog čega su one znatno radiosenzitivnije. Zatim, očekivani životni vek dece je duži u odnosu na odrasle, pa je samim tim realan takozvani latentni period u kome može da se razvije maligni tumor. Efektivna doza (ED) je uvek veća kod deteta, s obzirom da rasipno zračenje izvan polja ekspozicije treba da pređe manju distancu do radiosenzitivnog organa. Doze jonizujućeg

zračenja su značajno manje kod dece u poređenju sa adultnom populacijom. Sa druge strane dečji organi su realno manji, tako da je doza koju primi svaki organ praktično veća.

Današnji CT skeneri pružaju informacije o dozi kojoj je pacijent bio izložen, uključujući CT dozni indeks (CT dose index (CTDIvol), jedinica mGy) i doza-dužina produkt (*dose-length product* (DLP), jedinica mGy cm) za svaku seriju skeniranja. Procena vrednosti efektivne doze može da se izvede iz DLP-a korišćenjem odgovarajućeg koeficijenta:  $ED = K \times DLP$ , gde je K region-specifični dozni koeficijent i izražava efektivnu dozu normalizovanu prema DLP-u na standardnom CT dozimetrijskom fantomu ( $mSv \cdot mGy^{-1} \cdot cm^{-1}$ ).[90] Vrednosti koeficijenta za odrasle objavljene su u Evropskom vodiču kriterijuma kvaliteta za kompjuterizovanu tomografiju (EUR 16262) 1999. godine.[91] Međutim, ovi koeficijenti za odrasle ne mogu se koristiti za preciznu procenu efektivne doze CT pregleda kod dece. Doze za pojedinačne organe veće su kod dece, pa se posledično efektivne doze povećavaju sa smanjenjem veličine tela za sve tipove CT pregleda.[92,93,94] Stoga je neophodno postojanje i starosno-specifičnog koeficijenta za konverziju DLP-a u efektivnu dozu. Ovi koeficijenti objavljeni su 2004. godine za različite starosne grupe dece, kao i za pojedine delove tela kao što su glava, vrat, grudni koš i abdomen/karlica (tabele 1. i 2.).[95] Ovi koeficijenti nisu polno specifični. Oni su izvedeni koristeći Monte Karlo simulacije u matematičkim fantomima i potvrđeni su u velikoj studiji, koja se bavila CT dozama kod odraslih i dece u Velikoj Britaniji.[96,97]

Podela na starosne grupe prikazana u tabeli 1, kao i konverzioni koeficijenti iz tabele 2, korišćeni su i u našoj studiji.

**Tabela 1.** Starosne grupe za koje postoje definisani konverzioni koeficijenti.

Uzrast pacijenta	Starosna grupa
Novorođenče do 3 meseca	<b>0 godina</b>
Od 4 meseca do 2 godine i 11 meseci	<b>1 godina</b>
Od 3 godine do 7 godina i 11 meseci	<b>5 godina</b>
Od 8 godina do 14 godina i 11 meseci	<b>10 godina</b>
Od 15 godina i starije	<b>Odrasli</b>

**Tabela 2.** Vrednosti konverzionih koeficijenata za efektivne doze po DLP-u, za različite regije tela i starosne grupe.[96,97]

Deo tela	Efektivne doze po DLP-u ( $\text{mSv mGy}^{-1} \text{cm}^{-1}$ )				
	Deca				Odrasli ( $\geq 15$ god.)
	0 godina	1 godina	5 godine	10 godine	
<b>Glava</b>	0,011	0,0067	0,0040	0,0032	0,0021
<b>Vrat</b>	0,017	0,012	0,011	0,0079	0,0059
<b>Grudni koš</b>	0,039	0,026	0,018	0,013	0,014
<b>Abdomen/karlica</b>	0,049	0,030	0,020	0,015	0,015

Na konzoli CT aparata prikazane DLP vrednosti procenjene su na osnovu standardizovanih doznih merenja, izvedenih od strane proizvođača CT aparata za svaki njegov model, koristeći polimetilmetakrilatni cilindrični fantom standardizovane veličine, obično dijametra 16 cm za glavu i 32 cm za telo. Veličina ovih fantoma zasnovana je na prosečnoj veličini odraslog pacijenta. Softver CT aparata koristi ove podatke, zajedno sa tehničkim parametrima i dužinom pojedinačnog skena, da bi procenio vrednost DLP-a.

Postoji bitna razlika u CT dozimetriji između dece i odraslih. Energija koja dospeva do centra tela deteta veća je nego ona koja dospeva do centra tela odraslog čoveka pri istoj ekspoziciji.[98,99] Efektivne i organske doze posledično su veće kod dece.[92,93,94,98,99] Studije iz medicinske fizike smatraju da je 16-cm fantom približniji veličini grudnog koša i abdomena deteta nego 32-cm fantom. Zato i preporučuju korišćenje manjeg fantoma za telo deteta pri CT dozimetriji.[96,100,101]

Objavljeni konverzioni koeficijenti za pretvaranje DLP-a u efektivnu dozu stoga su namenjeni za upotrebu sa DLP podacima dobijenim iz 16-cm fantoma kod pacijenata mlađih od 15 godina za sve preglede glave, vrata i tela. Podaci iz 32-cm fantoma prikladni su samo za preglede tela omladine i odraslih.[95,96] Kako je komercijalna CT dozimetrija zasnovana na odraslom pacijentu sa dijametrom od 16 cm za glavu i 32 cm za telo, korišćenje prikazane vrednosti DLP-a na konzoli dovodi do potcenjivanja efektivne doze kod dece sa CT

pregledima tela. Shrimpton i Chapple smatraju da se ovaj problem može prevazići i kompenzovati množenjem vrednosti DLP-a za telo deteta faktorom 2, pre množenja sa starosno-zavisnim konverzionim koeficijentom. Pacijenti preko 15 godina mogu se smatrati odraslima u smislu veličine tela, tako da nema potrebe da se kod njih vrednosti DLP-a množe sa 2. Ukoliko je vidno polje (VP) (*field of view* – FOV) od 50 cm, automatska kalkulacija DLP-a zasnovana je na standardizovanom fantomu od 32 cm. Kada je VP od 25 cm, onda se za izračunavanje DLP-a koriste fantomi od 16 cm.

U skladu sa preporukama Schrimptona i ostalih [95,96], DLP se množi sa 2 pre množenja sa konverzionim koeficijentom za sledeće CT preglede:

- grudni koš i abdomen/karlica kod dece mlađe od 15 godina pri čemu se koristi 50-cm VP (DLP zasnovan na 32-cm fantomu),
- vrat, kada se koristi 50-cm VP (DLP zasnovan na 32-cm fantomu).

Prikazane, automatski izračunate, vrednosti DLP-a se direktno množe sa konverzionim koeficijentom kod CT pregleda:

- glave (25-cm vidno polje, DLP sa 16-cm fantomom),
- vratne kičme (25-cm VP, DLP zasnovan na 16-cm fantomu),
- grudnog koša novorođenčeta pri korišćenju 25-cm VP (DLP zasnovan na 16-cm fantomu),
- grudnog koša i abdomena/karlice kod dece starije od 15 godina (50-cm VP, DLP zasnovan na 32-cm fantomu).

U našem istraživanju takođe su korišćene navedene preporuke, radi dobijanja preciznijih vrednosti efektivnih doza kod dece (tabela 3).

**Tabela 3.** Determinisani faktori za množenje DLP-a zasnovani na starosti pacijenta, anatomskoj regiji i veličini fantoma

Anatomska regija	Starost (godine)	DLP zasnovan na 16-cm fantomu	DLP zasnovan na 32-cm fantomu
Grudni koš/ Abdomen/ Karlica	0	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	1	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	5	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	10	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	15/odrasli	N/P	DLP×1
Glava	0	DLP×1	N/P
	1	DLP×1	N/P
	5	DLP×1	N/P
	10	DLP×1	N/P
	15/odrasli	DLP×1	N/P
Vrat	0	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	1	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	5	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	10	DLP×1	<b>DLP×2</b>
	15/odrasli	DLP×1	<b>DLP×2</b>

N/P – nije primenljivo

U CT protokolima za telo, koji se koriste u Institutu za zdravstvenu zaštitu dece i omladine Vojvodine, vrednost napona rendgenske cevi je 80 kV za decu do 9 kg, 100 kV za decu od 9 do 27 kg, dok se napon od 120 kV koristi tek za decu telesne mase preko 27 kg. Povećanje *pitcha* takođe dovodi do smanjenja efektivne doze. U protokolima Instituta za zdravstvenu zaštitu dece i omladine Vojvodine *pitch* je sa 1 povećan na 1.375, što uzrokuje smanjenje doze zračenja za oko 27%. Smatra se da čak i promena *pitcha* sa 1 na 1,5 ne dovodi do smanjenja dijagnostičke preciznosti, a smanjuje radijaciju za oko 33%.

## 5. Torakalni indeksi

Elementi ovog kompleksnog dijagnostičko-terapijskog koncepta, prema vremenskoj distanci u odnosu na operativno lečenje, mogu se podeliti na: preoperativne, intraoperativne i postoperativne. U okviru preoperativne pripreme izuzetno je bitno izračunavanje torakalnih indeksa. Prema načinu merenja i izračunavanja razlikuju se takozvani klinički torakalni indeksi, u koje se pre svega svrstavaju indeksi dobijeni na osnovu antropometrijskih parametara. Zatim, torakalni indeksi koji se određuju tokom primene standardne profilne rendgenografije



grudnog koša i torakalne kičme, potom primenom kompjuterizovane tomografije i magnetne rezonance, a i drugim postupcima. Njihov klinički značaj je prvenstveno u postavljanju indikacije za operativno lečenje. Aktuelni trenutak karakteriše potreba za preciznijim i objektivnijim parametrima kojima bi se eliminisala subjektivnost pacijenata i lekara, uspostavili jedinstveni kriterijumi za operativno lečenje, dala mogućnost poređenja, kvalifikacije i kvantifikacije lečenja, a samim time i standardizacija lečenja.[6,7,11,12,102]

U najvećem broju hirurških centara u primeni je *Haller-ov* indeks, koji predstavlja količnik latero-lateralnog i antero-posteriornog dijametra grudnog koša na mestu najizraženijeg deformiteta, a koji se izračunava na aksijalnim snimcima kompjuterizovane tomografije. Međutim, dobro su poznate teškoće u primeni ovog indeksa koji je podložan varijacijama u zavisnosti od izgleda grudnog koša, pola i uzrasta pacijenta, respiratorne faze prilikom snimanja (inspirijuma ili ekspirijuma), asimetrije deformiteta i stepena srčane kompresije. Pored toga, uspostavljeni kriterijum vrednosti indeksa od 3,25 kao indikacija za operativno lečenje je takođe pod lupom stručne javnosti. Među novim torakalnim indeksima koji opisuju deformitet ili stanje nakon hirurškog lečenja izdvajaju se indeks korekcije, indeks srčane kompresije, indeks asimetrije, indeks sternalne rotacije, indeks depresije, što jasno ukazuje na potrebu definisanja verodostojnijeg i pouzdanijeg torakalnog indeksa.[29,70]

### **5.1. *Haller-ov* indeks**

*Blickman* i saradnici u svom radu su istakli da je uloga hirurgije u lečenju pacijenata sa *Pectus Excavatum*-om kontraverzna. Brojni drugi iskusni dečiji i grudni hirurzi su takođe uvereni da deca sa teškim deformitetom po tipu *Pectus excavatum*-a mogu biti bezbedno operisana sa očekivano daljim normalnim rastom i razvojem zida grudnog koša tokom puberteta i adolescencije. Postoje i podaci koji ukazuju da tinejdžeri i adolescenti sa izraženim deformitetom imaju značajne poremećaje plućne funkcije, posebno tokom fizičke aktivnosti, dok neki pacijenti imaju i značajne hemodinamske abnormalnosti.[70,103]

*Haller-ov* indeks se koristi u više od 90% ustanova širem sveta u donošenju odluke o operativnom lečenju pacijenata sa pektus ekskavatumom. Ime je dobio po autoru rada koji je objavljen 1987. godine. Cilj rada je bio da se prikaže upotreba kompjuterizovane tomografije uz primenu tehnike “*single slice*”, pri čemu se snimanje vrši u predelu najdubljeg dela deformiteta, kao novog i veoma obećavajućeg vida dijagnostikovanja i merenja deformiteta grudnog koša. Tehnika je primenjena kod 33 pacijenta koji su operisani od oktobra 1983. do jula 1985. godine. CT snimak je korišćen za izračunavanje Halerovog indeksa. Indeks je omogućio razlikovanje različitih stepena deformiteta grudnog koša, pri čemu je uočavana

jasna razlika u odnosu na vrednosti ovog indeksa u kontrolnoj grupi zdravih pacijenata. Na standardnom CT snimku je meren transverzalni dijametar i označen kao dijametar A-B. Sa druge strane, antero-posteriorni dijametar je meren od zadnje strane sternuma do prednje strane tela kičmenih pršljenova i označen je kao dijametar C-D. Deljenjem A-B sa C-D dobija se Pectus indeks, odnosno *Haller-ov* indeks. Ukoliko je indeks iznosio više od 3,25 predstavljao je indikaciju za hirurško lečenje. Donet je zaključak da ovo predstavlja koristan parameter u objektivnoj evaluaciji pacijenata za operativno lečenje.[70]

Tokom vremena njegove upotrebe u kliničkoj praksi jasno su se ispoljili i nedostaci u primeni ovog indeksa. Prvenstveno je došlo do uočavanja varijacija u vrednostima indeksa, koje su bile zavisne od izgleda grudnog koša, uzrasta pacijenta, respiratorne faze u kojoj se pregled izvodi (inspirijum ili ekspirijum), prisustva asimetrije deformiteta, postojanja srčane kompresije i drugog.[29,70]

Ipak, *Haller-ov* indeks je postao kamen temeljac dijagnostikovanja i kvantifikacije pektus ekskavatum deformiteta. On se izračunava kao količnik vrednosti najvećeg latero-lateralnog dijametra i najmanjeg antero-posteriornog dijametra. Obično se u kliničkoj praksi izračunava na osnovu snimaka kompjuterizovane tomografije. Vrednosti veće od 3,25 ukazuju na teži stepen deformiteta.

Kod deformiteta po tipu pektus ekskavatum ukoliko je izražena komponenta asimetrije, na aksijalnom CT slajsu (*slice*) uočava se najmanji anteriorno-posteriorni dijametar koji se prikazuje bočno od srednje linije na strani izražene asimetrije. Obično se radi o distanci između ivice zarotirane grudne kosti i tangencijalne linije koja se povlači po prednjoj strani odgovarajućeg tela kičmenog pršljena. Transverzalni dijametar grudnog koša se određuje na uobičajeni način, kao i kod standardnog određivanja *Haller-ovog* indeksa. Takođe, izračunavanje *Haller-ovog* indeksa je po uobičajenom postupku.[70]

#### 5.1.1. Vrednosti *Haller-ovog* indeksa u respiratornim fazama

S obzirom da je trenutno najadekvatnija i najpreciznija dijagnostička metoda za merenje i izračunavanje torakalnih indeksa CT pregled grudnog koša, od izuzetnog je značaja utvrditi respiratornu fazu u kojoj su torakalni indeksi merodavniji u dijagnostici pektus ekskavatum.[8,70] U novije vreme izračunavanje *Haller-ovog* indeksa (HI) je dobilo novu dimenziju, jer se pored uzrasta i pola, sve više spominje zavisnost vrednosti ovog indeksa i od respiratornih faza u kojima se vrši snimanje. Tako je u radu *Mariano Albertal-a* i saradnika iz 2013. godine vrednost HI porasla za 30% kada je merenje vršeno nakon maksimalnog ekspirijuma u odnosu na vrednosti pri maksimalnom inspirijumu. Ovo povećanje vrednosti

HI uglavnom nastaje zbog smanjenja anteriorno-posteriornog dijametra grudnog koša. Kao rezultat toga indikacije za hirurško lečenje *pectus excavatum*-asu povećane za 20% (sa 71% na 91%). Ovi rezultati jasno ilustruju potencijalne konsekvence promene dosadašnjeg načina snimanja kompjuterizovanom tomografijom (takođe i magnetnom rezonancom). Umesto snimanja u maksimalnom inspirijumu sugerise se prelazak na snimanje u maksimalnom ekspirijumu.[8]

Osim toga, ukoliko se za praćenje rezultata hirurškog lečenja *pectus excavatum*-a CT procena vrši u različitim fazama respiratornog ciklusa mogu se dobiti ili precenjeni ili potcenjeni rezultati. Rezultati ove studije su u potpunom skladu sa rezultatima kliničke studije koju je sproveo *Raichura* sa saradnicima, gde je snimanje vršeno magnetnom rezonancom.[8] Prosečna vrednost HI kod šest pacijenata koja je iznosila 4,0 u inspirijumu je porasla na prosečnu vrednost od 5,1 u ekspirijumu. Na taj način je povećana indikacija za hirurško lečenje sa vrednosti 77% na 93,4%. [8]

## 5.2. Indeks korekcije

Iako *Haller*-ov indeks i dalje ima primat u dijagnostici i selektiranju pacijenata za operativno lečenje pektus ekskavatum, radom *Shawn D. St. Peter*-a iz 2011. godine, u dijagnostiku pektus ekskavatum se uvodi i Indeks korekcije.[6] Indeks korekcije (IK) se izračunava tako što se od maksimalne distance od najisturenije tačke odgovarajućeg kičmenog pršljena sa prednje strane i najisturenije tačke rebara na prednjem zidu grudnog koša oduzme vrednost minimalne distance od zadnjeg zida sternuma do najisturenije tačke sa prednje strane odgovarajućeg kičmenog pršljena. Ova razlika se podeli sa vrednostima maksimalne distance od najisturenije tačke odgovarajućeg kičmenog pršljena sa prednje strane i najisturenije tačke rebara na prednjem zidu grudnog koša. Dobijene vrednosti količnika se množe sa 100, kako bi se dobila vrednost u procentima, koja ustvari predstavlja deo u centralnim delovima grudnog koša koji nedostaje. Vrednosti indeksa iznad 10% se smatraju pozitivnim u smislu potrebe za hirurškim rešavanjem anomalije.[6]

Formula za izračunavanje:  $\frac{(b-a)}{b} \times 100$

**b**

### 5.3. Indeks asimetrije (IA)

Ukoliko postoji izražena asimetrija deformiteta, obično je desna strana više zahvaćena. Asimetrija se takođe može kvantifikovati pomoću upotrebe indeksa asimetrije. Indeks asimetrije predstavlja odnos između maksimalnog anteriorno-posteriornog dijametra desnog i levog hemitoraksa pomnoženo sa 100.[6]

Formula za izračunavanje:  $(R/L \times 100)$ .

### 5.4. Indeks torzije sternuma (ITS)

Sternalna torzija ili rotacija je često udružena sa asimetričnim deformitetom i obično je okrenuta prema jače zahvaćenoj strani (desno). Određuje se merenjem ugla između transverzalne ose sternuma i horizontalne ravni koja se povlači iz ugla odnosno ivice sternuma. Ukoliko je ugao sternalne torzije veći od  $30^{\circ}$ , deformitet grudne kosti se klasifikuje u teže kategorije, o čemu treba voditi računa kod operativnog rešavanja deformiteta.[6]

### 5.5. Drugi torakalni indeksi

Kao parametri za izračunavanje Indeksa depresije (ID) koriste se vrednosti maksimalne depresije grudne kosti i dijametar odgovarajućeg tela pršljena u nivou najizraženijeg deformiteta grudne kosti. Maksimalna depresija grudne kosti se određuje povlačenjem linije između dve najisturenije tačke rebara na prednjem zidu grudnog koša, a vrednosti se mere udaljenošću prednjeg dela uvučene grudne kosti u odnosu na povučenu liniju. Indikacija za hirurško lečenje deformiteta su vrednosti indeksa depresije iznad 0,2.[6,8]

Indeks kompresije srca (*Cardiac compression index*-CCI) se određuje nakon merenja anteriorno-posteriornog i transverzalnog dijametra srca. Količnik predstavlja indeks kompresije srca. Za razliku od *Haller*-ovog indeksa, ovaj torakalni indeks nije zavisn od uzrasta pacijenata, ali je promenljiv ne samo u odnosu na fazu respiracije, već i u odnosu na fazu srčane akcije.[6,8]

Prema *Kim* i saradnicima [6], vrednosti ovog indeksa su zavisne od respiratorne faze u kojoj se vrši snimanje, tako da pri maksimalnom ekspirijumu rastu vrednosti ovog indeksa. Nakon operativne korekcije *pectus excavatum*-a dolazi do smanjenja vrednosti CCI. Najveći pritisak prednjeg zida grudnog koša se prenosi na desnu komoru srca, što može dovesti do smanjenja volumena desne komore, sistolne i dijasolne disfunkcije i prolapsa trikuspidalne valvule.[6,8]

U ličnoj komunikaciji sa uvažanim *dr Marcelo Martinez Ferro*-m iz Argentine, najavljena je upotreba i potpuno novog torakalnog indeksa koji bi se nazivao "*Titanic index*".

## 6. Terapija pektus ekskavatuma

### 6.1. Neoperativni tretman

U današnje vreme, neoperativno lečenje pektus ekskavatuma se primenjuje kod pacijenata sa blagim deformitetima grudnog koša, ukoliko nisu izražene funkcionalne tegobe i u situacijama kada pacijent odbija operativno lečenje. Rezultat ovog vida lečenja u velikoj meri zavisi od stepena deformiteta, uzrasta pacijenta i njegove motivacije i istrajnosti. Iako neoperativni tretman zbog svoje neinvazivnosti ima jasne prednosti u odnosu na operativni tretman, ipak ovaj način lečenja pektus ekskavatuma ima i značajna ograničenja, zbog čega je posebno značajna dobra selekcija i priprema ovih pacijenta.[104]

U neoperativni tretman svrstava se nekoliko različitih modaliteta lečenja, koji uključuju psihološku podršku i savetovanje pacijenata, fizikalni tretman i vežbe posture, primenu vakuum zvona, primenu raznih ortoza, a u poslednje vreme i Bio-Alcamid filera mekog tkiva.[104,105] U okviru konzervativnog lečenja opisuje se i primena silikonskih implantata koji strukturalno ne koriguju deformitet, ali menjaju spoljašnji izgled grudnog koša, te se smatra da značajno pomažu pacijentima sa izraženim psihološkim tegobama.[105] Ipak, ova metoda danas ima istorijski značaj i praktično je napuštena zbog loših rezultata. Sa druge strane, manja pažnja je posvećena regularnom praćenju rezultata ovih vidova lečenja u odnosu na standardne operativne procedure. Zato bi bila potrebna dodatna istraživanja i kliničko praćenje rezultata ovog načina lečenja.

Za neoperativni metod lečenja, posebno je značajan rad *Sydney A. Haje-a* iz Brazila. U svojim radovima iz 1979. i 1988. godine opisao je primenu aparata za dinamičku kompresiju grudnog koša (*Dynamic Chest Compressor -DCC*) u korekciji *pectus carinatum-a*. *Haje* takođe primenjuje DCC i u neoperativnoj korekciji *pectus excavatum-a*. [105] U rezultatima ovog vida lečenja, on posebno navodi da je u terapijskom smislu značajnija fleksibilnost grudnog koša od stepena njegovog deformiteta. Uz korišćenje ortoze prepisuju se i obavezne vežbe kako bi se povećao intra-torakalni pritisak, što uz lateralnu kompresiju dovodi do korekcije deformiteta. Autor navodi i da su komplikacije kod primene DCC retke, kao i da su najčešće povezane sa pojavom ospe u predelu direktne primene pritiska i prekomernom korekcijom deformiteta.[105]

Dinamički kompresor grudnog koša je beskoristan ukoliko nije pravilno napravljen, ukoliko se ne nosi svakodnevno i u trajanju od određenog broja sati, u zavisnosti od stepena deformiteta. Takođe, kao što je već napomenuto važno je da se pored nošenja aparata redovno primenjuju i specijalne fizikalne vežbe. Za svakog selektiranog pacijenta, pravi se posebna

ortoza, a prema gipsanom otisku deformiteta grudnog koša. Pored toga, neophodno je dati i odgovarajuća medicinska uputstva u cilju pravilnog lečenja. Od izuzetnog značaja za uspešno lečenje je kontinuirano medicinsko praćenje, uz formiranje foto-dokumentacije, kao i pravovremeno i adekvatno reagovanje u slučaju komplikacija.[105]

#### 6.1.1. Fizikalni tretman

Kod pacijenata sa blagim i srednje teškim deformitetom grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a u okviru indikovanog neoperativnog lečenja često se spominje fizikalna terapija. Terapijski efekat ovog načina lečenja prvenstveno zavisi od vrste i stepena deformiteta, uzrasta pacijenta, kao i njegove motivacije. Fizikalni tretman u lečenju *pectus excavatum*-a primarno podrazumeva kardio-pulmonalnu i ortopedsku fizikalnu terapiju. Važno je napomenuti da dosadašnja ispitivanja su pokazala da postoji značajna negativna korelacija između ugla torakalne kifoze sa jedne i inspiratornog kapaciteta, vitalnog kapaciteta i lateralne ekspanzije grudnog koša sa druge strane. Takođe, rezistencija disajnih puteva u velikoj meri uslovljena je posturom pacijenta.[106] Kardio-pulmonalna i ortopedska fizikalna terapija imaju značajnu ulogu u poboljšanju kvaliteta života pacijenata sa pektus ekskavatumom, bez obzira da li je ona osnovni način lečenja ili samo uvod u operativno lečenje.[106] U fizikalnom tretmanu pacijenata sa *pectus excavatum*-om koristi se individualan pristup pacijentima uz adekvatan odabir vežbi. Osnovni principi u dizajniranju vežbi se zasnivaju na poznatim činjenicama o pripojima mišića, pravcu pružanja mišićnih vlakana, funkciji mišića, kao i biomehanici disanja.[106,107]

Fizikalni tretman obuhvata vežbe disanja, aerobne vežbe, vežbe istezanja i vežbe snage. Vežbe disanja i aerobne vežbe se izvode u tačno određenim vremenskim intervalima, sa određenom frekvencom vežbi. Cilj fizikalnog lečenja se postiže povećanim brojem ponavljanja i dužinom trajanja vežbi, a u okviru klinički bezbednih vrednosti srčane frekvence. Tokom vežbanja kontinuirano se prati i pojava dispneje, odnosno njen intenzitet. Vežbe disanja podrazumevaju dijafragmalne vežbe i vežbe lateralne rebarne ekspanzije. Zadržavanje daha, kao i pozicioniranje pacijenta sa osloncem na obe ruke i noge tokom istezanja i vežbanja, koristi se u svrhu povećanja ekspanzije grudnog koša. Tokom izvođenja vežbi snage i istezanja takođe se prate vrednosti pulsa.[106,107]

Željeni rezultat fizikalnog tretmana *pectus excavatum*-a je povećanje pokretljivosti kičmenog stuba i grudnog koša, produženje i opuštanje skraćenih i zategnutih struktura, koje inače pogoršavaju deformitet. Zatim, jačanje mišića koji pomažu u elevaciji sternuma i

ekspanziji grudnog koša u celini. Konačno i ne manje važno je uspostavljanje što je moguće pravilnije posture pacijenta.[106,107]

Klinički je evidentno da kod izvesnog broja pacijenata postoji benefit tokom sprovođenja fizikalne terapije, iako dugoročni efekat, kao i njene fiziološke prednosti još uvek nisu u potpunosti poznate.

Kada su u pitanju terapijske vežbe za poboljšanje PE deformiteta, glavno pitanje u tretiranju ovih pacijenata je kako podići „potopljeni“ prednji zid grudnog koša put napolje i napred. Za rešavanje ovog problema treba razmotriti funkciju inspiratorne muskulature, koja svojom akcijom pomaže u povlačenju zida grudnog koša. Ovo uključuje prvenstveno *m. scalenus anterior*, *m. scalenus medius* i *m. sternocleidomastoideus*. *M. serratus anterior* i *m. pectoralis minor* takođe učestvuju tokom forsiranog inspirijuma. Interkostalni mišići doprinose elevaciji zida grudnog koša, samo kada su prva rebra fiksirana i elevirana. Međutim, svi ovi pomenuti mišići svojom akcijom ne mogu direktno delovati na donji deo sternuma i „potopljena“ rebra kod PE deformiteta. Prema tome, njihov efekat je ograničen i usmeren prvenstveno na gornji deo zida grudnog koša. Sa druge strane, ukoliko se istovremeno aktiviraju i gornji ekstremiteti kojima se pacijent podupire (na primer naslanjajući se na sto ili stolicu), grudna insercija *m. pectoralis maior*-a može da pomogne u procesu elevacije distalnih partija prednjeg zida grudnog koša. Muskulus pektoralis major se nalazi na gornjem i prednjem delu grudnog koša. Širok je, pljosnat i lepezastog oblika. Polazi sa unutrašnje polovine prednje ivice ključne kosti (*pars clavicularis*), sa prednje strane grudne kosti, od rebarnih hrskavica prvih šest ili sedam rebara (*pars sternocostalis*) i sa prednjeg zida aponeuroze *m. obliquus externus abdominis* (*pars abdominalis*). Ukoliko je insercija mišića u predelu ruke fiksirana u položaju nagore, svi ovi pripoji, pogotovo poslednja četiri mogu direktno i prisilno povući donji deo grudne kosti sa pripadajućim rebrima tokom kontrakcije mišića. Primenjuje se takozvani koncept "obrnutog porekla i insercije" ovog mišića. Pravac vuče iz zategnutog položaja ruke duž sternokostalnih vlakana *m. pectoralis maior*-a, deluje krajnje efikasno na deformitet (depresiju) prednjeg zida grudnog koša.[106]

Znači, *m. pectoralis maior* je tako pozicioniran da prilikom njegove akcije aktiviraju se mišićna vlakna srednje dužine i na taj način se snažno povlači prednji zid grudnog koša. Upravo na ovoj karakteristici se i zasniva fizikalni tretman kod deformiteta prednjeg zida grudnog koša. Prilikom sprovođenja ovih vežbi, sa porastom tonusa i mišićne snage ovog mišića, deformitet prednjeg zida grudnog koša biva ili umanjen ili bar nema uobičajenu tendenciju pogoršanja. Pored toga, povećanje intenziteta treninga može da doprinese

povećanju mišićne mase i sveukupnom poboljšanju estetskog izgleda pacijenta i njegovog deformiteta.[106]

U toku svakodnevnog programa vežbi, a u cilju poboljšanja izgleda prednjeg zida grudnog koša, pacijent treba da prati sledeće korake: 1. povećanje mobilnosti i fleksibilnosti kičmenog stuba i grudnog koša, 2. izduživanje i zatezanje skraćenih mišićnih struktura, 3. jačanje mišića koji vrše eleviranje depresije zida grudnog koša, kao i 4. vraćanje (ponovno postizanje) normalne posture. Prva dva koraka se postižu mobilisanjem zglobova i izduživanjem mekih tkiva zida grudnog koša. Na taj način se smanjuje impedanca tokom elevacije depresije grudnog koša. Vežbe u prva dva koraka mogu, istovremeno, poslužiti i kao zagrevanje mišićno-skeletnog aparata i za njegovu pripremu za sledeće vežbe koje su jačeg intenziteta. Naredne vežbe će biti izvođene u cilju jačanja inspiratorne muskulature, koja je neophodna za elevaciju depresije zida grudnog koša. Aktivacija velikog pektoralnog mišića, posebno njegovih sternokostalnih vlakana, od izuzetnog je značaja. Sa boljom pokretljivošću zida grudnog koša i i povećanjem mišićnog tonusa pacijent će biti spreman i za savladavanje vežbi za posturalnu korekciju. U vežbe mobilizacije i istezanja prvenstveno spadaju: rotacija gornjeg dela trupa u stojećem položaju, fleksija gornjeg dela trupa u sedećem položaju, istezanje ruku napred u klečećem i/ili čučućem položaju, podizanje tegova u ležećem položaju na leđima i konačno istezanje trupa u ležećem položaju pri potrbušnom položaju.[106,107]

#### 6.1.2. Vakuum metoda

Iako je danas u svetu zlatni standard u tretmanu *pectus excavatum*-a minimalno invazivna *Nuss*-ova operativna procedura, kod pažljivo selektiranih pacijenata sa velikim uspehom može da se primeni konzervativni neoperativni tretman primenom vakuuma zvona. Rezultati ovog vida lečenja uslovljeni su prvenstveno uzrastom, tipom (simetrični, asimetrični) i stepenom deformiteta, kao i motivacijom pacijenta.[108] Vakuum zvono u terapiju pektus ekskavatum uvodi 1992. godine inženjer *Eckart Klobe*. Klobe je razvio specijalno dizajnirani uređaj, takozvano vakuum zvono, u želji da poboljša sopstveni deformitet a kako bi izbegao operativno lečenje. Nakon više od dve godine njegove primene došlo je do značajnog korigovanja deformiteta. Motivisan ovim uspehom, započeo je komercijalnu proizvodnju i pored nerazumevanja stručne javnosti. Ideja o upotrebi negativnog pritiska u lečenju ovog deformiteta datira još s početka dvadesetog veka i radova *Hans-a Spitzzy-a* i *Fritz-a Lange-a*. Oni su demonstrirali kratkotrajnu elevaciju depresije grudnog koša tokom aplikacije staklenog zvona. Kratkotrajno poboljšanje deformiteta bilo je praćeno promenama na koži uzrokovanim upotrebom neadekvatnog materijala.[109,110] Ova metoda uvodi se kao



standarna neoperativna procedura u lečenju *pectus excavatum*-a širom Evrope početkom dvadeset prvog veka.[108,109]

Vakuum zvono predstavlja silikonski prsten sa transparentnim prozorom, napravljenim od polikarbonata. U predelu prozora fiksiran je adapter kojim se povezuje balon za sukciju. Balon se koristi kako bi se evakuisao vazduh ispod zvona i stvorio negativan pritisak. Zvono se proizvodi u tri veličine od 19 do 26 cm: “malo” koje se koristi za decu do 8 godina, “srednje” za decu do 12 godina i “veliko” za decu stariju od 12 godina i odrasle. Prsten zvona koji ima oblik osmice, kreiran je za primenu kod devojčica u periodu razvoja dojki.[109,110]

Dejstvo vakuum aparata se ogleda u primeni negativnog pritiska, kojim se odiže sternum. Svakog pacijenta potrebno je obučiti za primenu aparata, odnosno pravilno postavljanje i primenu adekvatnog pritiska. Princip je da se koristi manje od 15% normalnog atmosferskog pritiska. Terapija se započinje primenom zvona dva do tri puta dnevno u trajanju od 20 do 30 minuta. Prosečna dužina lečenja je u trajanju od 10 do 24 meseca. Težina i stepen deformiteta određuju trajanje lečenja, te se uobičajeno lečenje sprovodi kod lakših deformiteta u periodu od 10 do 12 meseci, kod srednje teških od 12-15, a kod teških od 15 do 24 meseca. Prvi kontrolni pregledi se sprovode nakon nedelju i nakon mesec dana, a potom u periodima od tri meseca do završetka lečenja.[108,109] Inicijalno, po postavljanju vakuum zvona primenjuje se manji pritisak tokom prva tri minuta, kako bi se koža adaptirala na mehaničku iritaciju i kako bi se ligamenti rebarnih zglobova opustili. Nakon ovog perioda adaptacije, primenjuje se maksimalni negativni pritisak kako bi se postigao potpuni terapijski efekat.[109]

Primena aparata je retko praćena komplikacijama. Najčešće se opisuju blage promene u boji kože, petehijalno krvarenje, pojava hematoma, parestezije, nelagodnost i/ili bol u rukama i leđima. Ipak, većina pacijenta se žali samo na bol srednjeg intenziteta koji ne zahteva primenu analgetika.[108,109]

Kontraindikacije za ovaj terapijski modalitet predstavljaju oboljenja kostiju kao što je naprimer *osteogenesis imperfecta*, kongenitalna oboljenja vezivnog tkiva (*Marfan*-ov sindrom, *Ehlers-Danlos*-ov sindrom), kongenitalni poremećaji koagulacije, kardiološka oboljenja sa izraženim hemodinamskim poremećajima, malformacije velikih krvnih sudova grudnog koša i drugo.[108,109,110]

Može se reći da je primena vakuum zvona u neoperativnoj terapiji pektus ekskavatum-a svakako našla svoje mesto, kako za blage i srednje teške deformitete (simetrični i asimetrični), tako i kod kombinovanih deformiteta (*Pectus excavatum* i *Pectus carinatum*). Posebno među pacijentima koji žele da koriguju deformitet, ali odbijaju operativno lečenje. Takođe, u

preoperativnom tretmanu deformiteta kada se postizanjem preliminarnih pozitivnih rezultata olakšava planirani operativni postupak. Postoji indikacija i za intraoperativnu upotrebu vakuum aparata, kada se on primenjuje kao preventiva pretećim povredama velikih krvnih sudova i intratorakalnih organa. Mora se ipak istaći, da još uvek ne postoje studije koje pokazuju dugoročne rezultate nakon primene ove terapije i da se za donošenje definitivnih zaključaka moraju sačekati rezultati većih randomiziranih studija.[108,109]

### 6.1.3. *Magnetic Mini Mover* procedura

*Harrison* i saradnici predlažu novu, takozvanu “*Magnetic Mini Mover*” proceduru (3MP) za korekciju deformiteta grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a. Metoda podrazumeva primenu magnetne sile koja svojim delovanjem postepeno koriguje deformitet. 3MP procedura u svojoj osnovi ima generisanje dovoljne magnetne sile koja za rezultat ima postepeno remodeliranje deformiteta upotrebom dva magnetna. Jedan magnet se implantira u retrosternalni prostor, dok je drugi magnet sastavni deo spoljašnje proteze. Sukcesivna korekcija deformiteta se ostvaruje usled dejstva magnetne sile koja nastaje privlačenjem postavljenih magnetna. Prema poslednjim preporukama, upotrebu 3MP treba započeti tokom prve godine puberteta, a preporučeni tretman je u trajanju od 12 do 24 meseca. Magnetni implant potencijalno može da se zadrži i nakon uklanjanja spoljašnje proteze, kako bi se mogla po potrebi nastaviti njegova intermitentna upotreba. Implant se definitivno uklanja po završetku rasta grudnog koša. Terapijski odgovor je direktno povezan sa komplijansom zida grudnog koša, a koja uobičajeno korelira sa skeletnom zrelošću pacijenta. Kao što je dobro poznato da se deformitet grudnog koša pogoršava u periodima intenzivnog rasta pacijenta, za očekivati je da se i u istim periodima najviše može uticati na korekciju deformisanih hrskavica i grudne kosti. U periodu kasnog puberteta, odnosno po završetku puberteta, kada dolazi do osifikacije deformisane hrskavice, jasno je da grudni koš postaje rigidniji na terapijski efekat “*Magnetic Mini Mover*” procedure. Takođe, *Harrison* je ukazao i na činjenicu da je u terapijskom efektu 3MP procedure izuzetno značajan faktor i adekvatna selekcija pacijenata. Tako se i pokazalo da je primena ovog modaliteta lečenja imala značajno lošije rezultate kod pacijenata sa asimetričnim deformitetom grudnog koša.[29,111,112]

## 6.2. Kriterijumi za operativno lečenje

Aktuelni trenutak u tretmanu pektus ekskavatuma karakteriše stav da je veći deo stručne javnosti saglasan da pacijentima i njihovim roditeljima treba predložiti operativno lečenje ukoliko su ispunjena najmanje dva od sledećih kriterijuma:

- 1) Posledice kompresivnog efekta: ukoliko se na osnovu standardne radiografije, kompjuterizovane tomografije, magnetne rezonance ili optičkog snimanja dobiju vrednosti *Haller*-ovog indeksa iznad graničnih vrednosti od 3,25; ukoliko postoji simptomatologija ili je prethodnim ispitivanjima dokazana plućna i/ili kardijalna kompresija;
- 2) Ukoliko se plućnim funkcionalnim testovima dokazuje restriktivna ili obstruktivna plućna bolest;
- 3) Kardiološka evaluacija: srčana kompresija, njegovo značajno pomeranje, konduktivne anomalije i/ili prolaps valvule mitralis;
- 4) Posturalni poremećaji uz fizičku netoleranciju, smanjenu izdržljivost, otežano disanje pri vežbanju;
- 5) Recidiv: nakon otvorenog hirurškog ili minimalno invazivnog načina rešavanja deformiteta.[36,113]

## 6.3. Hirurško lečenje

Operativno rešavanje deformiteta se sprovodi primarno iz medicinskih razloga. Rešavanje deformiteta ima za prvenstveni cilj njegovu korekciju uz značajno psihičko, posturalno, kardijalno i pulmonalno poboljšanje. Operativno lečenje se retko primenjuje kod dece mlađe od 8 godina.

Operacije se izvode u opštoj anesteziji, a ponekad se u tretmanu postoperativnog bola upotrebljava i epiduralni kateter. Otvorene operativne metode, standardno sadrže osteotomiju sternuma i rebara, resekciju rebara i rebarne hrskavice, uz elevaciju sternuma i njegovu stabilizaciju u željenom položaju različitim metodama i sredstvima. Rezultate karakteriše visok procenat recidiva, čak i do 10-15%, uz subjektivnu satisfakciju pacijenata prosečno od 70%.

Od brojnih hirurških načina rešavanja pectus excavatuma u sadašnjem vremenu posebno se izdvajaju *Ravich*-ova otvorena i *Nuss*-ova minimalno invazivna procedura.[3,36,113]

### 6.3.1. *Ravitch*-ova operacija

Najveći doprinos u uspostavljanju hirurškog načina lečenja i njegove uspešnosti dao je *Mark Ravitch* pedesetih godina prošlog veka. Njegova metoda je obuhvatala osteotomiju grudne kosti, resekciju rebara i rebarnih hrskavica, elevaciju sternuma i stabilizaciju osteosintetskim materijalom u željenom položaju.[114,115] Zahvaljujući dobrim rezultatima, ova hirurška metoda je imala primat i pored njene složenosti i brojnih komplikacija.

Ideja *Ravitch*-ovog operativnog postupka je zasnovana na verovanju da je deformitet uzrokovan intenzivnijim rastom rebarne hrskavice u odnosu na rast same grudne kosti. Operativni postupak se sastoji iz tri glavna elementa korekcije: 1) resekcija rebarne hrskavice, 2) transversalna resekcija same grudne kosti (kako bi se mogla napraviti njena repozicija) i 3) sternalna fiksacija.[3,36]

Operacija započinje srednjom uzdužnom ili transversalnom inframamarnom incizijom (postiže se bolji kozmetički rezultat, posebno kod ženskog pola). Zatim, vrši se mobilizacija pektoralnih mišića lateralno do kosto-hondralnog spoja i ekspozicija rebarne hrskavice. Najčešće se radi od treće do sedme, a ponekad je obuhvaćena i druga rebarna hrskavica. Svaka rebarna hrskavica koja ulazi u deformitet se resekira i delimično ili u celosti odstranjuje uz pokušaj sačuvanja perihondrijuma. Deo prema sternumu se preseče uz posebnu pažnju zbog rizika povrede *a. mammariae internae*. Radi očuvanja rasta rebara neophodno je sačuvati najmanje 1-1,5 cm rebarne hrskavice na samom kosto-hondralnom spoju. Tokom izvođenja ovog dela procedure ksifoid se odvaja od sternuma. Sledi osteotomija samog sternuma u predelu najizraženije depresije, odnosno vrha deformiteta. Posle toga, sternum se pozicionira prema stepenu željene korekcije, a samo mesto osteotomije se zatvara suturama ili postavljanjem metalne pločice i šrafova. Fiksacija korigovanog sternuma se postiže i retrosternalnim postavljanjem *Kirschner*-ovih igala ili metalne ploče (*bar*), kada se vrši i njeno dodatno fiksiranje za odgovarajuća rebra. Sledi rekonstrukcija pektoralnih mišića njihovim spajanjem u srednjoj liniji, uz eventualnu retrosternalnu i pleuralnu drenažu, kao i rekonstrukcija operativne rane po slojevima.[36]

*Ravitch*-ov metod hirurškog lečenja, kao i *Nuss*-ova minimalno invazivna procedura, daju odlične rezultate u smislu korekcije deformiteta i uz visok stepen zadovoljstva pacijenata. Ipak, ovu tehniku karakteriše produženo trajanje operacije, veći gubitak krvi, a i pored manjeg intenziteta postoperativnog bola, ponekad je potrebna kontinuirana analgezija primenom epiduralnog katetera. Oporavak je brži, kao i vraćanje svakodnevnim aktivnostima, a period za uklanjanje fiksacionog i stabilizirajućeg materijala je kraći kod poređenja sa Nusovom metodom.[113]

Smatra se da je *Ravitch*-ova procedura indikovana za operativno lečenje *pectus carinatum*-a, teških kombinovanih *excavatum/carinatum* deformiteta, *Poland*-ovog sindroma i kod pacijenata kod kojih je završen koštani rast.[36]

Kao najčešće komplikacije ovog načina hirurškog lečenja, koje su inače karakteristične i za *Nuss*-ov minimalno invazivni metod, obično se navode: pomeranje pektus bara, alergijske reakcije na implant, pomeranje ili pucanje drugog fiksacionog materijala i/ili stabilizatora, razvoj pneumotoraksa i/ili hematotoraksa, perikarditisa, perikardijalnih efuzija sa tamponadom, *Horner*-ovog sindroma, infekcije rane, razvoj apscesa, kožne promene, pneumonije, atelektaze i pleuralne efuzije.[36,113,116]

U rane komplikacije *Ravitch*-ove operacije uobičajeno se svrstavaju pojava seroma ili hematoma u rani, infekcija rane, razvoj pneumotoraksa i/ili pleuralne efuzije. Pacijenti sa pneumotoraksom zahtevaju praćenje do normalizacije plućne funkcije. Hipetrofični ožiljci u predelu prednjeg zida grudnog koša se takođe ubrajaju u postoperativne komplikacije. Adekvatna hirurška tehnika, kao i postoperativni tretman ožiljaka, smanjuju procenat ove komplikacije.[36]

U specifične komplikacije takođe se ubrajaju i „plivajući sternum“, gde je koštani deo resecirane grudne kosti u kontaktu sa koštanim strukturama grudnog koša samo svojom gornjom ivicom, kao i migracija substernalnog fiksacionog materijala. Posebno se izdvaja i *Jeune*-ovo oboljenje (stečeni asfiktčni torakalni hondro-distrofični sindrom), stanje koje nastaje kao posledica suviše ekstenzivne resekcije rebarnih hrskavica, kao i „plivajući sternum“, a koje dovodi do sledstvenog poremećaja rasta i razvoja grudnog koša. Što su operisani pacijenti mlađeg uzrasta, rizik za nastanak ove komplikacije je veći. Inače, urođeno *Jeune*-ovo oboljenje je otkriveno 1955. godine i karakteriše ga tipična skeletna displazija, kao što su suženi toraks i mikromelija, uz respiratorne i renalne manifestacije.[36]

Recidiv deformiteta se javlja kod 5% operisanih pacijenata, posebno kod pacijenata kod kojih nije bila postavljena privremena interna fiksacija. Pacijenti sa *Marfan*-ovim sindrom imaju visok rizik razvoja recidiva i kod njih se mora planirati dugotrajna interna fiksacija.[36,113]

### 6.3.2. Minimalno invazivna grudna hirurgija

Izuzetan napredak u tehnologiji, pre svega u vidu primene kamera visoke rezolucije, specijalno kreiranih instrumenata, gde treba istaći posebno instrumente za hemostazu kao što su sofisticirani termokauteri, ultrazvučne makaze, "ligašur", kao i mnogi drugi, omogućili su i olakšali primenu torakoskopske hirurgije kako kod odraslih pacijenata tako i kod dece.

Torakoskopija se prvi put spominje 1910. godine. *Rodgers* je 1970. godine prvi put opisao upotrebu torakoskopa kod pacijenata dečjeg uzrasta. Poslednje decenije prošlog veka torakoskopija je u potpunosti prihvaćena, pre svega u tretmanu empijema i promena u medijastinumu. Značajna pitanja koja su se pri tome pojavila odnosila su se pre svega na primenu minimalno invazivne torakalne hirurgije, a u vezi sa anestezijom, radnim prostorom i kontrolom vaskularnih struktura. Optimalna anestezija za takozvanu videoasistiranu torakoskopiju (VATS) podrazumevala je ventilaciju jednog plućnog krila, što se postizalo na više načina. Neki anesteziolozi su preferirali selektivnu opstrukciju primarnog bronha zahvaćenog plućnog krila, pre svega radi prevencije diseminacije patološkog procesa u traheju i/ili kontralateralno plućno krilo. Drugi način je bio jednostavna insuflacija CO<sub>2</sub> u grudni koš (sugerisani pritisak je iznosio 4-8 mmHg), čime je omogućena kontinuirana ventilacija, kao i adekvatna vizuelizacija u predelu zahvaćenog plućnog krila. Primena dvolumenskog endotrahealnog tubusa u dečjem uzrastu je ograničena, jer su ovi tubusi često preveliki za manju decu. Opisane su još neke metode opstrukcije bronha kao što su naprimer primena *Fogarty*-jevog katetera, koje su isto omogućile primenu minimalno invazivne hirurgije i u dečjem uzrastu.[36,113,117,118,119]

Pleuralne efuzije predstavljaju nakupljanje tečnog sadržaja u pleuralnom prostoru. Mogu se javiti u sklopu pneumonije, traume, maligniteta, tuberkuloze, imunodeficijencije, malnutricije i kod mnogih drugih stanja. Empijem pleure predstavlja nakupljanje gnojnog sadržaja u pleuralnom prostoru. Efuzije se dešavaju kod oko 40% pneumonija, dok se oko 60% efuzija mogu ispoljiti kao empijem. Američko udruženje torakalnih hirurga je još 1962. godine opisalo tri stadijuma empijema. Prva ili eksudativna faza počinje stvaranjem bistrih efuzija, iz kojih se obično ne mogu izolovati mikroorganizmi. Prilikom drenaže dolazi do potpune reekspanzije plućnog parenhima. Ova faza obično traje od 24 h do 72 h i prelazi u fibrinozo-purulentni stadijum, koji se karakteriše stvaranjem fibrina uz prisustvo brojnih polimorfonuklearnih leukocita u izlivu. Dolazi do formiranja pleuralnih lokulacija zbog kojih je drenaža značajno otežana, a plućna funkcija oslabljena. Ova faza uobičajeno traje 7-10 dana i najčešće progredira u poslednju fazu, gde dolazi do formiranja zadebljale, rigidne kore koja obuhvata plućni parenhim i onemogućava njegovu funkciju, prvenstveno re-ekspanziju. Navedena faza se uobičajeno naziva hroničnom fazom, koja najčešće traje od 2 do 4 nedelje. Standardno lečenje empijema podrazumeva primenu snažnih antibiotika, hiruršku drenažu grudnog koša, a u poslednje vreme i intratorakalnu instilaciju fibrinolitičkih sredstava (streptokinaza, urokinaza). Kada se analizira uloga video-asistirane torakoskopije u lečenju empijema pleure onda se najčešće ističe primarno evakuacija purulentnog sadržaja sa

bakteriološkim pregledom uzorka, dekortikacija pluća sa ablacijom fibrinozo-purulentnih septi, irigacija i drenaža uz direktnu vizuelizaciju. Poseban doprinos lečenju se sastoji i u magnifikaciji, čime se preciznost i sigurnost lečenja podižu na viši nivo. Brojne randomizirane studije su pokazale da je primena VATS-a u mnogome ubrzala i poboljšala tok i ishod lečenja empijema kod dece, čak i u odnosu na primenu fibrinolitičkih sredstava.[113,117,118,119]

Pneumotoraks predstavlja nakupljanje vazduha u pleuralnom prostoru, što sekundarno dovodi do kolapsa plućnog parenhima. Uobičajena je klinička podela na spontani, traumatski i jatrogeni. Spontani pneumotoraks se klasifikuje i kao primarni (bez prethodnog patološkog supstrata na plućnom parenhimu) i sekundarni (najčešće kao posledica astme, cistične fibroze i drugog). Primarni spontani pneumotoraks tipično nastaje kao posledica ruptуре apikalno i subpleuralno pozicioniranih bula i pneumatocela. Postoje brojne teorije o mogućem nastanku bula i pneumatocela. Tako se opisuje da nakon ruptуре alveola dolazi do nagomilavanja vazduha u intersticijumu pluća. Zatim kao mogući razlog navodi se prethodno postojanje post-inflamatornih cista uz čiji ubrzani rast je moguća i posledična apikalna ishemija. Tipično, apikalne bule se javljaju kod visokih, mršavih tinejdžera. Iznenađna pojava bola u grudnom košu, uz otežano disanje i kašalj su najčešći simptomi, koji su uz klinički pregled i radiografiju obično dovoljni za postavljanje dijagnoze spontanog pneumotoraksa. [36,113,117,118,119]

Osnovni pricip u lečenju pneumotoraksa je evakuacija vazduha iz pleuralnog prostora radi omogućavanja potpune reekspanzije pluća. Standardna tehnika je torakocenteza sa drenažom grudnog koša. Druge terapijske mogućnosti su hemijska i/ili mehanička pleurodeza, resekcija bula i pleurektomija. Sve ove procedure se sprovode uz prethodnu torakoskopiju ili torakotomiju. Pored mogućnosti njihove primarne primene, one se mogu izvoditi i u situacijama kada prethodno izvedena drenaža grudnog koša nije dala očekivajuće rezultate ili u slučaju recidiva pneumotoraksa. Usled ukupnog napretka medicine, a i posebnog razvitka na polju endoskopije, VATS je zauzeo primat u rešavanju ovog oboljenja. Na taj način se značajno skratila dužina hospitalizacije pacijenata sa pneumotoraksom, racionalizovala postoperativna terapija bola i posebno poboljšala postoperativna plućna funkcija u poređenju sa klasičnom otvorenom torakotomijom. U najvećem broju video-asistiranih procedura u grudnom košu koriste se troakari od 3 i 5 mm. Najčešće se prvi troakar plasira u srednjoj aksilarnoj liniji u šestom međurebarnom prostoru. Drugi i/ili treći troakar se plasiraju u prednjoj ili zadnjoj aksilarnoj liniji u različitim međurebarnim prostorima poštujući pravila trougla i ergonomije. Ukoliko je tokom izvođenja procedure potreban stapler, endobeg, kao i

neki drugi specijalno kreirani instrumenti, koriste se i troakari od 10, 12 i 15 mm. Operativni zahvat se obično završava tako što se najniže pozicionirani port iskoristi za plasiranje drena, takođe pod stalnom kontrolom torakoskopa.[36,113,117,118,119]

VATS je stekla veliku popularnost kod uzimanja uzoraka primarnih i sekundarnih infiltracija i promena u plućnom parenhimu, medijastinumu i pleuri. Ipak, posebno se izdvaja doprinos u rešavanju atrezije ezofagusa. Atrezija jednjaka je za dečjeg hirurga oduvek bila veliki izazov, ne samo zbog same atrezije već i zbog njenih posledica, poput poremećaja motiliteta jednjaka i traheomalacije, kao i brojnih udruženih anomalija. Klasični hirurški pristup za rešavanje ove kompleksne anomalije je posterolateralna torakotomija. Za novorođenče, uzrast kada se inače uobičajeno rešava ova anomalija, ovo je veoma invazivna procedura, koja sa sobom nosi brojne posledice kao što su nastanak postoperativnog deformiteta grudnog koša, postoperativne skolioze i drugo. Primenom minimalno invazivne hirurgije procenat ovih posledica je značajno smanjen. Prilikom izvođenja torakoskopske procedure pacijent se postavi u bočni levi položaj. Prvi port se pozicionira ispod vrha skapule u srednjoj aksilarnoj liniji i koristi za postavljanje torakoskopa. Dva porta (od 3 ili 5mm) se plasiraju na udaljenosti od 2 cm, formirajući trougao sa prethodno kreiranim portom torakoskopa. Nakon insuflacije CO<sub>2</sub> i formiranja pneumotoraksa od 4-6 mmHg, identifikuju se vena azigos, traheo-ezofagealna fistula, traheja i n. *vagus*. Fistula se resekira, nakon što se porethodno ligira ili se njeni krajevi pažljivo suturiraju. Proksimalni i distalni kraj jednjaka se ispreparišu, zatim se kreira njihova anastomoza uz obično intrakorporalno suturiranje. Kao rane postoperativne komplikacije najčešće se navode pojava stenozе, popuštanje anastomoze i recidiv fistule. Među kasne postoperativne komplikacije svrstavaju se pojava postoperativne stenozе jednjaka, razvoj gastro-ezofagealnog refluksa i traheomalacije.[118,119]

Kongenitalna dijafragmalna hernija predstavlja entitet koji nastaje ukoliko izostane zatvaranje pleuro-peritonealnog kanala. Uobičajeno se klinički ispoljava u ranom neonatalnom periodu kao respiratorni distress sindrom. Kod 5-10% slučajeva se ispoljava u kasnijem životnom dobu, simptomima od strane respiratornog ili digestivnog trakta. Prvi opis laparoskopske operacije dijafragmalne hernije datira iz 1996. godine, kod odojčeta uzrasta 6 meseci. Minimalno invazivna hirurgija kod dijafragmalne hernije se u početku primenjivala samo u slučajevima kasnijeg ispoljavanja anomalije. Postoje brojne diskusije u vezi sa prednostima i rizicima od ove vrste hirurgije, kao i zbog primene laparoskopije ili torakoskopije u rešavanju ovog problema. Prilikom torakoskopije, nakon repozicije organa, prostor za plastiku dijafragme je značajno veći u odnosu na laparoskopski pristup. Ipak, u slučaju postojanja inkarceracije crevnih vijuga bolje je krenuti sa laparoskopijom da bi se



smanjio sadržaj u hernijskoj vreći, odnosno pregledale crevne vijuge. Potom se prelazi na torakoskopski pristup, pri čemu se hirurški zbrine dijafragma. U okviru preoperativne pripreme, izuzetno je važna hemodinamska stabilnost. Iz tih razloga uobičajeno se odlaže hirurgija neposredno nakon rođenja deteta sa dijafragmalnom hernijom. Plućna hipertenzija koja ne odgovara na medikamentoznu terapiju, respiratorni distres i hemodinamska nestabilnost smatraju se kontraindikacijama za izvođenje torakoskopije. U tim slučajevima bi trebalo razmatrati mogućnost otvorene hirurgije. Osim toga, desno-levi kardijalni šant, intrakranijalna hipertenzija i izrazita nedonesenost novorođenčeta, takođe predstavljaju kontraindikaciju za primenu minimalno invazivne hirurgije. Pacijent se pozicionira u bočni položaj, a nazogastrična sonda se plasira pre započinjanja hirurškog zahvata. Hirurški tim je smešten ispred pacijenta: operater kod glave, "kameraman" u sredini, a instrumentarka kod nogu. Hirurg, dijafragma i kamera bi trebalo da su u istoj liniji. Početak procedure se sastoji u repoziciji abdominalnih organa u trbušnu duplju. Prvo se vraćaju želudac, kolon, tanko crevo, pa potom slezina. Repozicija slezine može biti otežana i zahteva posebno minuciozan rad. Ukoliko postoji hernijska vreća, ona se obično ekscidira. Defekt na dijafragmi se zatvara pojedinačnim neresorptivnim šavovima. Ponekad je neophodna i primena protetskog materijala (*patch*), koji se takođe fiksira pojedinačnim neresorptivnim suturama. U postoperativnom toku se najveći akcenat stavlja na kontrolu bola, radi omogućavanja spontane ventilacije. Postoperativni oporavak primarno zavisi od stepena pulmonalne hipoplazije i plućne hipertenzije.[113,117,118,119]

Hiperhidroza je poremećaj kojeg karakteriše prekomerno znojenje, koje u značajnoj meri utiče na kvalitet života. Primarna ili esencijalna hiperhidroza predstavlja prekomerno lučenje znojnih žlezda u odsustvu bilo kakvog stimulansa znojenja. Sekundarna hiperhidroza nastaje kao rezultat različitih stimulusa, poput infekcije, maligniteta, uznemirenosti, medikamenata, neuroloških ili endokrinih poremećaja. Primarna hiperhidroza može biti generalizovana ili fokalna (aksilarna, palmarna, plantarna, kraniofacijalna), a mogu je pogoršavati toplota, emocije ili začinjena hrana. Incidenca primarne hiperhidroze iznosi od 0,6 do 1% celokupne populacije, a aksilarna hiperhidroza je zastupljena kod oko polovine slučajeva hiperhidroze. Video-asistirana simpatektomija najčešće drugog i trećeg simpatičnog ganglionu uobičajeno dovodi do kompletnog rešavanja ovog neprijatnog problema. Kompenzatorno znojenje, prvenstveno leđa, najčešća je komplikacija, iako se ne mogu isključiti ni druge komplikacije koje prate torakoskopiju.[118,119]

Video-asistirana torakoskopska timektomija se primenjuje u lečenju mijastenije gravis ili tumora u predelu timusa. Obezbeđuje se smanjenje postoperativnog bola, brži oporavak i

svakako bolji estetski rezultat. Pacijent se obično postavlja u levi bočni položaj. U literaturi su objavljeni slučajevi sa cervikalnim pristupom, kao i sa leve strane grudnog koša. Neophodna je insuflacija CO<sub>2</sub> do vrednosti 5 mmHg. U petom međurebarnom prostoru, u zadnjoj aksilarnoj liniji, plasira se port za torakoskop. Preostala dva radna porta se postavljaju u treći interkostalni prostor u srednjoj aksilarnoj liniji i peti interkostalni prostor u prednjoj aksilarnoj liniji. Inicijalno se načini detaljna torakoskopska eksploracija sa posebnim pregledom medijastinuma. Sledi incizija medijastinalne pleure, identifikuje se potom donji rog timusa i započinje njegovo preparisanje. Nakon što se u potpunosti isprepariše, ligiraju se pripadajući krvni sudovi ili se zbrinu ultrazvučnim makazama. Timus se odstranjuje pomoću *endobag*-a i detaljno makroskopski pregleda po vađenju iz grudnog koša. Potom se torakoskopom detaljno pregleda ležište žlezde, radi verifikacije hemostaze i/ili eventualno zaostalog tkiva. Operacija se završava plasiranjem torakalnog drena i rekonstrukcijom operativnih rana.[113,118,119]

### 6.3.3. *Nuss*-ova procedura

Pektus ekskavatum predstavlja depresiju, ulegnuće sternuma i rebarnih hrskavica. Može se ispoljiti odmah po rođenju ili za vreme intenzivnog rasta u tinejdžerskom periodu. Simptomi poput gubitka snage, daha ili bola u grudima su česti, iako su pacijenti po pravilu naizgled zdravi. Uobičajene indikacije za operativno lečenje: težak deformitet sa pratećim kliničkim simptomima, progresija deformiteta, paradoksalna respiratorna pomeranja zida grudnog koša, pektus indeks (*Haller*-ov indeks) na CT-u grudnog koša veći od 3,25, kompresija ili pomeranje srca, plućna kompresija, restriktivna plućna bolest, prolaps mitralne valvule ili druga srčana patologija nastala usled kompresije srca. Idealno vreme za operativno lečenje je neposredno pred pubertet, jer je grudni koš u to vreme još uvek veoma elastičan. U periodu intenzivnog rasta sprečava se produbljivanje deformiteta, a vreme oporavka od operacije je kraće, dok je incidenca recidiva značajno manja.[113,116,117]

Novi period u terapijskom smislu rešavanja deformiteta pektus ekskavatum je karakterisan uvođenjem minimalno invazivne hirurgije u ovu oblast. *Donald Nuss* je krajem devedesetih godina prošlog veka započeo primenu hirurške metode koja je po njemu i dobila ime.[120] Pozicija pacijenta je na leđima sa rukama u abdukciji od 70 stepeni. *Nuss*-ova operacija u sebi sadrži torakoskopsku kontrolu prilikom izvođenja korekcije deformiteta. Osnovni princip metode je korišćenje elastičnosti koštano-hrskavičavih struktura u dečjem uzrastu. Kroz dva bočna reza (horizontalno ili vertikalno postavljena), dijametra od 2 do 4 centimetra, na bočnim zidovima grudnog koša i u visini najvećeg udubljenja deformiteta, uvodi se specijalno kreirani instrument (introdjuser) za pravljenje retrosternalnog tunela.

Potom sledi plasiranje modelirane metalne ploče (*pectus bar*) u navedeni tunel, a njenim okretanjem postiže se potpuno ispravljanje deformiteta već na operativnom stolu. Kao što je napomenuto, torakoskopija predstavlja sastavni deo ove procedure i većina hirurga postavlja torakoskop (kameru) sa pacijentove desne strane, obično ispod mesta incizije. Neophodno je tokom operacije u potpunosti vizuelno ispratiti svaki deo operacije. Za moguću leziju intratorakalnih organa i struktura su naročito kritični trenuci prolaska intodjusera tokom tunelizacije medijastinuma i prilikom definitivnog postavljanja i okretanja metalnog bara. Prilikom operacije insuflira se CO<sub>2</sub> u vrednosti od 5 mmHg, što obično predstavlja dovoljan arteficialni pneumotoraks za kolaps plućnog parenhima i omogućava hirurški rad. Nakon plasiranja bara i postavljanja metalnog stabilizatora, sledi njihovo fiksiranje za susedna rebra pojedinačnim suturama i primenom metalne žice. Kod starijih pacijenata, pacijenata sa *Marfan*-ovim sindromom i onih koji imaju veoma dugačke i široke depresije grudnog koša, često je neophodno plasiranje dva pektus bara. Principi operacije su u potpunosti identični, ali je potrebna znatno veća tehnička sposobnost prilikom izvođenja operacije.[113,116,117,120]

Postoperativno pacijenti se smeštaju u jedinicu intenzivne nege i terapije. Pored antibiotske terapije (profilaksa), neophodna je i dobra analgezija, koja će pre svega omogućiti adekvatno disanje. Pacijenti se obično premeštaju na odeljenje drugog-trećeg postoperativnog dana, a povratak redovnom životu i uobičajenim aktivnostima je za nekoliko nedelja. Vađenje pektus bara se planira za period od 2-4 godine, prvenstveno u zavisnosti od težine deformiteta i uzrasta pacijenta.[113,116,117,120]

Glavne prednosti ovog hirurškog metoda se manifestuju u odličnim postoperativnim rezultatima, gde se posebno ističe estetska komponenta. Umesto klasičnih submamarnih ili vertikalnih sternalnih ožiljaka, kao rezultat ovih operacija uočavaju se jedva vidljivi bočni ožiljci. Takođe, prednosti ove hirurške procedure su smanjenja postoperativna analgezija, smanjena nadoknada krvi, kraće vreme hospitalizacije, brži oporavak i vraćanje svakodnevnim aktivnostima. [113,116,117,120]

Pored mnogih pobrojanih prednosti koje ova metoda ima, poznate su i određeni nedostaci. Uz povećanje troškova lečenja, prvenstveno iz razloga primene specijalno kreiranih instrumenata, potom produženog vremena trajanja operacije (posebno u periodu takozvane krive učenja), uočava se i veća učestalost ozbiljnih komplikacija, kao što su na primer povrede intratorakalnih struktura i organa. Ove komplikacije su naročito izražene prilikom lečenja teških i asimetričnih deformiteta.[121]

U rane i kasne postoperativne komplikacije najčešće se svrstavaju razvoj pneumotoraksa, krvarenje, pomeranje pektus bara, infekcije rane, pneumonije, pleuralne i perikardijalne

efuzije, povrede intratorakalnih organa i struktura, gde se posebno izdvajaju perforacije srca, povrede velikih krvnih sudova i lezije plućnog parenhima. Retko se spominje i posebnost pacijenata nakon Nuss-ove operacije, koja se ogleda u teškom sprovođenju kardiopulmonalne reanimacije. Zato se često preporučuje da se i u zdravstvene knjižice ovih pacijenata uvede ovaj podatak radi blagovremene informisanosti.[121] U novijoj literaturi se obraća posebna pažnja na komplikacije Nusove procedure, te tako *Kelly* 2013. godine u seriji od 327 pacijenata registrovao je 17% komplikacija. Iste godine je *Sallon* u svojoj seriji od 127 pacijenata naveo učestalost komplikacija čak u 26% slučajeva.[113,117,122]

Nuss-ovim operativnim pristupom, uz minimalnu traumu pacijenta, postižu se optimalni terapijski rezultati u lečenju pektus ekskavatum. Uspešnost ovog hirurškog metoda se meri ne samo prihvatanjem od strane profesionalne nego i sveukupne javnosti, a pre svega samih pacijenata.[123,124]

#### 6.3.4. Druge operativne tehnike

*Willital*-ova tehnika se koristila kao standardna metoda za korekciju pektus ekskavatum, pektus karinatum i drugih kombinovanih formi protruziono-depresionih deformiteta grudnog koša. Metoda podrazumeva duplu bilateralnu hondrotomiju parasternalno i u predelu prelaska na normalna rebra, detorziju sternuma, retrosternalnu mobilizaciju, korekciju invertiranih rebara i stabilizaciju sternuma. Sternum se stabilizuje pomoću jednog trans-sternalnog, kao i dva bilateralna parasternalna metalna podupirača. Kod dečaka se incizija postavi u predelu središnje linije, dok je kod devojčica incizija submamarna (incizija zakrivljena prema gore u središnjem delu u nivou najdublje tačke sternalnog defekta). Koža, masno tkivo i pektoralni mišići se odižu kao jedan flap. Pektoralni mišić se oslobađa svoje insercije u predelu ivice sternuma i rebarnih hrskavica, kako bi se u potpunosti prikazao deformitet. Kada se deformisane rebarne hrskavice prikažu u potpunosti načini se H-incizija u predelu perihondrijuma. Po otklanjanju perihondrijuma deformisane rebarne hrskavice se reseciraju parasternalno u nivou veze sa odgovarajućim rebrom (obično do 1 cm od sternuma), kao i na prelazu ka normalnim rebrima ostavljajući najviše postavljene normalne hrskavice intaktne. Muskulus rektus abdominis se odvoji od sternuma u predelu njegovih pripoja. Na taj način je omogućeno podizanje sternuma i odvajanje tkiva od prednje strane medijastinuma. Parasternalna transverzalna klinasta osteotomija se načini u predelu *angulus-a Ludovici*. Nakon što se sternum oslobodi, perforisani čelični podupirač se postavi transsternalno ivicama se naslanjajući na prednju stranu rebara. Još dva parasternalna metalna podupirača se fiksiraju u predelu drugog rebra i najnižeg kraja grudnog koša. Trans-sternalni podupirač se fiksira za

dva parasternalna podupirača žicama od nerđajućeg čelika za dodatnu potporu. Resorptivni šavni materijal se koristi za sternalnu osteotomiju i fiksiranje podupirača za zid grudnog koša. Dva torakalna drena se plasiraju parasternalno u predelu najviše resecirane rebarne hrskavice, a potom se pektoralni mišićni flapovi i rektus mišići fiksiraju za sternum. Torakalni drenovi se obično otklanjaju trećeg postoperativnog dana. Podupirači se uklanjaju nakon 12 meseci kod pacijenata starijih od 12 godina, dok kod mlađih pacijenata u periodu od 15 do 24 meseca.[31]

*PLIER* – “*Pectus Less Invasive Extrapleural Repair*” tehnika je našla svoje mesto u korekciji deformiteta grudnog koša po tipu *Pectus excavatum*-a i *Pectus carinatum*-a, odnosno kod kombinovanih deformiteta kod kojih nije moguće primeniti *Nuss*-ovu proceduru. Ova metoda podrazumeva formiranje manje incizije od 7 do 10 cm, koja omogućava mobilizaciju kožno-mišićnog flapa i pristup velikom grudnom mišiću. Po njegovom presecanju formira se ekstrapleuralni prostor te je omogućena hondrotomija. Slobodni torakalni segment se fiksira pomoću dva longitudinalna i jednim transverzalnim podupiračem.[31]

*Welch*-ova minimalno invazivna otvorena hirurška tehnika – *minimal access open surgery*, je bazirana na 75 slučajeva koje su autor i njegovi saradnici operisali, ali bez radikaliteta resekcije, kao kod *Ravitch*-ove procedure. Izvodi se primenom transverzalne incizije u projekciji inframamarnih brazdi, izbegavajući na taj način česte komplikacije u vidu deformacija i poremećaja u razvoju grudi. Kožni režnjevi se mobilizuju korišćenjem elektrokautilera, najpre u srednjoj liniji do *Louis*-ovog ugla (*chondro-manubrial junction*) superiorno i do ksifoida inferiorno. Pektoralni mišićni flap se elevira od sternuma i rebarnih hrskavica, uz prezervaciju celog *m. pectoralis maior*-a i parcijalno sačuvanje *m. pectoralis minor*-a i *m. serratus anterior*-a. Lateralna ekstenzija mišićne disekcije i elevacije je do nivoa kostohondralnog spoja, od trećeg do petog rebra. Subhondralna resekcija rebarne hrskavice sa specijalno dizajniranim *Welch*-ovim elevatorom izvodi se uklanjanjem cele treće, četvrte i pete rebarne hrskavice. Retko, hrskavica drugog rebra takođe mora biti uklonjena, ukoliko je posteriorno pomerenjena ili se depresija grudne kosti prostire do ovog nivoa. Segmenti šeste i sedme rebarne hrskavice se reseciraju do tačke gde se njihovi zaravljani delovi spajaju sa rebarnim lukom. Dve paralelne transverzalne osteotomije sternuma protežu se kroz anteriorni korteks, a kreiraju se *Hall*-ovom pneumatskom bušilicom. One se plasiraju odvojeno, na rastojanju od 2 do 4 mm. Sternalni pripoj *m. rectus abdominis*-a se odvaja elektrokautilerom uz eleviranje grudne kosti. Ksifoid se potom razdvaja od sternuma takođe elektrokautilerom, dozvoljavajući ulazak u areolarni retrosternalni prostor. Perihondrijalna ovojnica šestog i sedmog rebra se odvaja od spoja sa sternumom, kako bi se omogućilo adekvatno anteriorno pomerenje grudne kosti. Sternalna

osteotomija se zatim zatvara sa nekoliko šavova, obično u položaju takozvane overkorekcije. Kod težih slučajeva pektus ekskavatum (izražena asimetrija, rekurentni deformitet, udruženost sa *Marfan*-ovim sindromom i drugo) korišćena je interna fiksacija sa *Steinman*-ovim klinom. Klin je pozicioniran kroz sternum, a onda kroz rebarne hrskavice sve do intramedularne šupljine petog rebra, prvenstveno radi stabilizacije anteriorno pomerenog sternuma.[29,31]

*Pilegard*-ova “*short bar technique*” predstavlja modifikaciju *Nuss*-ove procedure sa korišćenjem kraćeg pektus bara. Najčešće se pre opšte anestezije plasira epiduralni kateter. Pacijent se potom intubira sa tubusom sa jednim lumenom, a tubus sa dva lumena se koristi jedino u slučaju kada se radi o ponovljenoj proceduri ili ukoliko je je pacijent prethodno imao neku intratorakalnu operaciju. Pacijent se postavlja u položaj na leđima, blago na desni bok i sa desnom rukom ispred glave kako bi se obezbedili slobodni manevri sa torakoskopom. Kamera se postavlja sa desne strane lateralno, u nivou bradavice, kako bi se omogućila dobra vizuelizacija unutar grudnog koša. Identifikuju se i označe na koži prednjeg zida grudnog koša tačka najdublje depresije, kao i ulazno i izlazno mesto pektus bara. Ove tačke su postavljene medijalno u nivou najizraženijeg deformiteta ekskavacije. Nakon toga se koristi plastificirani pektus bar koji služi za modeliranje metalnog bara. On predstavlja sredstvo za modeliranje metalne ploče i kreiranje željenog oblika grudnog koša nakon korekcije. Formiranje retrosternalnog tunela je pod punom kontrolom i vizuelizacijom kamere torakoskopa. Veoma je važno da vrh introdjusera bude u bliskom kontaktu sa zidom grudnog koša kako bi se izbegle lezije srca. Dužina incizija na mestu uvođenja bara je oko 2 cm. Barovi se ubičajeno fiksiraju specijalno kreiranim stabilizatorima na levoj strani grudnog koša. Stabilizator omogućuje da ovaj kraj bara ima bazu/oslonac na susedna dva rebra. Bar se postavlja asimetrično, a stabilizator je fiksiran za bar čeličnom žicom. Obično se ne koriste dodatne suture za fiksiranje bara. Ukoliko se nakon plasiranja jednog bara nije postigla zadovoljavajuća estetska korekcija, moguće je kroz istu inciziju plasirati još jedan ili čak dva bara.[29,31]

## II CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1. Utvrditi fiziološki opseg vrednosti *Haller*-ovog indeksa.
2. Evaluirati zavisnost normalnih vrednosti Halerovog indeksa u odnosu na uzrast i pol dece.
3. Utvrditi da li je moguće promeniti način CT verifikacije Halerovog indeksa u preoperativnoj pripremi za Nusovu operaciju.
4. Utvrditi da li postoji zavisnost veličine Halerovog indeksa od respiratorne faze u kojoj se CT pregled izvodi.
5. Uporediti efektivne doze jonizujućeg zračenja kod primene standardne CT tehnike pri izračunavanju Halerovog indeksa i CT tehnike jednog skena (*single slice*).
6. Utvrditi značaj vrednosti indeksa korekcije, indeksa asimetrije i indeksa torzije sternuma.

## III HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

1. Granična vrednost Halerovog indeksa od 3,25 ne predstavlja pouzdanu indikaciju za operativno lečenje.
2. Postoji zavisnost normalnih vrednosti Halerovog indeksa u odnosu na uzrast i pol dece.
3. Moguće je precizno odrediti vrednosti Halerovog indeksa primenom CT tehnike "jednog preseka".
4. Postoji zavisnost veličine Halerovog indeksa od respiratorne faze u kojoj se CT pregled izvodi.
5. Tehnikom „jednog preseka“ moguće je višestruko smanjiti efektivnu dozu jonizujućeg zračenja kojem su deca izložena u dijagnostici pektus ekskavatuma.
6. Kod donošenja odluke o operativnom lečenju pektus ekskavatuma značajnu ulogu imaju i indeksi korekcije, asimetrije i sternalne rotacije.

## IV MATERIJAL I METODE

Prva faza istraživanja je podrazumevala prikupljanje literature i druge građe. Druga faza istraživanja je predstavljala izbor pacijenata za uključivanje u studiju prema formiranim kriterijumima, njihovo obaveštavanje i informativni pristanak. Ova faza je takođe obuhvatala pregled bolesnika, fotografisanje, antropometrijska merenja, pregled kompjuterizovanom tomografijom (tehnika jednog preseka), kao i kontrolu kompletne medicinske dokumentacije u skladu sa protokolom istraživanja. Treća faza istraživanja se sastojala od analize obavljenih merenja, a zatim kreiranja individualnog formulara za selektirane pacijente. Četvrta faza istraživanja podrazumevala je izradu baze podataka i statističku analizu dobijenih rezultata.

Na Klinici za dečju hirurgiju, Instituta za zdravstvenu zaštitu dece i omladine Vojvodine, sprovedena je studija, koja se sastojala iz prospektivnog i retrospektivnog segmenta. U prospektivnu studiju su uključeni svi pacijenti kod kojih je postavljena dijagnoza *pectus excavatum*-a, a čiji su roditelji dali pismeni pristanak za učešće u istraživanju i obuhvatila je 30 pacijenata (Grupa P). Kod ovih pacijenata urađeno je CT snimanje u dve faze: u fazi izdisaja (ekspirijuma) i u fazi maksimalnog udisaja (inspirijuma). Ove faze snimanja su nazvane: ekspirijum (E) i inspirijum (I). Prethodno je rađeno fotografisanje i antropometrijsko merenje. Mesto odnosno nivo u kom je deformitet najizraženiji obeleženo je metalnim markerom. U navedenom nivou uradi se samo po jedan CT sken (*single slice*), kao što je već navedeno u respiratornim fazama inspirijuma i ekspirijuma. Prema tome, dva topograma su maksimalno skraćena, a samim time i izlaganje pacijenata nepotrebnom rendgenskom zračenju. Na dobijenim snimcima su izračunati pored Halerovog indeksa i indeksi asimetrije, korekcije i sternalne torzije. Prema dobijenim rezultatima merenja i izračunavanja donošena je odluka o načinu terapijskog tretmana.

Pacijenti su uključivani u studiju na osnovu sledećih kriterijuma:

- pacijenti kod kojih je postavljena dijagnoza pektus ekskavatuma ili koji se selektiraju za hirurško rešavanje deformiteta *Nuss*-ovom procedurom,
- pacijenti čiji su roditelji dali pismenu saglasnost za učešće u istraživanju,
- pacijenti ASA statusa I ili II.



Ukoliko pacijenti ili roditelji nisu dali pristanak za uključivanje u studiju ili ukoliko su svrstani u ASA statusa veći od drugog stepena, isključivani su iz studije.

U retrospektivnoj studiji, urađena je analiza 100 CT pregleda grudnog koša kod dece gde nije verifikovan *pectus excavatum* (Grupa K), u periodu od 1.1.2010. do 31.12.2015. godine. Na ovaj način je urađeno određivanje prosečnih vrednosti *Haller*-ovog indeksa u zdravoj populaciji za našu sredinu. Pored toga, izvršeno je i kalibriranje vrednosti ovog indeksa u odnosu na uzrast i pol pacijenata.

Retrospektivno istraživanje je obuhvatilo i analizu 30 CT pregleda grudnog koša pacijenata sa deformitetom grudnog koša po tipu *pectus excavatum*-a (Grupa O) koji su dijagnostikovani i/ili operisani u navedenom vremenskom periodu. Kod svih operisanih pacijenata je primenjena Nusova operativna tehnika. U ovoj grupi pacijenata je izračunata srednja vrednost efektivne doze jonizujućeg zračenja, takođe u odnosu na starosne grupe (na bazi postojećih modela i koeficijenata). Dobijene vrednosti su potom komparirane sa efektivnim dozama koje su dobijene niskodoznim CT pregledima grudnog koša uz primenu novog protokola ("*single-slice*" tehnika u respiratornim fazama inspirijuma i ekspirijuma).

Ispitivanje je vršeno na sledeći način: nakon prijema na Klinikum za dečju hirurgiju, Instituta za zdravstvenu zaštitu dece i omladine Vojvodine, svi pacijenti kod kojih je postavljena dijagnoza pektus ekskavatum i njihovi roditelji su kroz razgovor sa istraživačem bili upoznati sa načinom i svrhom istraživanja. Pacijenti i roditelji koji su pristali da učestvuju u istraživanju, potpisali su pristanak i potom uključeni u istraživanje. Za svakog pacijenta je formiran individualni protokol. Nakon toga je rađen detaljan fizikalni pregled od strane hirurga, uz fotografisanje pacijenta u 6 pravaca. Posebno je analizirana takozvana ptičija perspektiva, koja se pokazala kao posebno indikativna za realan i pouzdan prikaz stepena deformiteta. Nakon toga je rađeno antropometrijsko merenje, u okviru koga je pelvimetrom i flomasterom određivan nivo najvećeg deformiteta odnosno najdublje depresije grudne kosti. Nakon obeležavanja urađena je kompjuterizovana tomografija u formi „jednog preseka-*single slice*“, u respiratornim fazama ekspirijuma i inspirijuma. Sledilo je izračunavanje Halerovog indeksa, indeksa asimetrije, indeksa korekcije i indeksa torzije sternuma, a u zavisnosti od stepena i vrste deformiteta. Nakon toga je vršeno pulmološko i kardiološko ispitivanje radi kompletiranja uvida u težinu deformiteta.

U individualni protokol istraživanja su unošeni sledeći podaci:

- uzrast i pol deteta,
- prisutni simptomi i dužina trajanja,
- fizikalni pregled i antropometrijsko merenje,

- fotografisanje (6 pravaca od čega se posebno izdvaja snimak iz ptičije perspektive),
- nalaz kompjuterizovane tomografije,
- nalazi kardiološkog i pulmološkog ispitivanja,
- vrednost Halerovog i drugih izmerenih torakalnih indeksa,
- prisustvo drugih deformiteta grudnog koša i kičmenog stuba,
- vreme praćenja od prijema u bolnicu pa do eventualne operacije.

## V STATISTIČKA OBRADA I REZULTATI

### 1. Statistička obrada

Nakon prikupljanja, sistematizacije i kategorizacije podataka formirana je baza u programu EXCEL for Windows. Statistička obrada je izvršena pomoću programskog paketa IBM SPSS 20 Statistics.

Deskriptivnom statističkom metodom je određena prosečna vrednost i standardna devijacija (SD), 95% interval poverenja (95% IP), minimalna (Min) i maksimalna (Max) vrednost, kao i frekvencije i pripadajući procenti (N, %). Određena je medijana i interkvartilni raspon, 25. percentile i 75. percentile [IKR (P25–P75)] i kontinuirane vrednosti su predstavljene pomoću pravougaonih grafikona.

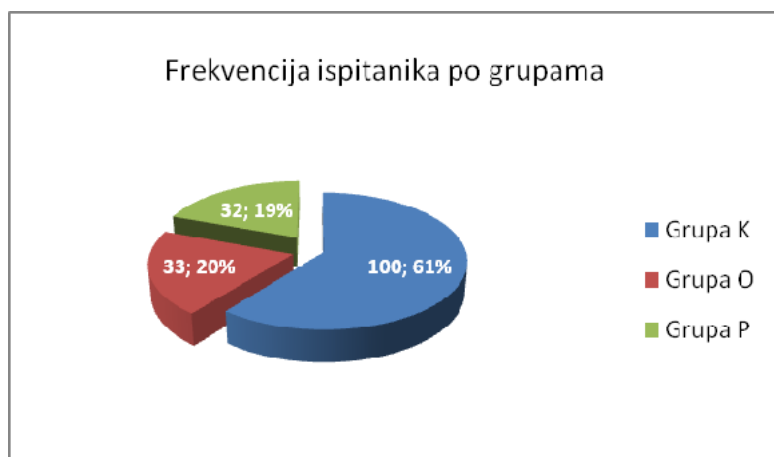
Razlike između dve grupe je određena pomoću Studentovog t-testa nezavisnosti ili pomoću neparametrijskog Man-Vitnijevog U-testa, ako varijable nisu normalne raspodele. Razlika između vrednosti grupe P u inspirijumu i u ekspirijumu je određena t-testom sa ponovljenim merenjima i Vilkoksonovim testom u zavisnosti od prirode varijable. Hi-kvadrat test i Fišerov tačni test je korišćen za određivanje razlika između kategorijskih varijabli.

Jednofaktorskom analizom varijanse (ANOVA), sa naknadnim LSD testom, korišćena je za određivanje razlike između tri grupe. Povezanost između varijabli je određena pomoću Pirsonove ili Spirmanove korelacione analize u zavisnosti od prirode rešenja, a korelaciona veza će biti predstavljena linearnim grafikonom. Uticaj pola, grupe i uzrasta na Halerov indeks, indeks korekcije, indeks asimetrije, kao i na dozu zračenja je određen multiplom regresivnom analizom.

Nivo statističke značajnosti je procenjen za  $p < 0,05$ . Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

## 2. Rezultati

Frekvencija ispitanika po grupama predstavljena je na slici 1.



Grafikon 1. Broj pacijenata po ispitivanim grupama

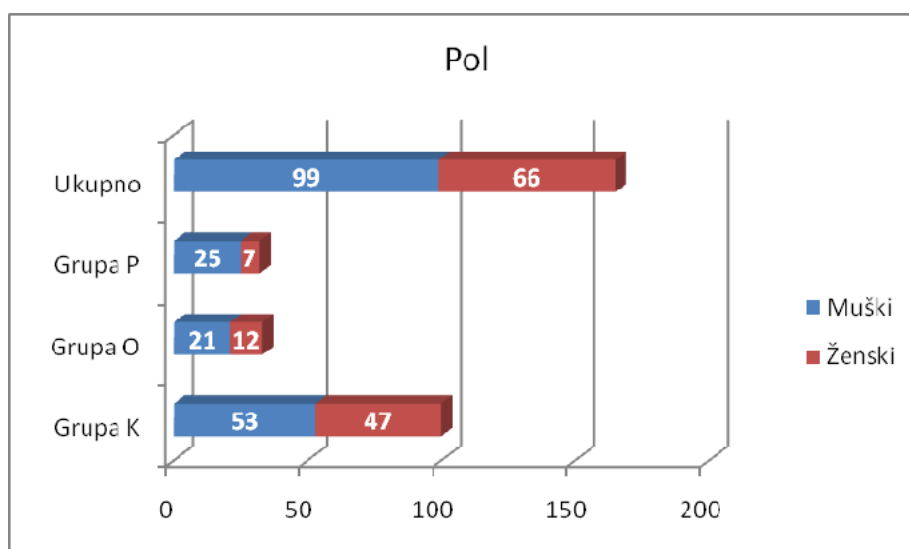
Ukupno je ispitano 165 pacijenata, od čega 100 (61%) pripada kontrolnoj grupi K (retrospektivno analizirana zdrava deca, odnosno bez deformiteta grudnog koša), a jedna petina, 33 (20%) pripada O grupi dece, takođe retrospektivno analizirani podaci pacijenata kod kojih je dijagnostikovani i/ili operisan deformitet po tipu pektus ekskavatum, kao i 32 pacijenta (19%) iz grupe P prospektivno analizirani podaci pacijenata kod kojih deformitet je samo dijagnostikovani, a još nije primenjen terapijski tretman (Grafikon 1).

Između broja ispitanika sa pektusom koji su dijagnostikovani/operisani i onih koji su samo dijagnostikovani a nisu terapijski tretirani, nije postojala statistički značajna razlika ( $\chi^2=0,015$ ;  $df=1$ ;  $p=0,901$ ).

### 2.1. Starosna i polna struktura

#### 2.1.1. Polna struktura

Polna struktura ispitanika po grupama i u ukupnom uzorku predstavljena je na slici 2.



Grafikon 2. Polna struktura ispitanika po grupama i u ukupnom uzorku

U ispitivanom uzorku bilo je 99 (55,6%) pacijenata muškog pola i 66 (44,4%) pacijenata ženskog. U svim grupama je bilo više ispitanika muškog pola, ali je razlika bila statistički značajna samo u grupi P ( $\chi^2 = 10,125$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,001$ ) (Grafikon 2).

U ukupnom uzorku je bilo statistički značajno više ispitanika muškog pola, nego ženskog ( $\chi^2 = 6,600$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,010$ ).

Nema statistički značajne razlike po polnoj strukturi među grupama ( $\chi^2 = 0,747$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,387$ ).

### 2.1.2. Starosna struktura

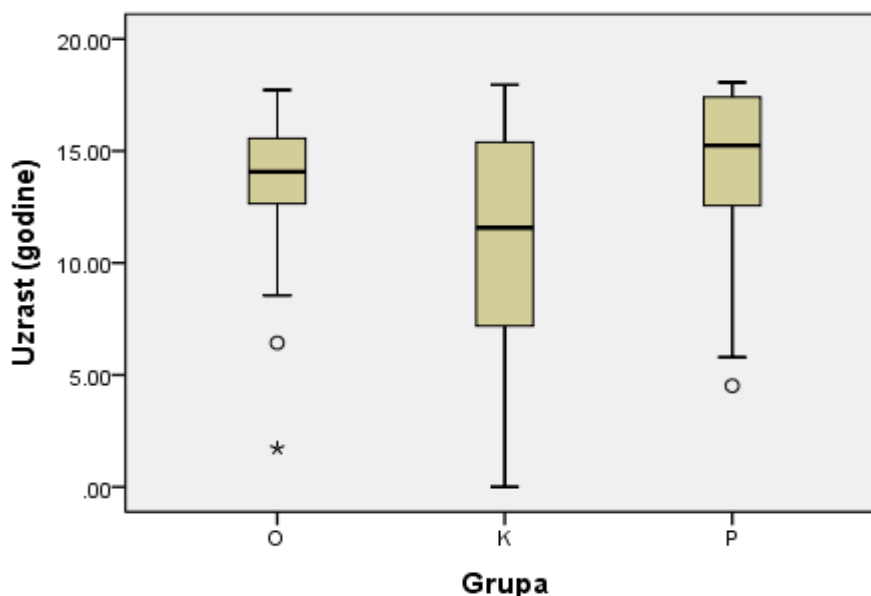
Uzrast ispitanika u kontrolnoj grupi, grupi dijagnostikovanih/operisanih i grupi samo dijagnostikovanih a neoperisanih, u ukupnom uzorku je predstavljena u tabeli 1, a raspodela vrednosti na slici 3.

Tabela 1. Uzrast (godine) ispitanika prema grupama K, O i P

	Broj	Prosek	SD	Min	Max
Grupa K	100	10,91	5,38	0,00	17,95
Grupa O	33	13,42	3,39	1,73	17,73
Grupa P	32	13,88	4,15	4,52	18,07
Ukupno	165	11,99	4,98	0,00	18,07

U ukupnom uzorku uzrast ispitanika kretao se od 1 dana do 18 godina i u proseku je iznosio  $11,99 \pm 4,98$  godina. Najstariji su u proseku bili ispitanici grupe P,  $13,88 \pm 4,15$  godina, a prosečno najmlađi ispitanici grupe K,  $10,91 \pm 5,38$  godina.

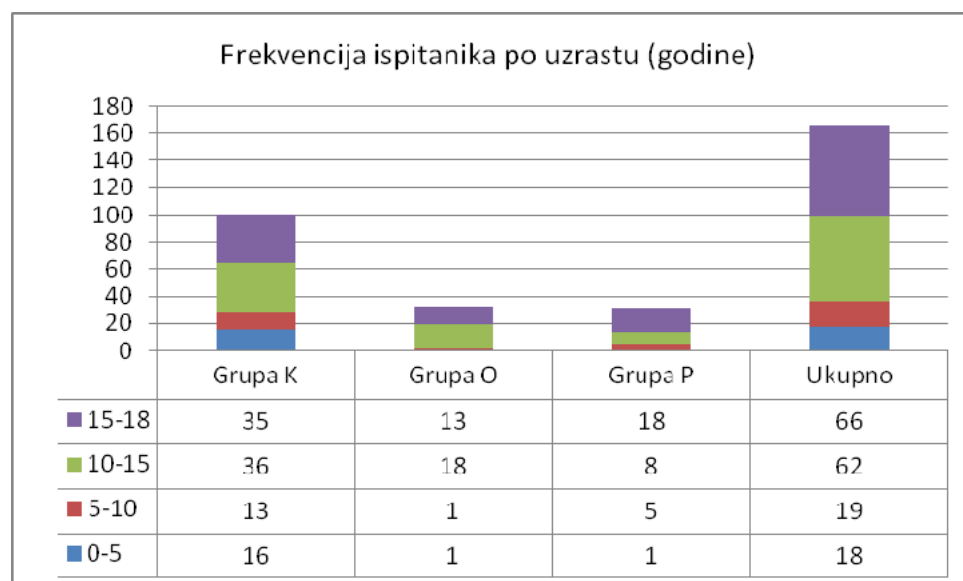
Rezultati jednofaktorske analize varijanse (ANOVA) pokazali su da su ispitanici kontrolne grupe bili statistički značajno ( $p < 0,01$ ) mlađi od ispitanika ostale dve grupe.



Grafikon 3. Raspodela dobijenih vrednosti uzrasta ispitanika u grupama K, O i P

Na Grafikonu 3 uočava se sličnija raspodela uzrasta dece sa deformitetom od ispitanika kontrolne grupe. Znatna negativna raspodela u ispitivanim grupama znači da je bilo više ispitanika starijih od prosečne vrednosti. Medijana grupe K je bila 11,57 godina, a interkvartalni raspon je bio 8,37 (7,08–15,45). Četvrtina dece kontrolne grupe je bila stara od 1 dana do 7,08 godina, a jedna četvrtina od 15,45 do 17,95 godina. U grupi O medijana je bila veća i iznosila je 14,08 godina, ali je interkvartalni raspon bio manji 3,55 (12,16–15,70). Četvrtina ispitanika grupe O je bila uzrasta od 1,73 godine do 12,16 godina, a četvrtina od 15,70 do 17,73 godina. Medijana grupe P je iznosila 15,25, a interkvartalni raspon 4,91 (12,64–17,42). Četvrtina ispitanika je bila starosti do 12,64 godina, a četvrtina od 17,42 do 17,95.

Prema uzrastu svi ispitanici su klasifikovani u podgrupe 0–5; 5–10; 10–15 i 15–18 godina i frekvencija ispitanika po grupama je predstavljena na Grafikonu 4.



Grafikon 4. Frekvencija ispitanika po starosnim kategorijama u ispitivanim grupama

Najviše ispitanika 66/165 (49%) pripada uzrastu od 15 do 18 godina, a nešto manje od 10 do 15 godina 62/165 (37,58%). Do 10 godina je bilo 37/165 (22,42%) pacijenata.

## 2.2. Haller-ov indeks

Vrednosti Hallerovog indeksa u grupama K, O i P (u inspirijumu i u ekspirijumu) su predstavljene u tabeli 2, a raspodela vrednosti na Grafikonu 5.

Tabela 2. Vrednosti Halerovog indeksa u grupama K, O i P (u inspirijumu i u ekspirijumu)

Grupa		Prosek	SD	95% IP		Min	Max
				DG	GG		
K (N=100)	Inspirijum	2,23	0,33	2,17	2,30	1,47	3,17
O (N=33)	Inspirijum	3,34	0,88	3,03	3,65	2,23	5,72
P (N=32)	Inspirijum	2,69	0,76	2,41	2,96	1,65	5,71
	Ekspirijum	3,49	1,19	3,06	3,92	2,19	7,35

Rezultati u tabeli 2 i na Grafikonu 5 pokazuju da se *Haller-ov* indeks u grupi K kretao u intervalu od 1,47 do 3,17 i u proseku je iznosio  $2,23 \pm 0,32$ . Medijana je iznosila 2,17, a interkvartalni raspon 0,45 (2,03–2,48). Ovo znači da je 25% ispitanika kontrolne grupe imalo

vrednost HI od 1,47 do 2,03, a 75% ispitanika je imalo vrednost HI do 2,48. Jedna četvrtina ove grupe je imala vrednost HI od 2,48 do 3,04 i jedan ispitanik je imao netipično visoku vrednost za ovu grupu od 3,13.

HI kod dijagnostikovane/operisane dece je u proseku iznosio 3,39 i kretao se u intervalu od 2,23 do 5,72. Medijana je iznosila 2,85, a interkvartilni raspon 1,27 (2,72–3,99). Jedna četvrtina ispitanika ove grupe je imala vrednost HI od 2,23 do 5,72.

Vrednosti HI u inspirijumu grupe P su bile  $2,69 \pm 0,76$  i kretale su se u intervalu od 1,65 do 5,71. U ekspirijumu vrednosti HI su se kretale od 2,19 do 7,35 i u proseku su iznosile  $3,49 \pm 1,19$ .

Medijana HI u inspirijumu grupe P je iznosila 2,44 sa interkvartilnim rasponom od 0,63 (2,32–2,95). Četvrtina ispitanika je u inspirijumu imala vrednost HI od 1,65 do 2,32, a četvrtina od 2,95 do 5,71. Dva ispitanika su imala netipično visoke vrednosti, a jedan ekstremno visoku vrednost.

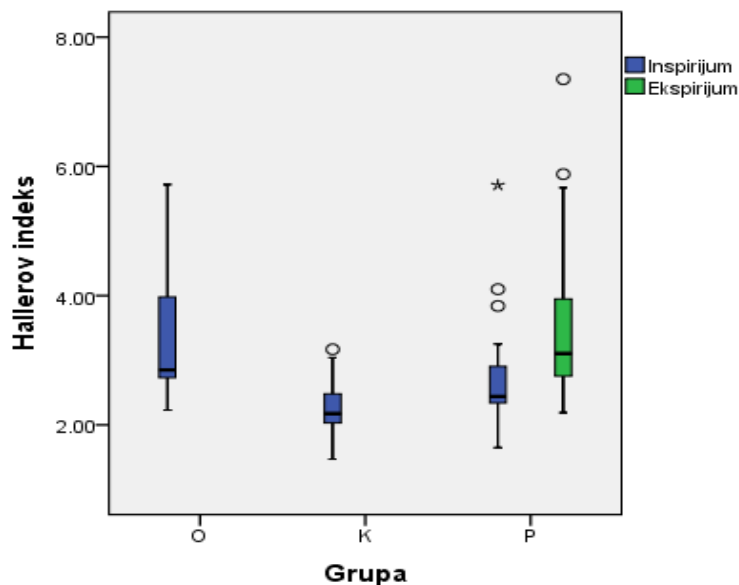
Polovina ispitanika grupe P je imala vrednost Hallerovog indeksa u ekspirijumu 3,10, sa interkvartilnim rasponom 1,21 (2,75–3,96). Četvrtina ispitanika ove grupe je imala vrednosti HI od 2,19 do 2,75, a četvrtina od 3,96 do 7,35. Dva ispitanika su imali netipično visoku vrednost.

U kontrolnoj grupi je uočena neznatna pozitivna raspodela, dok je u grupi O raspodela bila znatno pozitivno asimetrična. Ovo ukazuje na veći broj ispitanika sa vrednostima HI koje su niže od prosečne vrednosti. U grupi P je uočena znatna pozitivna asimetrija u inspirijumu i u ekspirijumu.

Rezultati t-testa nezavisnosti pokazuju statistički značajno veću vrednost HI u grupi O u inspirijumu od vrednosti kod pacijenata kontrolne grupe i inspirijumu kod ispitanika grupe P. Na osnovu t-testa sa ponovljenim merenjem utvrđene su statistički značajno veće vrednosti u ekspirijumu nego u inspirijumu u grupi P ( $t = -6,555$ ;  $p=0,000$ ).



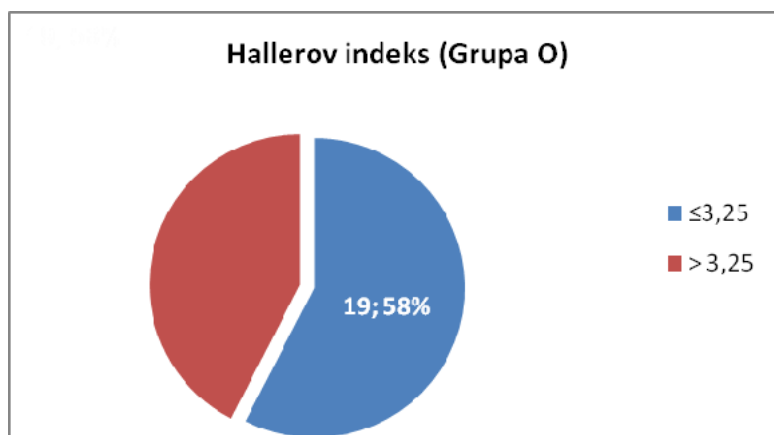
HI u inspirijumu u grupi O je bio nešto niži od HI u ekspirijumu u grupi P, ali razlika nije bila statistički značajna ( $t = -0,593$ ;  $p = 0,556$ ).



Grafikon 5. Raspodela vrednosti Hallerovog indeksa u grupama

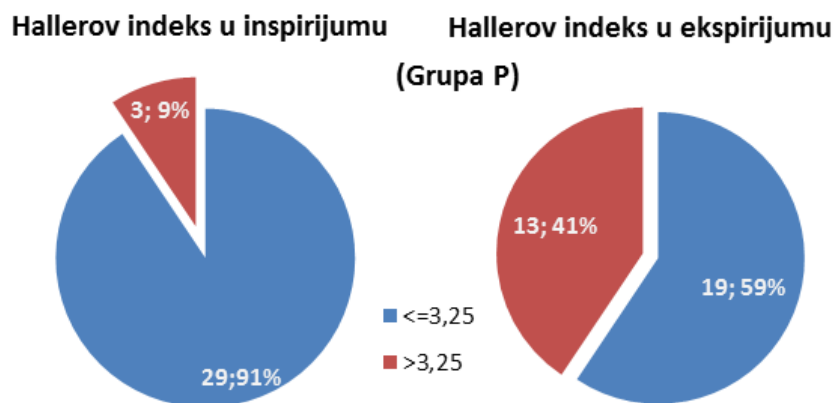
Prema zlatnom standardu kod odlučivanja o operativnom lečenju za HI, ispitanici su podeljeni u dve podgrupe: ispitanici čije su vrednosti HI manje ili jednakegraničnoj vrednosti od 3,25 i ispitanici čiji je HI veći od 3,25. U kontrolnoj grupi svi ispitanici su imali vrednost HI ispod 3,25.

Na Grafikonu 6 predstavljene su frekvencije ispitanika prema zlatnom standardu za Halerov indeks u grupi O, a na Grafikonu 7 u grupi P.



Grafikon 6. Halerov indeks u grupi O prema zlatnom standardu

U grupi O 14/33 (42%) ispitanika je imalo HI veći od 3,25. Nije postojala statistički značajna razlika između broja operisanih pacijenata čija je vrednost HI bila manja ili jednaka 3,25 i onih čija je vrednost bila veća od 3,25 ( $\chi^2 = 0,758$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,384$ ).



Grafikon 7. Hallerov indeks u grupi P prema zlatnom standardu u inspirijumu i u ekspirijumu

U inspirijumu su samo 3/32 (9%) ispitanika imala vrednost HI preko 3,25, dok je u ekspirijumu bilo ( $\chi^2 = 6,250$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,012$ ) statistički značajno više 13/32 (41%). Između broja ispitanika koji su imali vrednost HI ispod zlatnog standarda nije postojala statistički značajna razlika ( $\chi^2 = 2,083$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,3149$ ).

Na osnovu HI-kvadrat testa nezavisnosti uočena je statistički značajna razlika između ispitanika koji su imali vrednost HI manju ili jednaku 3,25 i onih čija je vrednost bila veća od 3,25 u inspirijumu i ekspirijumu ( $\chi^2 = 6,75$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,004$ ).

### 2.2.1. Haller-ov indeks prema uzrastu

Prosečne vrednosti Hallerovog indeksa u grupama po uzrasnim kategorijama su predstavljene u tabeli 3.

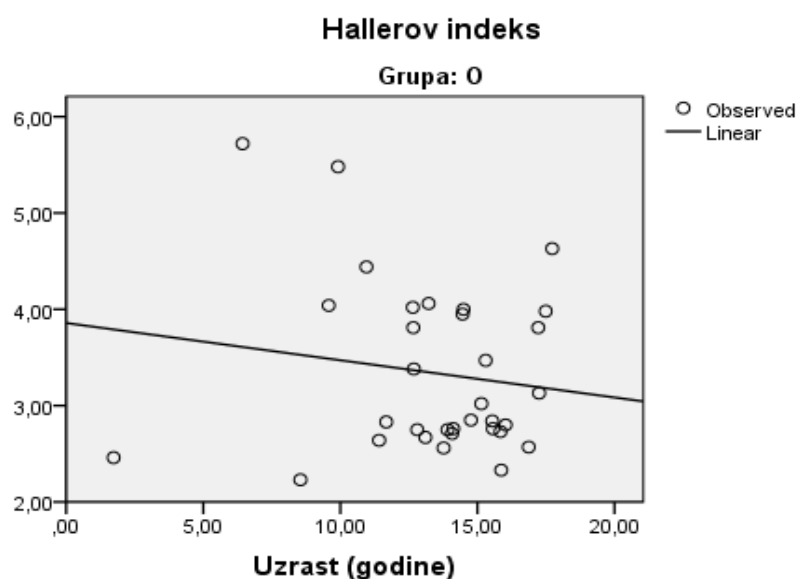
Tabela 3. Prosečne vrednosti Halerovog indeksa u grupama po uzrasnim kategorijama  
[Prosek (SD)]

	Grupa K		Grupa O		Grupa P		
	N	Inspirijum	N	Inspirijum	N	Inspirijum	Ekspirijum
0-5	16	2,01 (0,29)	1	2,46 (-)	1	2,77 (-)	3,08 (-)
5-10	13	2,16 (0,21)	1	5,72 (-)	5	2,48 (0,33)	3,11 (0,86)
10-15	36	2,25 (0,33)	18	3,39 (0,86)	8	2,86 (0,64)	4,01 (1,15)
15-18	35	2,35 (0,33)	13	3,15 (0,65)	18	2,66 (0,91)	3,39 (1,19)

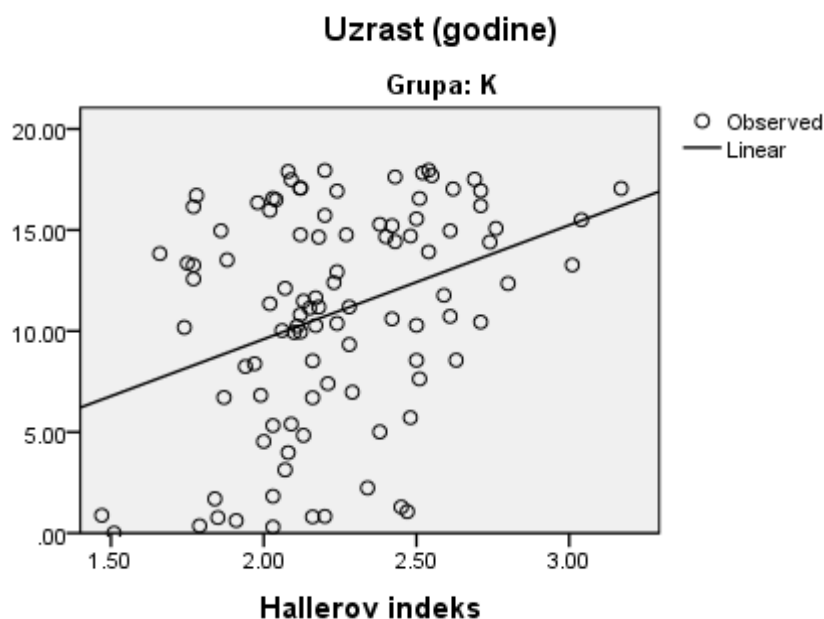
Prosečne vrednosti HI u kontrolnoj grupi su rasle od  $2,01 \pm 0,29$  kod najmlađih pacijenata do  $2,35 \pm 0,33$  kod najstarijih. U grupi O nije postojala pravilna raspodela proseka. Veće su vrednosti HI u svim uzrastima u ekspirijumu nego u inspirijumu u grupi P (Tabela 2).

### Korelacija uzrasta i HI

Rezultati Pirsonove korelacione analize i sa Grafikona 8 ukazuju da je korelacija između uzrasta i Halerovog indeksa bila neznatna i negativna ( $r=-0,149$ ;  $p=0,408$ ) kod pacijenata grupe O.

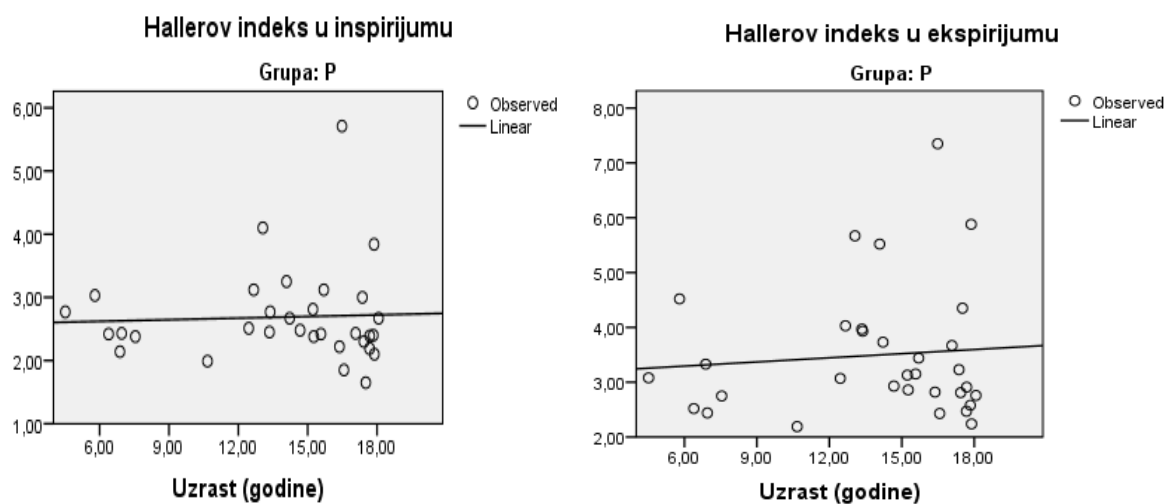


Grafikon 8. Korelacija između uzrasta i *Haller*-ovog indeksa ispitanika u grupi O



Grafikon 9. Korelacija između uzrasta i HI ispitanika u grupi K

Sa Grafikona 9 i na osnovu rezultata Korelacione analize se uočava znatna pozitivna korelacija uzrasta i vrednosti HI ( $r=0,342$ ;  $p=0,001$ ), što znači da stariji pacijenti imaju veće vrednosti HI i obrnuto.

Grafikon 10. Korelacija između *Haller*-ovog indeksa u inspirijumu i u ekspirijumu sa uzrastom u grupi P

Sa Grafikona 10 uočava se da Hallerov indeks nije u korelaciji sa uzrastom u inspirijumu ( $r=0,047$ ;  $p=0,800$ ) ni u ekspirijumu ( $r=0,088$ ;  $p=0,634$ ).

### 2.2.2. *Haller*-ov indeks prema polu

U tabeli 4. su predstavljene prosečne vrednosti *Haller*-ovog indeksa prema polu.

Statistički značajno veće vrednosti HI  $3,27 \pm 0,94$  su bile kod pacijenata muškog pola u grupi O nego u kontrolnoj grupi K  $2,21 \pm 0,31$  ( $Z = -5,870$ ;  $p = 0,000$ ) i pri inspirijumu grupe P  $2,57 \pm 0,57$  ( $Z = -3,154$ ;  $p = 0,002$ ).

Rezultati Vilkoksonovog testa su pokazali statistički značajno veće vrednosti HI u ekspirijumu, nego u inspirijumu kod pacijenata muškog ( $Z = -4,372$ ;  $p = 0,000$ ) i ženskog pola ( $Z = -2,366$ ;  $p = 0,018$ ).

Pacijenti ženskog pola u grupi O su imali statistički značajno veću prosečnu vrednost HI  $3,45 \pm 0,78$  od vrednosti kontrolne grupe  $2,26 \pm 0,34$  ( $Z = -4,652$ ;  $p = 0,000$ ) i veću vrednost od inspirijuma grupe P  $3,12 \pm 1$ , ( $Z = -1,183$ ;  $p = 0,261$ ).

Tabela 4. Prosečne vrednosti *Haller*-ovog indeksa po grupama i polnoj strukturi

	Muško			Žensko			Z <sup>#</sup>	p
	N	Prosek	SD	N	Prosek	SD		
Grupa P								
Inspirijum <sup>a</sup>	25	2,57	0,57	7	3,12	1,16	0,087	0,092
Ekspirijum <sup>b</sup>	25	3,37	1,07	7	3,94	1,58	-1,254	0,210
Grupa O <sup>c</sup>	21	3,27	0,94	12	3,45	0,78	-0,524	0,600
Grupa K <sup>d</sup>	53	2,21	0,31	47	2,26	0,34	-0,870	0,384
Značajnost <sup>#</sup>	c/a,d**; a/d**; †b/a***			c/d***; †b/a**				

<sup>#</sup>Man- Vitnijev U test; <sup>‡</sup>Vilkokson test; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Veće vrednosti HI su imali pacijenti ženskog pola, ali na osnovu rezultata Man- Vitnijevog testa nije postojala polna razlika ni u jednoj grupi (Tabela 4).

### 2.3. Indeks korekcije

Prosečne vrednosti Indeksa korekcije (IK) u grupama O i P su predstavljene u tabeli 5, a raspodela vrednosti na Grafikonu 11.

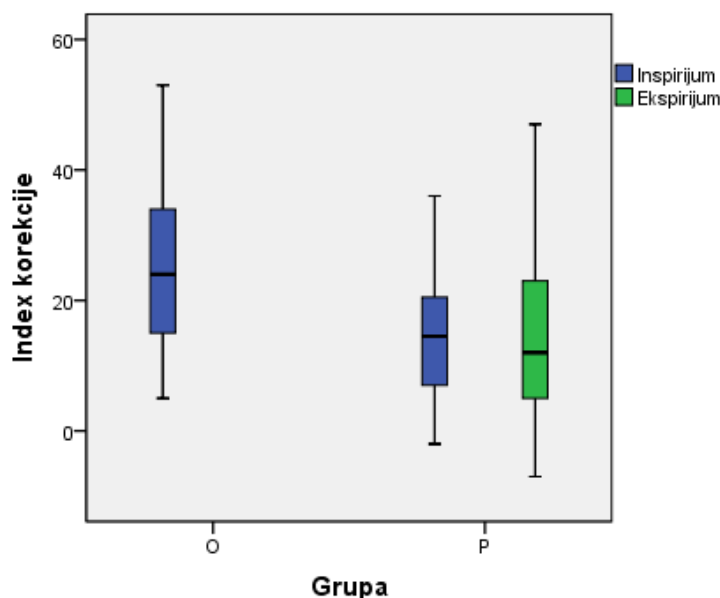
Indeks korekcije se u grupi O kretao u intervalu od 5 do 53 i u proseku je iznosio  $25,03 \pm 12,94$ . U grupi P u inspirijumu indeks korekcije je u proseku iznosio 14,38, a kretao se u intervalu od -2 do 36. Kod istih ispitanika prilikom ekspirijuma IK je bio u proseku nešto viši  $14,91 \pm 12,99$  i kretao se u intervalu od -7 do 47 (Tabela 3).

Tabela 5. Prosečne vrednosti indeksa korekcije u grupama O i P

Grupa		Prosek	SD	95% IP		Min	Max
				DG	GG		
O (N=33)	Inspirijum	25,03	12,04	20,76	29,30	5	53
P (N=32)	Inspirijum	14,38	9,58	10,92	17,83	-2	36
	Ekspirijum	14,91	12,99	10,22	19,59	-7	47

Statistički značajno veći indeks korekcije su imali operisani pacijenti ( $t=3,942$ ;  $p=0,000$ ). Indeks korekcije u inspirijumu je bio  $14,38 \pm 9,58$ , a u ekspirijumu  $14,91 \pm 12,99$ .

Na osnovu rezultata Vilkoksonovog testa uočava se da ova razlika nije statistički značajna ( $Z=-0,461$ ;  $p=0,645$ ).



Grafikon 11. Raspodela vrednosti indeksa korekcije u grupi O i u grupi P tokom inspirijuma i ekspirijuma

Pozitivna raspodela IK u grupi O i inspirijumu i ekspirijumu grupe P ukazuju na veći broj ispitanika čiji je IK manji od proseka (Grafikon 11.).

Frekvencije vrednosti IK koje su  $\leq 10$  i  $> 10$  su predstavljene u tabeli 6.

Tabela 6. Frekvencije vrednosti indeksa korekcije koje su  $\leq 10$  i  $> 10$

		$\leq 10$		$> 10$		Značajnost <sup>#</sup>
		N	%	N	%	
Grupa O	Inspirijum	5	15,2	28	84,8	0,000
Grupa P	Inspirijum	11	34,4	21	65,6	0,077
	Ekspirijum	14	43,8	18	56,3	0,480

<sup>#</sup> *Hi- kvadrat test*

Pozitivne vrednosti indeksa korekcije su bile kod 84,8% pacijenata grupe O, kod 65,6% pacijenata u inspirijumu grupe P i najmanje 56,3% u ekspirijumu. U grupi P između inspirijuma i ekspirijuma nije postojala statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ).

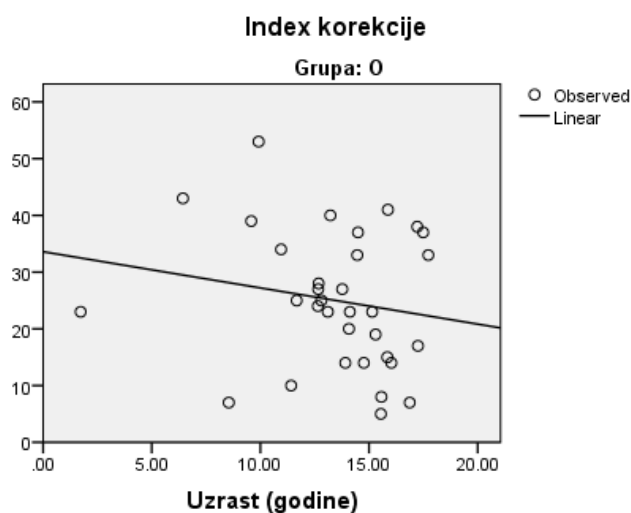
### 2.3.1. Indeks korekcije prema uzrastu

Prosečne vrednosti indeksa korekcije po grupama i uzrastu su predstavljene u tabeli 7.

Tabela 7. Prosečne vrednosti indeksa korekcije po grupama i uzrastu

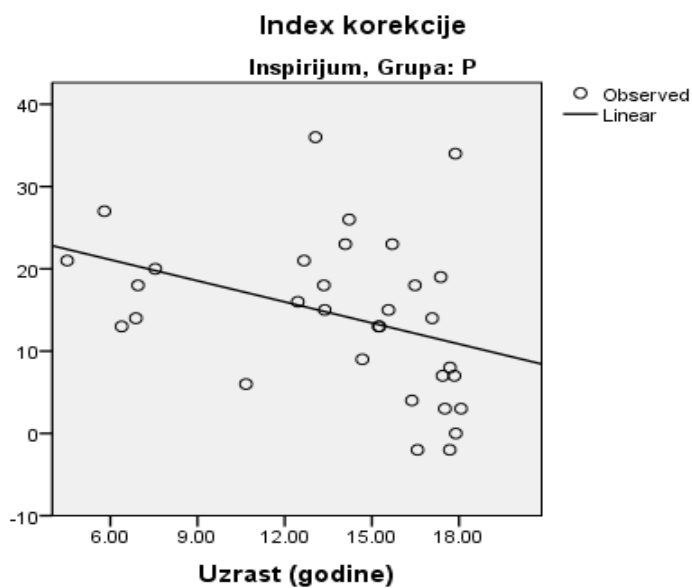
	Grupa O			Grupa P				
	N	Inspirijum		N	Inspirijum		Ekspirijum	
		Prosek	SD		Prosek	SD	Prosek	SD
0-5	1	23,00	-	1	21,00	-	21,00	-
5-10	1	43,00	-	5	18,40	5,59	22,80	12,32
10-15	18	27,17	11,19	8	20,13	8,81	9,13	8,69
15-18	13	20,85	12,48	18	10,33	9,37	14,94	14,30

Pacijenti od 10 do 15 godina su imali veći indeks korekcije u inspirijumu od pacijenata uzrasta od 15 do 18 godina u grupama O i P. U ekspirijumu su veće vrednosti kod najstarijih pacijenata (tabela 7).



Grafikon 12. Povezanost uzrasta i indeksa korekcije u grupi O

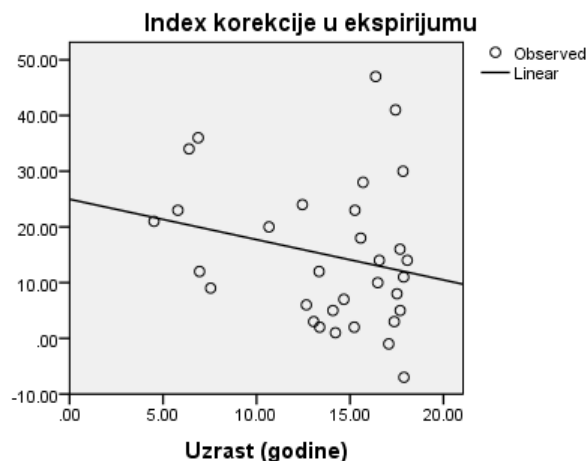
Indeks korekcije je u neznatnoj negativnoj korelaciji sa uzrastom u grupi O ( $r=-0,180$ ;  $p=0,317$ ).



Grafikon 13. Povezanost uzrasta i indeksa korekcije u inspirijumu grupe P

U grupi P pri inspirijumu uzrast i indeks korekcije su u znatnoj negativnoj korelaciji ( $r= -0,370$ ;  $p=0,037$ ).





Grafikon 14. Povezanost uzrasta i indeksa korekcije u ekspirijumu grupe P

Indeksa korekcije u ekspirijumu grupe P je u neznatnoj negativnoj korelaciji sa uzrastom ( $r = -0,146$ ;  $p = 0,424$ ).

### 2.3.2. Indeks korekcije prema polu

U tabeli 8. su predstavljene prosečne vrednosti indeksa korekcije po grupama i polnoj strukturi.

Tabela 8. Prosečne vrednosti indeksa korekcije po grupama i polnoj strukturi

	Muško			Žensko			Z <sup>#</sup>	p
	N	Prosek	SD	N	Prosek	SD		
Grupa P								
Inspirijum	25	13,68	10,52	7	16,86	4,67	-0,753	0,474
Ekspirijum	25	17,04	12,59	7	7,29	12,27	-0,567	0,595
Grupa O	21	24,33	13,97	12	26,25	7,99	-0,731	0,465

<sup>#</sup>Man- Vitnijev U test

Na osnovu rezultata Man-Vitnijevog U testa nije uočena statistički značajna ( $p > 0,05$ ) polna razlika (Tabela 8.).

Statistički značajno ( $p < 0,01$ ) veći indeks korekcije je bio u grupi O, nego u inspirijumu i ekspirijumu grupe P kod oba pola.

## 2.4. Indeks asimetrije

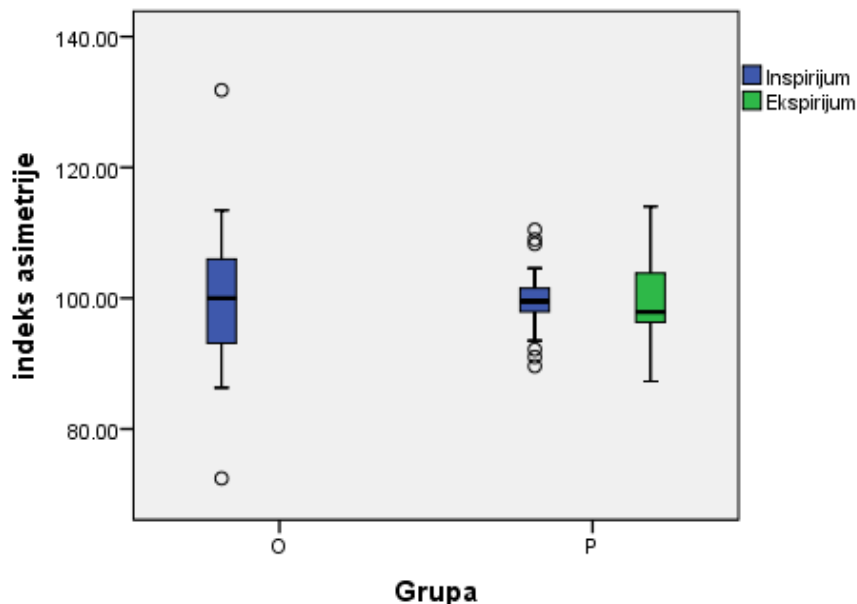
Indeks asimetrije (IA) u grupama O i P je predstavljen u tabeli 9.

Tabela 9. Indeks asimetrije u grupama O i P

Grupa		Prosek	SD	95% IP		Min	Max
				DG	GG		
O (N=33)	Inspirijum	99,78	10,29	96,13	103,43	72,44	131,82
P (N=32)	Inspirijum	99,79	4,57	98,14	101,44	89,62	110,46
	Ekspirijum	99,52	5,84	97,42	101,63	87,29	114,02

Indeks asimetrije u inspirijumu je bio skoro isti  $99,78 \pm 10,29$  i  $99,79 \pm 4,57$  u grupama O i P respektivno, a u ekspirijumu je bio nešto niži  $99,52 \pm 5,84$  (Tabela 7).

U grupi O, dijagnostikovanih/operisanih, jedan pacijent je imao netipično nizak indeks asimetrije, a jedan pacijent netipično visok. U grupi P u inspirijumu po tri ispitanika su imali netipično niske i visoke vrednosti (Grafikon 12).



Grafikon 15. Raspodela vrednosti indeksa asimetrije u grupi O i u grupi P tokom inspirijuma i ekspirijuma

## 2.4.1. Indeks asimetrije prema uzrastu

U tabeli 10. je predstavljen indeks asimetrije prema uzrasnim kategorijama u grupama O i P.

Tabela 10. Indeks asimetrije prema uzrasnim kategorijama u grupama O i P

	Grupa O			Grupa P				
	Inspirijum			Inspirijum			Ekspirijum	
	N	Prosek	SD	N	Prosek	SD	Prosek	SD
0-5	1	131,82	-	1	103,16		104,10	-
5-10	1	94,85	-	5	99,21	1,69	100,51	8,04
10-15	18	100,92	9,46	8	100,24	4,95	100,70	5,77
15-18	13	96,11	7,17	18	99,57	5,14	98,47	5,46

Najveće vrednosti indeksa asimetrije u grupama O i P su imali ispitanici uzrasta od 10 do 15 godina (Tabela 10.).

## 2.4.2. Indeks asimetrije prema polu

Prosečne vrednosti indeksa asimetrije po grupama i polnoj strukturi su predstavljene u tabeli 11.

Tabela 11. Prosečne vrednosti indeksa asimetrije po grupama i polnoj strukturi

	Muško			Žensko			Z <sup>#</sup>	p
	N	Prosek	SD	N	Prosek	SD		
Grupa P								
Inspirijum	25	99,92	4,17	7	99,33	6,18	-0,479	0,632
Ekspirijum	25	99,64	4,77	7	99,10	9,20	-0,707	0,480
Grupa O	21	98,01	9,11	12	102,88	11,86	-0,936	0,349

<sup>#</sup>Man- Vitnijev U test

Rezultati predstavljeni u tabeli 11. pokazuju da indeks asimetrije se nije razlikovao po polu ni u jednoj grupi ( $p > 0,05$ ). Kod pacijenata muškog pola indeks asimetrije je bio veći u

grupi P, a kod ženskog pola u grupi O. Razlike nisu bile statistički značajne između grupa, ni u inspirijumu niti u ekspirijumu ( $p > 0,05$ ).

## 2.5. Doze zračenja

Kod dece kod koje je u cilju dijagnostike pektus ekskavatuma ranije urađen CT kompletnog grudnog koša, prosečna efektivna doza iznosila je 3,53 mSv, što je ekvivalent sa oko 176 rendgenografija pluća.

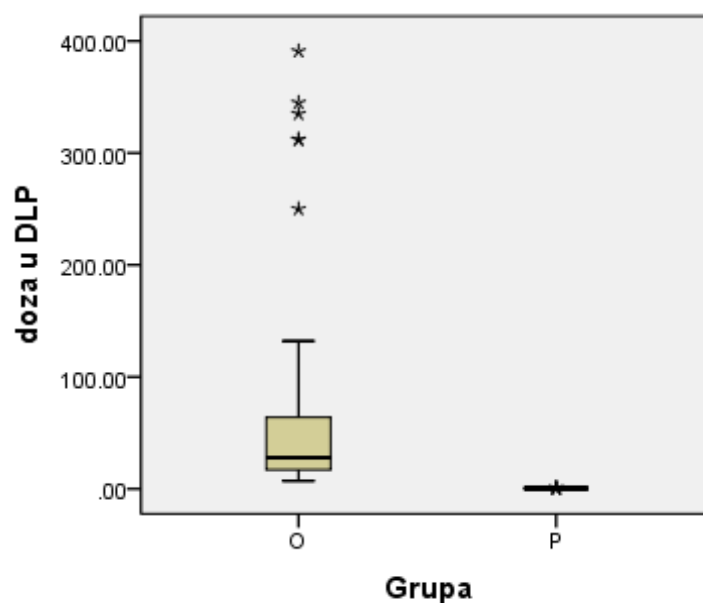
U grupi dece kod koje primenjena "single slice" tehnika u inspirijumu i ekspirijumu u određivanju Hallerovog indeksa prosečna efektivna doza bila je statistički signifikantno manja - 0,02 mSv, što je ekvivalentno jednoj rendgenografiji pluća.

Prosečne vrednosti DLP-a u grupama O i P predstavljene su u tabeli 12, a raspodela vrednosti na Grafikonu 16.

Tabela 12. Prosečne vrednosti DLP-a u grupama O i P

	N	Prosek	SD	95% IP		Min	Max
				DG	GG		
Grupa O	33	83,55	119,66	41,12	125,97	7,00	391,00
Grupa P	32	0,53	0,10	0,49	0,56	0,50	1,03

Prosečna vrednost DLP-a zračenja u grupi O je bila  $83,55 \pm 119,66$ . Ako ekstremne vrednosti zamenimo sa 132 dobijamo prosek od  $48,61 \pm 48,00$ . U grupi P prosečna vrednost doze je bila statistički značajno manja  $0,53 \pm 0,10$  ( $Z = -7,223$ ;  $p = 0,000$ ).



Grafikon 16. Raspodela vrednosti DLP-a u grupama O i P

Sa Grafikona 16 uočava se izrazita pozitivna asimetrija DLP-a u grupi O, što ukazuje na znatno veći broj ispitanika čije su vrednosti niže od proseka. Kod šest pacijenata DLP bio je visok 250, 312 kod dva ispitanika, 335, 345 kod dece uzrasta od 5 do 10 godina i 391 kod adolescenta uzrasta 18 godina. Ostale vrednosti su bile u intervalu od 7 do 132. Medijana je bila 28 sa interkvartalnim rasponom 74 (15,50–89,50). Ovo znači da je 25% ispitanika ove grupe imalo DLP od 7 do 15,50, njih 75% do 89,50 i 25% vrednosti do 391. Medijana u grupi P je iznosila 0,50, a interkvartalni raspon je bio nula, jer je 28 ispitanika imalo DLP 0,50.

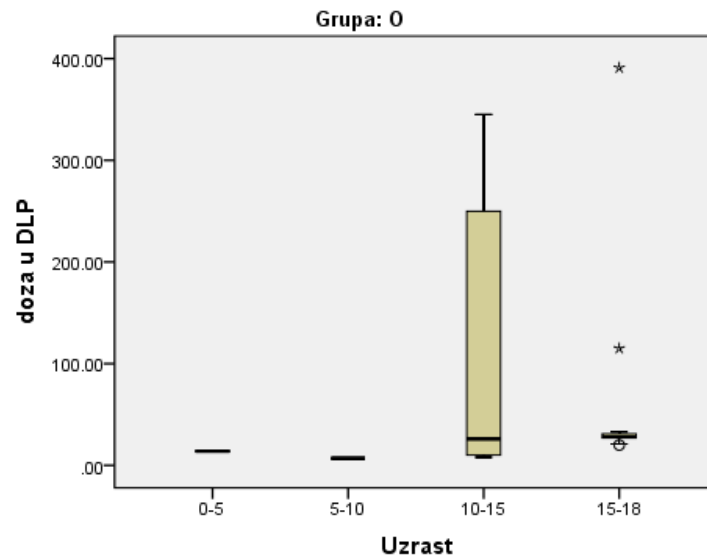
### 2.5.1. DLP prema uzrastu

Vrednosti DLP-a prema uzrasnim kategorijama u grupama O i P su predstavljene u tabeli 13.

Tabela 13. DLP prema uzrasnim kategorijama u grupama O i P

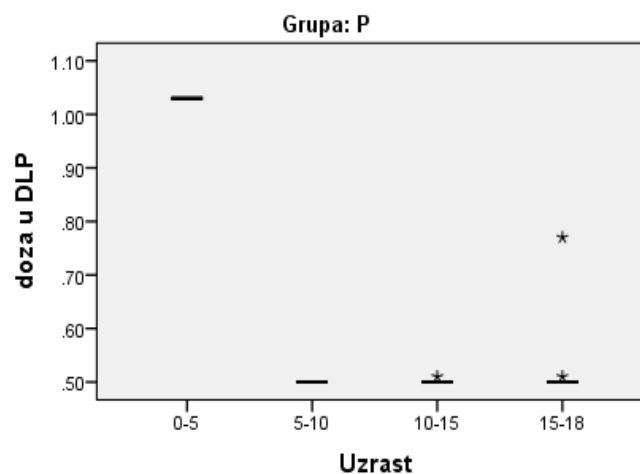
	Grupa O			Grupa P		
	N	Prosek	SD	N	Prosek	SD
0-5	1	14,00	-	1	1,03	-
5-10	1	7,00	-	5	0,50	0,00
10-15	18	107,33	134,28	8	0,50	0,00
15-18	13	61,85	101,91	18	0,52	0,06

Najveće vrednosti DLP-a  $107,33 \pm$  su bile kod dece uzrasta 10-15 godina u grupi O. Prosečne vrednosti u grupi O dozazračenja su bile u intervalu od 7 do 391 i u proseku su iznosile 83,55 (Tabela 13).



Grafikon 17. Raspedela vrednosti doze zračenja prema uzrastu u grupi O

Kod grupe O, dijagnostikovanih/operisanih pacijenata (Grafikon 17), uzrasta od 10 do 15 godina medijana doza je iznosila 26, a interkvartalni raspon je bio 255,50 (10–265,50). Jedna četvrtina ispitanika je imala dozu od 265,50 do 345, a jedna četvrtina od 8 do 10. Kod adolescenata uzrasta od 15 do 18 godina medijana doza je iznosila 28, a interkvartalni raspon je bio 7 (25–32).



Grafikon 18. Raspedela vrednosti doza zračenja u grupi P

Medijana ispitanika grupe P od 5 do 18 godina je iznosila 0,50. Jedno dete uzrasta do 5 godina je imalo vrednost doze od 1,03 (Grafikon 18).

## 2.5.2. DLP prema polu

U tabeli 14. su predstavljene prosečne vrednosti DLP-a po grupama i polnoj strukturi.

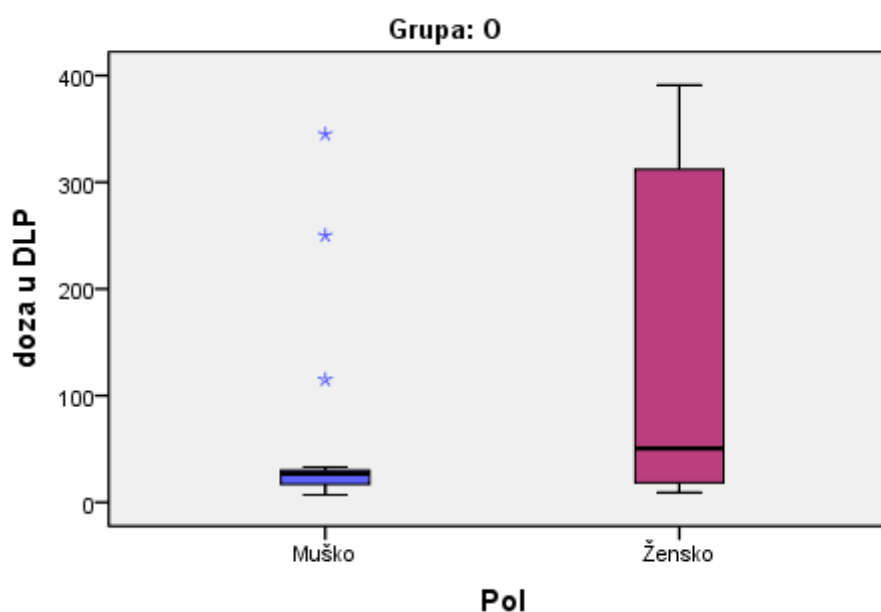
Tabela 14. Prosečne vrednosti DLP-a po grupama i polnoj strukturi

	Muško			Žensko			Z <sup>#</sup>	p
	N	Prosek	SD	N	Prosek	SD		
Grupa P	25	0,53	0,12	7	0,50	0,00	-1,111	0,267
Grupa O	21	51,90	85,89	12	138,92	151,60	-1,610	0,107

<sup>#</sup>Man-Vitnijev U test

U grupi O doze zračenja kod ispitanika muškog pola su bile u proseku  $51,90 \pm 85,89$ . Kod ispitanika ženskog pola vrednosti doza su iznosile  $138,92 \pm 151,60$ . U grupi P prosek kod pacijenata muškog pola je iznosio  $0,53 \pm 0,12$ , a kod ženskog  $0,50 \pm 0,00$ . Rezultati Man-Vitnijevog U testa nisu pokazali statistički značajnu polnu razliku ( $Z=-1,618$ ;  $p=0,106$ ). U grupi O i grupi P ( $Z = -1,111$ ;  $p = 0,532$ ) (Tabela 14.).

Statistički značajno veću dozu su imali pacijenti muškog ( $Z=-6,086$ ;  $p=0,000$ ) i ženskog ( $Z=-3,642$ ;  $p = 0,000$ ) pola u grupi O, nego u grupi P.

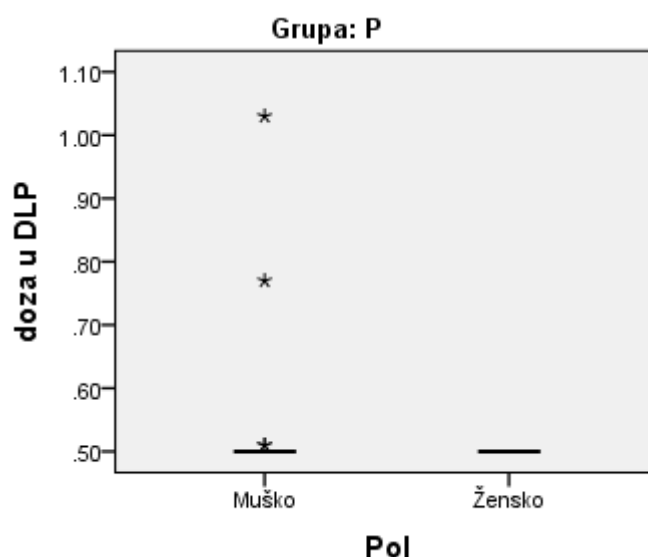


Grafikon 19. Raspodela vrednosti DLP-a prema polu u grupi O

Sa Grafikona 19 uočava se različita raspodela vrednosti doza. Znatna pozitivna asimetrija ukazuje na više ispitanika oba pola čije su doze veće od proseka. Kod tri ispitanika muškog pola doze su ekstremno visoke. Medijana je bila 27, a interkvartalni raspon 16

(14,50–30,50). Ovo znači da je jedna četvrtina ispitanika muškog pola imala DLP od 7 do 14,50, polovina do 27, a jedna četvrtina od 30,50 do 345.

Kod ispitanika ženskog pola medijana je bila 50,50, a interkvartalni raspon 296 (16,25–312). Ovo znači da je 25% ispitanika imalo DLP od 9 do 16,25, 50% 50,50, a 25 % od 312 do 391.



Grafikon 20. Raspodela vrednosti DLP-a u grupi P po polu

Kod ispitanika ženskog pola u grupi P doza je bila 0,50, dok je kod ispitanika muškog pola pored vrednosti 0,50 bilo i četiri ispitanika sa višim vrednostima (Grafikon 20).

**Multiplom regresivnom analizom** smo ispitali uticaj pola, grupe i uzrasta na HI, IK IA i dozu zračenja.

Zajednički uticaj ovih faktora je predstavljen u tabeli 15, a pojedinačni uticaji u tabelama 16, 17 i 18 respektivno.

Tabela 15. Zajednički uticaj pola, grupe i uzrasta na HI, IK, IA i DLP

	R	R <sup>2</sup>	F	p
HI	0,413	0,171	4,193	0,009
IK	0,535	0,286	8,146	0,000
IA	0,312	0,097	2,190	0,098
Doza	0,506	0,256	6,989	0,000



Najjači zajednički uticaj pola, grupe i uzrasta je bio na IK, zatim na DLP i na HI. Na IA ovi faktori nisu statistički značajno uticali. Posmatrani faktori su objasnili 28,6% varijabilbiteta IK, 25,6% doze, 17,15 HI i samo 9,7% IA (Tabela 15.).

Tabela 16. Uticaj demografskih faktora na HI

	Beta	t	p-vrednost
Pol	0,169	1,421	0,160
Grupa	-0,346	-2,929	<b>0,005</b>
Uzrast	-0,038	-0,325	0,746

*\*Boldovane vrednosti su statistički značajne*

Rezultati tabela 15–18 pokazuju da na HI parcijalno statistički značajno utiče samo grupa ( $p=0,005$ ), na IK grupa ( $p=0,000$ ) i uzrast ( $p=0,011$ ), na IA pol i grupa i na dozu zračenja grupa i pol.

Tabela 17. Uticaj demografskih faktora na IK

	Beta	t	p-vrednost
Pol	0,053	0,484	0,630
Grupa	-0,429	-3,912	<b>0,000</b>
Uzrast	-0,285	-2,611	<b>0,011</b>

*\*Boldovane vrednosti su statistički značajne*

Tabela 18. Uticaj demografskih faktora na DLP

	Beta	t	p-vrednost
Pol	0,249	2,203	<b>0,031</b>
Grupa	-0,404	-3,611	<b>0,001</b>
Uzrast	0,019	0,170	0,866

*\*Boldovane vrednosti su statistički značajne*

## VI DISKUSIJA

Pektus ekskavatum (*Pectus excavatum*), kao najčešći urođeni deformitet grudnog koša, karakteriše predominacija muškog pola (3:1). Depresija grudne kosti i pripadajućih rebranih hrskavica svoju punu dimenziju dostiže u periodu puberteta i adolescencije, odnosno u adultnim uzrastima. Jasno se može zaključiti da je reč o progresivnom oboljenju na bazi anatomskog deformiteta.[1,2,12] Kliničku sliku karakterišu pojava retrosternalnog bola, palpitacije, kao i otežano disanje posebno tokom fizičke aktivnosti i u posebnim položajima, kao što je naprimer sedeći položaj. U literaturi se najčešće na sledeći način navode najkarakterističniji simptomi ovog deformiteta: dispnea kod izvođenja blagih vežbi, progresivni gubitak izdržljivosti, gubljenje koraka sa vršnjacima, pojava bola u grudima pri fizičkoj aktivnosti, progresivan umor, palpitacije, tahikardija, vežbama uzrokovan vizing, česte infekcije gornjih respiratornih puteva, nesvestica, vrtoglavica, bol u grudima prilikom vežbanja i potpuna netolerancija vežbanja.[40] Ipak, veoma često nedostaju pomenute tegobe i pacijenti imaju prvenstveno psihičke tegobe i/ili estetske zamerke.

Brojne *imaging* procedure se upotrebljavaju za anatomsku procenu i dokumentaciju deformiteta grudnog koša. Ipak, nekontrastna kompjuterizovana tomografija (CT) omogućava najbolji prikaz deformiteta koštanog i hrskavičavogdela torakalnog skeleta, a kod novijih CT aparata čak i u 3-dimenzionalnoj slici, što nam jasno omogućava prikaz srčane kompresije i/ili srčanog pomeranja. Svest o potrebi smanjivanja ili potpunog eliminisanja jonizujućeg zračenja je dovela do primene brojnih novih metoda. Posebno u poslednje vreme, objavljeni su veoma dobri rezultati uz primenu magnetne rezonance i ultrazvučne dijagnostike. [12,82,83,128] Magnetna rezonanca i ultrazvuk se mogu koristiti umesto CT skeniranja, sa osnovnom idejom smanjivanja izloženosti jonizujućem zračenju, ali koštani detalji se još uvek bolje vide prilikom CT skeniranja.[40] Za sada su za korišćenje ovih neinvazivnih metoda prisutna i brojna druga ograničenja, pre svega finansijska, ali u skorjoj budućnosti otvara se prostor za njihovu primenu.[12,82,83]

Prva upotreba kompjuterizovane tomografije uz određivanje torakalnog indeksa pripisuje se *Haller*-u i saradnicima u radu objavljenom 1987. godine.[40] Indeks je jednostavno nazvan "pectus index", ali se danas mnogo češće naziva *Haller*-ov index. Definisani su kao odnos maksimalnog transverzalnog dijametra grudnog koša sa minimalnim

antero-posteriornim dijametrom, a kao granična je predložen vrednost 3,25. *Daunt* i saradnici su 2004. godine objavili rad u kom su merili ovaj indeks kod 557 dece koja su snimana kompjuterizovanom tomografijom iz drugih razloga i utvrdili da postoji uzrasna i polna korelacija sa ovim indeksom.[40,44] *St. Peter* i saradnici su 2011. godine na studiji od 252 pacijenta ukazali da u 19% slučajeva kod pacijenata koji su bili operisani vrednost Hallerovog indeksa je bila ispod graničnih vrednosti. Iz navedenih razloga je predložena upotreba Indeksa korekcije. Ovaj indeks se izračunava po matematičkoj formuli u kojoj se za rezultat dobijaju procentualne vrednosti stepena udubljenja deformateta. Kao granična vrednost između urednog i patološkog nalaza smatra se 10%.[40,44] Indeks asimetrije i indeks sternalne rotacije su takođe često primenjivani torakalni indeksi, koje su u standardnu kliničku praksu uvele kolege iz Nuss-ove grupe autora. U ovoj studiji svi navedeni torakalni indeksi su poslužili u svrhu istraživanja.

U želji da se poboljša kvalitet svakodnevnog kliničkog rada sprovedeno je ovo istraživanje o primeni torakalnih indeksa u dijagnostici i terapijskom rešavanju pektus ekskavatum, sa ciljem implementacije dobijenih zaključaka u aktuelnu dijagnostiku i protokol lečenja pektus ekskavatum u dečjoj populaciji. Dobijeni rezultati bi mogli uticati na bezbedniji i kvalitetniji rad u najznačajnijoj fazi donošenja odluke o operativnom lečenju najčešćeg urođenog deformateta prednjeg zida grudnog koša. Na taj način bi se mogao standardizovati preoperativni postupak, uz egzaktnije preoperativno određivanje stepena deformateta ipreciznije određivanje granične vrednosti kao indikacije za operativno lečenje. Posebno značajno je smanjivanje izlaganja pacijenata jonizujućem zračenju, kao i omogućavanje bolje kvantifikacije i kvalifikacije rezultata lečenja.

Istraživanje je obuhvatilo ukupno 165 pacijenata, od čega je 100 pacijenata svrstano u kontrolnu grupu (K), a koju su činili zdravi pacijenti kojima je iz drugih razloga rađena kompjuterizovana tomografija grudnog koša. Ovim pacijentima je određivan Halerov indeks na osnovu prethodno urađenih CT snimaka. Potom je takođe retrogradnom analizom formirana grupa O sastavljena od 33 pacijenta, a radilo se o pacijentima kojima je dijagnostikovano pektus ekskavatum i koji su operisani *Nuss*-ovom procedurom. Njihovi CT snimci su analizirani, a pored izračunavanja Halerovog indeksa određivani su i indeks asimetrije i indeks korekcije. U obe prethodne grupe CT snimanje je rađeno na uobičajeni način i u respiratornoj fazi inspirijuma. Grupu P smo formirali od 32 pacijenta, kojima je tokom ovog istraživanja dijagnostikovano deformatet, a koji su snimani kompjuterizovanom tomografijom tehnikom jednog preseka u respiratornim fazama inspirijuma i ekspirijuma.

Analizom CT snimaka ovih pacijenata određivani su Halerov indeks, indeks asimetrije, indeks korekcije, a u situacijama prisutne rotacije grudne kosti i indeks sternalne rotacije.

Kada je u pitanju polna struktura ispitanih pacijenata u ovoj studiji, uočena je dominacija muškog pola u grupama O i P. Posebno je karakteristično da se dominacija muškog pola uočava prvenstveno u grupi dijagnostikovanih pektus ekskavatumata (grupa P), što odgovara i podacima iz literature, gde se najčešće spominje dominacija muškog pola u odnosu 3:1 pa sve do odnosa 5:1.[44]

Struktura formiranih grupa prema uzrastu pacijenata ukazala je na najveću zastupljenost starijih uzrasta u grupi P (dijagnostikovani deformiteti), sa prosečnim uzrastom od 13,88 godina. Potom je izvršena dodatna klasifikacija ovih pacijenata na uobičajene uzrasne podgrupe: 0-5 godina, 5-10 godina, 10-15 godina i na podgrupu starijih od 15 godina. Studijom su obuhvaćeni pacijenti do uzrasta od 18 godina. Posmatrajući uzrasne podgrupe može se zaključiti da je najviše zastupljena uzrasna kategorija od 15-18 godina (49%) i podgrupa od 10-15 godina (37,98%). Ovi podaci u potpunosti odgovaraju poznatoj činjenici da se deformitet najčešće uočava i daje punu kliničku sliku u periodu puberteta i adolescencije.[22,52] Na osnovu ove činjenice jasno je što je navedeni uzrast i uobičajeno vreme za operativno rešavanje pektus ekskavatumata.[12,83]

Iako je Halerov indeks najčešće primenjivan u kliničkoj praksi većine dečjih centara širom sveta, još uvek ne postoji potpuni konsenzus među dečjim hirurzima da li on predstavlja i najpouzdaniji način kod donošenja odluke o potrebi za operativnim lečenjem pektus ekskavatumata. Pored toga, postavlja se sve češće i u stručnoj javnosti pitanje o njegovoj graničnoj vrednosti kao pouzdanom kriterijumu kod donošenja odluke o modalitetu lečenja. Zatim, podvodi se pod sumnju i način dosadašnjeg izvođenja pregleda kompjuterizovanom tomografijom, posebno sa stanovišta izbegavanja ili smanjivanja rendgenskog zračenja. Otvara se pitanje i o dodatnim dijagnostičkim procedurama kojima bi se podigla pouzdanost Halerovog indeksa, kao što su naprimer antropometrijska merenja, fotografisanje i drugo. Upravo navedena pitanja su i dovela do ovog istraživanja, koje bi svojim rezultatima trebalo pomoći da se bolje sagleda problem i napravi nova strategija za njegovo rešavanje.

U rezultatima studije, prosečne vrednosti Halerovog indeksa u kontrolnoj grupi (K) su iznosile 2,23, a kretale su se u dijapazonu od 1,47 do 3,17. U mnogim stručnim radovima se ističe da vrednosti Halerovog indeksa u kategoriji zdrave dece ne prelaze vrednosti 2,52-2,70.[11,40] U našoj seriji ovako širok dijapazon vrednosti Halerovog indeksa ukazuje na potrebu dodatnog istraživanja sa mnogo većim brojem ispitanika, kako bi se sa sigurnošću utvrdile vrednosti indeksa u zdravoj populaciji naše sredine. Na osnovu dobijenih vrednosti

Halerovog indeksa, ukoliko bi se potvrdili rezultati ovog istraživanja, mogla bi se značajno promeniti i granična vrednost od 3,25, koja je dosada prihvaćena i kao indikacija za operativno lečenje u najvećem broju dečjih hirurških ustanova.[11,40,70,120]

Prosečne vrednosti Halerovog indeksa u grupi O, otkrivenih i operisanih pektus ekskavatum, iznosile su 3,34, a kretale su se u dijapazonu od 2,23 do 5,72. Po logici stvari, u ovoj grupi bi vrednosti indeksa trebale biti značajno veće od granične vrednosti 3,25. Kao mogući razlozi za postojeće vrednosti nameću se sledeće pretpostavke: da su se indikacije za operativnim lečenjem u velikoj meri podudarale sa psihičkim stanjem i zahtevima pacijenata o potrebi za operativnim lečenjem, odnosno da se u ovim podacima jasno prikazuje nepotpuna pouzdanost ove granične vrednosti indeksa. Prvenstveno klinički pregled sa objektivnim nalazom deformiteta, ali i druge dijagnostičke metode, gde se posebno izdvajaju fotografisanje, antropometrijska merenja i kompjuterizovana tomografija uz određivanje i drugih torakalnih indeksa, potvrđuju drugu teoriju, odnosno jasno nam ukazuju da vrednosti Halerovog indeksa nisu potpuno pouzdan kriterijum kod donošenja odluke o operativnom lečenju.[11,70,120,133]

Kada je u pitanju grupa P, pacijenti kojima je tokom izrade studije otkriven deformitet, prosečne vrednosti Halerovog indeksa kod ovih pacijenata kojima je tehnikom jednog slajsa u respiratornoj fazi inspirijuma urađeno CT snimanje iznosile su 2,69, a u respiratornoj fazi ekspirijuma 3,49. Jasno se može uočiti da vrednosti indeksa su značajno veće prilikom ekspirijuma, što se podudara i sa rezultatima brojnih drugih studija.[6,8,11] Ukoliko bi se obrazlagale ove prosečne vrednosti, jasno je da se dijagnostikovanje deformiteta ne može smatrati i direktnom indikacijom za operativnim lečenjem. Opasnosti koje proizilaze iz podataka koje smo u toku ispitivanja uočili, a sadržane su u nepotpunoj pouzdanosti Halerovog indeksa kod snimanja u inspirijumu, mogu se prevazići većom pouzdanošću rezultata snimanja pri ekspirijumu. Tako su naprimer vrednosti HI kod pacijenata N.P. uzrasta 14 godina i D.O. uzrasta 13 godina iznosile u inspirijumu 2,66 i 2,55, što je značajno ispod granične vrednosti 3,25. Ponovnim kliničkim pregledom i CT snimanjem u ekspirijumu jasno se moglo uočiti da se radi o više nego potrebnoj hirurškoj intervenciji. Vrednosti Halerovog indeksa su iznosile u ekspirijumu 3,86 i 3,99, što je dodatno potvrdilo ubedljive kliničke nalaze. Slični podaci su bili i kod mlađih uzrasta, pa je na primer kod pacijenta S.V. uzrasta 7 godina sa dijagnostikovanim PE izraženog stepena, vrednosti HI iznosile u inspirijumu 2,55, a vrednosti u ekspirijumu su se već približavale graničnoj vrednosti 3,25 i iznosile su 2,99. Sa druge strane, podaci o značajno većoj prosečnoj vrednosti indeksa u ekspirijumu, nameću potrebu uspostavljanja novog pravila: da se prilikom

izvođenja CT snimanja insistira na snimanju u respiratornoj fazi ekspirijuma. Ovi rezultati i primeri nam ukazuju da se tehnika CT snimanja u ekspirijumu može smatrati kao dovoljan i krajnje realan metod kod sagledavanja težine ovog deformiteta. Pored smanjivanja doze jonizujućeg zračenja koju primi pacijent primenom tehnike jednog slajza, na ovaj način CT snimanje u ekspirijumu omogućava puni uvid u težinu deformiteta i njegovo ukupno sagledavanje, prvenstveno u smislu potrebe za operativnim lečenjem, ali uz dosada najmanji stepen zračenja.[6,8,11]

Rezultati Studentovog T-testa ukazuju na statistički značajnu razliku dobijenih vrednosti Halerovog indeksa u grupi O u odnosu na rezultate grupa Ki P. Rezultat je logičan i očekivan, pošto su operisani pacijenti imali veće prosečne vrednosti Halerovog indeksa u odnosu na pacijente kontrolne grupe i pacijente grupe P kojima je CT rađen u inspirijumu. Interesantan i za razmišljanje je podatak da su vrednosti Halerovog indeksa u grupi operisanih bile niže u odnosu na vrednosti indeksa kod pacijenata iz grupe P, kojima je CT pregled rađen u respiratornoj fazi ekspirijuma. Ovome treba dodati još jedan interesantan podatak iz ovog istraživanja. Kod pacijenta N.Č. Halerov indeks u inspirijumu je iznosio 2,74, što se u potpunosti podudaralo sa nalazom kliničkog pregleda gde se jasno moglo uočiti da je u pitanju blagi deformitet koji ne zahteva operativno lečenje. Međutim, vrednosti Halerovog indeksa u ekspirijumu kod ovog pacijenta su iznosile 4,13, što je značajno prevazilazilo granične vrednosti 3,25 i po tom kriterijumu nametalo potrebu za operativnim lečenjem. Iz navedenog se nameće zaključak da se i pored pouzdanijih rezultata CT snimanja u respiratornoj fazi ekspirijuma, ni ovaj način snimanja ne može se odvojeno posmatrati i uzimati kao jedini kriterijum kod donošenja odluke o operativnom lečenju. Smatramo da je neophodno u algoritam određivanja najadekvatnijeg načina lečenja neophodno uvrstiti i druge dijagnostičke metode, a pre svega klinički pregled, antropometrijska merenja, a kod CT snimanja je korisno meriti i druge torakalne indekse. Na ovaj način se mogu sprečiti pogrešne indikacije za operativnim tretmanom, odnosno mnogo realnije sagledati deformitet.

Kada se ispitivane grupe analiziraju prema glavnom kriterijumu za operativno lečenje, vrednosti Halerovog indeksa od 3,25, svi pacijenti u grupi K su imali vrednosti ispod ovog kriterijuma, što je i bilo očekivano obzirom na selekciju pacijenata kojima je CT pregled i rađen u okviru drugih patoloških stanja, a ne zbog deformiteta grudnog koša. U grupi O 42% pacijenata je bilo ispod operativnog kriterijuma, a velika većina ovih pacijenata je ipak bila operisana Nuss-ovom metodom. Granična vrednost Halerovog indeksa od 3,25 je i ovim rezultatima dodatno podvedena pod sumnju u smislu pouzdanosti ovog kriterijuma kod donošenja odluke o operativnom lečenju deformiteta.[11,44] U grupi P, kod izvođenja CT

snimanja u respiratornoj fazi inspirijuma, samo 9% pacijenata je bilo iznad operativnog kriterijuma. Sasvim drugi podaci se dobijaju u respiratornoj fazi ekspirijuma. Čak 41% pacijenata u ovoj retko primenjivanoj respiratornoj fazi ispunjavalo je kriterijum za operativnim lečenjem. Ovi podaci se podudaraju sa rezultatima *St. Peter*-a i *Daunt*-a.[11,44]

Kod analize vrednosti Halerovog indeksa prema uzrastu pacijenta, u grupi K vrednosti u uzrasnoj kategoriji od 0-5 godina iznose prosečno 2,01 i rastu do vrednosti 2,35 u uzrasnoj podgrupi od 15-18 godina. Na ovaj način se potvrđuje korelacija Halerovog indeksa i uzrasta pacijenata, koja je potvrđena u sličnoj seriji *St. Peter*-a. U grupi O najveće vrednosti indeksa su zabeležene u uzrasnoj podgrupi od 10-15 godina i iznose prosečno 3,39. Kod pacijenata grupe P, u inspirijumu prosečne vrednosti u podgrupi od 5-10 godina iznose 2,48 i rastu do 2,66 u podgrupi od 15-18 godina, odnosno na 2,86 u podgrupi od 10-15 godina. Prosečne vrednosti su najveće u respiratornoj fazi ekspirijuma u podgrupi od 10-15 godina i iznose 4,01. Takođe, može se uočiti da su u svim uzrasnim kategorijama vrednosti Halerovog indeksa u ekspirijumu značajno veće u odnosu na sve druge posmatrane kategorije.[11]

Kod korelacije između vrednosti Halerovog indeksa i uzrasta pacijenata, na osnovu rezultata Pirsonove korelacione analize u grupi O, ova korelacija je neznatna i negativna. U grupi K korelacija je znatna i pozitivna, a u grupi P niti u inspirijumu ( $p=0,80$ ) niti u ekspirijumu ( $p=0,63$ ) nije utvrđena korelacija. Za razliku od podataka iz literature gde se navodi da je Halerov indeks direktno zavisao od uzrasta pacijenta, u našoj seriji ipak ova korelacija nije u potpunosti prikazana, posebno u grupaciji otkrivenih deformiteta kod kojih je CT snimanje vršeno u respiratornoj fazi ekspirijuma.[11,44]

Posmatranjem Halerovog indeksa i polne strukture pacijenata u posmatranim grupama, uočavaju se statistički veće vrednosti indeksa kod pacijenata muškog pola u grupi O u odnosu na kontrolnu grupu ( $p=0,000$ ) i grupu P kod snimanja u inspirijumu ( $p=0,002$ ). Rezultati Vilkoksovog testa su pokazali statistički značajno veće vrednosti HI u ekspirijumu i kod muškog ( $p=0,000$ ) i kod ženskog pola ( $p=0,018$ ). Daljom analizom Halerovog indeksa i pola pacijenata, prosečne vrednosti u grupi O su kod muškog pola iznosile 3,27 a kod ženskog pola 3,45, što je takođe razlika koja je statistički značajna. Ukoliko se na osnovu prakse kliničara pokuša obrazložiti polna razlika Halerovog indeksa dolazi se do mogućeg zaključka da se dečaci javljaju na pregled i kod manje izraženih deformiteta, a da se devojčice obraćaju lekaru tek kada je deformitet izuzetno izražen. U grupi P, u respiratornoj fazi inspirijuma, prosečne vrednosti kod muškog pola su iznosile 2,57, a kod ženskog pola 3,12. U grupi P, u respiratornoj fazi ekspirijuma, prosečne vrednosti kod muškog pola su iznosile 3,37, a kod ženskog pola 3,94. I u navedenoj grupi postoji polna razlika, ali pored toga se uočava i već

opisana veća izraženost deformiteta u respiratornoj fazi ekspirijuma. U grupi K prosečne vrednosti su kod muškog pola iznosile 2,21, a kod ženskog 2,26. Iako su generalno gledano veće vrednosti imali pacijenti ženskog pola, na osnovu Man-Vitnjevog testa nije postojala statistički značajna razlika ni u jednoj posmatranoj grupi. Na osnovu tih rezultata mogao bi se izvesti zaključak da ipak u našoj studiji nije dokazana direktna korelacije u odnosu HI i pola pacijenata.[8,11] Smatramo da je i zbog navedenih rezultata neophodna već spominjana obimnija studija, koja bi trebala da definiše standardne prosečne vrednosti u dečjoj populaciji naše sredine. Potom da se prema dobijenim vrednostima odrede i definitivne granične vrednosti određivanih torakalnih indeksa, a pre svega Halerovog indeksa.

Brojni su radovi u savremenoj svetskoj literaturi, kako od grupe autora na čijem čelu je *Donald Nuss* tako i od njegovih sledbenika, koji ukazuju na značaj *Nuss*-ove procedure u lečenju pektus ekskavatumata.[11,120,123,124] Pored mnogobrojnih i već navedenih pozitivnih osobina ovog minimalno invazivnog metoda lečenja, opisuju se i značajni problemi. Prvenstveno u domenu spomenutih indikacija za hirurško lečenje, zatim tehničkog izvođenja operativne procedure, kao i brojnim i ozbiljnim komplikacijama tokom hirurškog zahvata i u postoperativnom periodu.[4,5,6,7] Iako je *Nuss*-ova procedura zauzela primat u savremenoj dečjoj i grudnoj hirurgiji kada je u pitanju hirurško rešavanje pektus ekskavatumata, navedene komplikacije su posebno karakteristične za period takozvane krive učenja. Ovaj period se može definisati kao vreme u kome se stiču prva iskustva u ovoj ipak zahtevnoj minimalno invazivnoj proceduri. Značaj krive učenja se ogleda i u dobro poznatom stavu, da je neophodnonajmanje deset i više slučajeva u periodu od godine dana, da bi se steklo potrebno iskustvo i rutina za bezbedno izvođenje ove operativne procedure uz postizanje dovoljne utreniranosti hirurga i kompletnog hirurškog i medicinskog tima koji zbrinjava ovaj deformitet.[125,126]

Ipak, neophodno je još jednom naglasiti da je ključni momenat u tretmanu ovog deformiteta donošenje odluke o potrebi za operativnim lečenjem, koji je za sada najčešće baziran na vrednostima Halerovog indeksa. Zbog opisanih varijacija ovog indeksa, čine se brojni pokušaji da se olakša odluka o potrebi za operativnim lečenjem, pre svega određivanjem Halerovog indeksa u različitim respiratornim fazama, primenom tehnike jednog preseka, kao i primenom drugih torakalnih indeksa, odnosno drugih dijagnostičkih postupaka gde se izdvajaju kako dobro poznate tehnike standardnog radiografskog snimanja, primena magnetne rezonance, tako i mnoge nove tehnike.[6,7,11] Tako se u savremenoj literaturi navodi preoperativno fotografisanje, već spomenuto korišćenje brojnih drugih torakalnih indeksa, a u poslednje vreme i primena optičke i 3D tehnologije, uz formiranje modela



grudnog koša.[85] Razlika vrednosti Halerovog indeksa u respiratornim fazama inspirijumu ili ekspirijumu pacijenta je takođe u procesu brojnih kliničkih ispitivanja.[6,7,8,10,82,127,128]

Pored toga, poznato je da postojanje izrazite asimetrije deformiteta, sternalne rotacije, raznih stepena kompresije srca, kao i prisustvo udruženih deformiteta grudnog koša i torakalnog dela kičmenog stuba, neumitno uslovljava korekcije u primeni Halerovog indeksa. Navedeno je za posledicu imalo formiranje potpuno novih torakalnih indeksa, kao što su na primer indeks korekcije, indeks asimetrije, indeks torzije sternuma i drugih.[6,7,11,12]

Prosečne vrednosti Indeksa korekcije (IK) u grupi O su iznosile 25,03, što je bilo statistički značajno različito u odnosu na prosečne vrednosti u grupi P prilikom CT snimanja u respiratornoj fazi inspirijuma, koje su iznosile 14,38, odnosno na prosečne vrednosti u ekspirijumu u grupi P koje su iznosile 14,91. Između dve podgrupe grupe P nije bilo statistički značajne razlike bez obzira na respiratornu fazu u kojoj je izvedeno CT snimanje. Ukoliko se izvrši dodatna podela prema ustanovljenom operativnom kriterijumu za indeks korekcije ( $>10$ ), u grupi O preko 84% pacijenata je ispunjavalo ovaj kriterijum. U grupi P u inspirijumu je 65,6% pacijenata zadovoljavalo ovaj kriterijum, a u ekspirijumu 56,3%, što nije bilo statistički značajno.[22,52]

Indeks korekcije u grupi O je imao najveće prosečne vrednosti u uzrastu od 10-15 godina i iznosile su 27,17. U grupi P u inspirijumu, najveće vrednosti su bile u podgrupi od 10-15 godina i iznosile se 20,13. U grupi P u ekspirijumu su takođe najveće vrednosti bile u podgrupi od 10-15 godina, ali su iznosile samo 9,13. Moguća pravilnost nije prikazana u uzrasnoj kategoriji od 15-18 godina. U ovoj uzrasnoj podgrupi u inspirijumu prosečne vrednosti indeksa korekcije su iznosile 10,33, a u ekspirijumu 14,94. Uočena nekonzistentnost onemogućava uspostavljanje pravila kada je u pitanju indeks korekcije i uzrast pacijenata.[11] Uočena je neznatna negativna korelacija indeksa korekcije i uzrasta u grupi O i grupi P u ekspirijumu, dok u inspirijumu ova korelacija je isto negativna ali znatna, što još jednom potvrđuje nemogućnost uspostavljanja pravilnosti u korelaciji indeksa korekcije i uzrasta pacijenata sa pektus ekskavatumom.

Kod ispitivanja indeksa korekcije Man-Vitnijevim testom u odnosu na pol pacijenata takođe nije utvrđena statistički značajna razlika. Ipak, postoji statistički značajna razlika kada se porede grupa O i grupa P (u obe respiratorne faze), što jasno ukazuje da respiratorna faza ne utiče na indeks korekcije.[11]

Među brojnim klasifikacijama ovog deformiteta, kao posebno značajna iz hirurškog ugla gledanja, ističe se podela na simetrične i asimetrične deformitete. Razlog leži u težini operativnog rešavanja asimetričnih slučajeva, odnosno u rezultatima operacija kod ovih

slučajeva koji veoma često nisu potpuno zadovoljavajući.[12] Ukoliko se klinički analiziraju asimetrični deformiteti u širokoj su upotrebi Indeks asimetrije i sternalne rotacije.[12,82,133,134] Iako u prošlosti odnos ovih indeksa nije dovoljno analiziran u radu *A. Yoshida* i saradnika je utvrđeno da su oni u signifikantnoj korelaciji. Objašnjen je i razlog dominantno desne rotacije grudne kosti, što je bazirano na poziciji srca koja sprečava levu rotaciju deformiteta. Osim toga, dokazano je da do asimetrije deformiteta posebno dolazi u period od 10-12 godine pacijenata, što se u potpunosti poklapa i sa našim istraživanjem.[12] Navedeni zaključci su poslužili i u selektiranju samo jednog od ovih indeksa pri izradi ove studije i posebno u delu detaljne analize. Indeks asimetrije (IA) u grupama O i P izvedene studije ima vrlo slične vrednosti, a kada se CT snimanje izvodi u respiratornoj fazi ekspirijuma vrednosti su i niže. Prosečne vrednosti indeksa asimetrije su najveće u uzrasnoj podgrupi od 10-15 godina, a kao i kod ukupnog uzorka bez uticaja respiratorne faze. Kad je u pitanju polna podela nije bilo statistički značajne razlike ( $p=0,05$ ).[11]

Aktuelni trenutak karakterišu brojne kliničke studije koje za cilj imaju poređenje rezultata primene različitih torakalnih indeksa. Međutim, doneti zaključci su još uvek nepouzdana, jer se uglavnom radi o studijama sa malim brojem pacijenata, njihovo izvođenje je otežano, veoma mali broj ovih studija je randomiziran, a prisutna je velika heterogenost u karakteristikama pacijenata i primenjenom dijagnostičkom i hirurškom tretmanu.

Savremena literatura jasno ukazuje da je izlaganje dece jonizujućem zračenju potencijalno izuzetno štetno.[80,90] Za istu dozu jonizujućeg zračenja dete ima 10-15 puta veći rizik od razvoja maligniteta u odnosu na adultnu osobu. Dominantan izvor velike količine jonizujućeg zračenja u radiologiji upravo je kompjuterizovana tomografija.[80,90,129] Trenutno preovlađuju stavovi da se kod CT dijagnostike pektus ekskavatuma vrši kompletno skeniranje grudnog koša niskodoznim protokolom u potpunom inspirijumu.[130] Međutim, postoje i studije koje ukazuju na veću preciznost dijagnostike pektus ekskavatuma CT pregledom u potpunom ekspirijumu.[130,131] Mogućnost izvođenja pregleda primenom tehnike jednog preseka višestruko smanjuje efektivnu dozu jonizujućeg zračenja sa istim dijagnostičkim ishodom.[131]

U grupi dece kod koje je u prethodnih sedam godina načinjen CT grudnog koša radi evaluacije pektus ekskavatuma, sa stanovišta efektivnih doza postojala je izražena heterogenost, koja je rezultat korišćenja različitih CT parametara, pre svega napona (kV) i jačine struje (mA). Inicijalno, nakon dobijanja CT aparata, ovi pregledi su vršeni u standardnom protokolu za grudni koš (120kV, 160mA) datom od strane proizvođača CT aparata i bili su ekvivalentni sa i do 500 rendgenografija pluća. Kasnije je CT protokol za

dece sa pektus ekskavatumom modifikovan (80kV, 40mA), što je rezultiralo značajnim smanjenjem efektivne doze, koja je odgovarala broju od 40 do 45 rendgenografija pluća. Dodatna modifikacija (80kV, 20mA), dovela je do toga da su ovi CT pregledi bili ekvivalentni sa 20-25 RTG snimaka pluća. Korišćenjem "single-slice" tehnike (80kV, 10mA, bez topograma) za merenje Hallerovog i ostalih torakalnih indeksa u inspirijumu i ekspirijumu u ispitivanoj grupi naše studije, efektivna doza jonizujućeg zračenja za CT pregled izjednačena je sa jednom rendgenografijom pluća, što rizike od potencijalno štetnog jonizujućeg zračenja zaista svodi na minimum. U dostupnoj literaturi pronašli smo samo jednu studiju u kojoj su CT pregledi kod dece sa pektus ekskavatumom bili izvedeni na ovaj način.[132]

Ovo je jedan od najvažnijih rezultata studije, jer se korigovanjem tehnike snimanja i prelaskom na "single slice" tehniku samo u respiratornoj fazi ekspirijuma, može postići izuzetno smanjenje jonizujućeg zračenja u dijagnostici pektus ekskavatumata.

Multipla regresivna analiza je korišćena za potrebe naučnog istraživanja, dok se u kliničkoj praksi može koristiti samo kao jedan od konsultativnih elemenata. Pol, uzrast i grupa pacijenata su najviše uticali na vrednosti indeksa korekcije, a zatim na Halerov indeks i indeks asimetrije. Na Halerov indeks parcijalno statistički značajno utiče samo grupa (O ili P). Na indeks korekcije utiču grupa i uzrast, a na indeks asimetrije utiču pol i grupa.

Rezultati ovog istraživanja vezani su za najčešći urođeni deformitet grudnog koša, pektus ekskavatum, treba i mogu da se primene u svakodnevnom radu u ključnom trenutku donošenja odluke o operativnom lečenju, pre svega dečjih hirurga Klinike za dečju hirurgiju Instituta za zdravstvenu zaštitu dece i omladine Vojvodine u Novom Sadu, ali i u svim drugim institucijama koje se bave ovim problemom, u cilju poboljšanja kvaliteta dijagnostikovanja i krajnjeg ishoda lečenja.

Planirano je da se na osnovu dobijenih rezultata ove studije napravi protokol standardne preoperativne pripreme i lečenja pacijenata dečjeg uzrasta sa deformitetom grudnog koša po tipu pektus ekskavatumata, koji bi podrazumevao značajno manju primenu jonizujućeg zračenja primenom tehnike jednog preseka (*single slice*) kod izvođenja kompjuterizovane tomografije u nivou najizraženijeg deformiteta i u respiratornoj fazi ekspirijuma.

Određivanje nove granične vrednosti Halerovog indeksa radi pouzdanije indikacije za operativno lečenje pektus ekskavatumata predstavljaće cilj narednih istraživanja.

## VII ZAKLJUČCI

1. Fiziološki opseg vrednosti *Haller*-ovog indeksa u populaciji zdravih pacijenata u našoj studiji iznosio je od 1,47 do 3,17 (srednja vrednost:  $2,23 \pm 0,32$ ).
2. Vrednost *Haller*-ovog indeksa raste sa uzrastom deteta, dok nije utvrđena zavisnost *Haller*-ovog indeksa od pola deteta.
3. Moguće je promeniti načini CT verifikacije *Haller*-ovog indeksa u preoperativnoj pripremi za *Nuss*-ovu operaciju primenom "single-slice" tehnike.
4. Utvrđena je zavisnost veličine *Haller*-ovog indeksa od respiratorne faze u kojoj se CT pregled izvodi, sa statistički značajno većim vrednostima u ekspiratornoj fazi. U ovoj respiratornoj fazi bio je statistički signifikantno veći broj pacijenata sa *Haller*-ovim indeksom većim od 3,25.
5. "Single-slice" tehnika CT pregleda u inspirijumu i ekspirijumu 20-25 puta smanjuje efektivnu dozu jonizujućeg zračenja u odnosu na niskodozne CT preglede grudnog koša, i ekvivalentna je jednoj rendgenografiji pluća.
6. Osim *Haller*ovog indeksa, na CT pregledu korisno je meriti i druge torakalne indekse kao što su: indeks korekcije, indeks asimetrije i indeks sternalne rotacije. Na ovaj način se može mnogo realnije sagledati deformitet, pravovremeno primeniti operativno lečenje, odnosno izbeći nepotrebno operativno lečenje.
7. Na osnovu dobijenih rezultata ove studije predlaže se protokol standardne preoperativne pripreme i lečenja pacijenata dečjeg uzrasta sa deformitetom grudnog koša po tipu pektus ekskavatum, sa ciljem njegove primene u svakodnevnom radu u institucijama koje se bave ovim problemom, a u cilju poboljšanja kvaliteta dijagnostikovanja i krajnjeg ishoda lečenja.

## **VIII LITERATURA**

1. Fonkalsrud EW, Dunn JCY, Atkinson JB. Repair of pectus excavatum deformities: 30 years experience with 375 patients. *Annals of Surgery*, March 2000. 231(3): 443-8.
2. Fonkalsrud, EW. Current management of pectus excavatum. *World Journal of Surgery*, May 2003; 27(5): 502-8.
3. Pajić D. Ortopedija – Grudni koš. U: Pajić D. i sar. Hirurgija: Odabrana poglavlja. Knj. 3. Novi Sad: Symbol, 2009; str. 2192-94.
4. Lawson ML, Mellins RB, Tabangin M, Kelly RE Jr, Croitoru DP, Goretsky MJ, Nuss D. Impact of pectus excavatum on pulmonary function before and after repair with the Nuss procedure. *Journal of Pediatric Surgery* 2005; 40: 174-180.
5. Boehm RA, Muensterer OJ, Till H. Comparing minimally invasive funnel chest repair versus the conventional technique: an outcome analysis in children. *Plastic et Reconstructive Surgery* 2004; 114: 668-673; discussion 674-675.
6. Shawn D. St. Peter, David Juang, Carissa L. Garey, Carey A. Laituri, Daniel J. Ostlie, Ronald J. Sharp, Charles L. Snyder. A novel measure for pectus excavatum: the correction index. *Journal of Pediatr Surg* 2011; 46: 2270 – 2273.
7. M. Poston, Michael A. McHugh, Nicholas O. Rossi, Sonali S. Patel, Maheen Rajput, Joseph W. Turek. The case for using correction index obtained from chest radiography for evaluation of pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery* 2015; <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedsurg.2015.06.017>
8. Mariano Albertal, Javier Vallejos, Gaston Ballia, Carolina Millan, Fernando Rabinovich, Enrique Buela, Horacio Bignon, Marcelo Martinez-Ferro. Changes in chest compression indexes with breathing underestimate surgical candidacy in patients with pectus excavatum: A computed tomography pilot study. *Journal of Pediatric Surgery* 2013; 48: 2011-2016
9. Alan S. Brody, Donald P. Frush, Walter Huda, Robert L. Brent. Radiation Risk to Children From Computed Tomography. *Pediatrics* 2007; 120; 677
10. Claudia Mueller, Dickens Saint-Vil, Sarah Bouchard. Chest x-ray as a primary modality for preoperative imaging of pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery* 2008; 43: 71-73
11. Zahir U.Sarwar, MBBS, Robert DeFlorio, MD, and Stephen C. O'Connor, MD Pectus Excavatum: Current Imaging Techniques and Opportunities for Dose Reduction. *Semin Ultrasound CT MRI* 35:374381; Elsevier Inc. 2014.

12. Atsushi Yoshida, Sadashige Uemura, Mayumi Yamamoto, Hiroshi Nouse, Hisako Kuyama, Yuki Muta. Correlation of asymmetric chest wall deformity and growth in patients with pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery* 2013; 48: 771-775
13. Ebstein E. Die Trichterbrust in ihren Beziehungen zur Konstitution. *Zeitschr. F. Konstitutionslehre* 8:103, 1921.
14. Bauhinus J. *Observationum Medicarum. Liber II, Observ. 264, Francfurti 1600, p507.*
15. Kelly R E, Nuss D. Pectus Excavatum. In: Parikh D.H. et al. (eds). *Pediatric Thoracic Surgery*. London: Springer-Verlag; 2009. p. 535-545. doi:10.1007/b136543\_43
16. Brochhausen C, Turial S, Müller FK, Schmitt VH, Coerdts W, Wihlm JM, Schier F, Kirkpatrick CJ. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;14(6):801-806. doi: 10.1093/icvts/ivs045. PMID: 22394989
17. Coulson W. Deformities of the chest. *London Med Gaz*. 1820; 4:69-73.
18. Williams CT. Congenital malformation of the thorax: Great depression of the sternum. *Tr Path Soc London*. 1872; 24:50.
19. Ebstein W. Ueber die Trichterbrust. *Deutsches Arch*. 1882; 30: 411.
20. Meade RH. *A history of thoracic surgery*. Springfield, IL, Thomas, 1961.
21. Sauerbruch F. *Die Chirurgie der Brustorgane. Vol 1:437, Berlin, Springer, 1920.*
22. Goretsky MJ, Kelly RE Jr, Croitoru D, Nuss D. Chest anomalies: pectus excavatum and pectus carinatum. *Adolesc Med Clin* 2004 Oct;15(3):455-71. PMID: 15625987
23. Bagshaw O, Cray S. Anesthesia for Thoracic Surgery. In: Parikh D H, Crabbe D, Auldist A, Rothenberg S. (eds.). *Pediatric Thoracic Surgery*. London:Springer-Verlag; 2009. p. 57-74. doi: 10.1007 / 6136543\_5
24. Meyer L. Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Trichterbrust. *Verh Bel Med Ges* 1911;42:364.
25. Sauerbruch F. Operative Beseitigung der Angeborenen Trichterbrust. *Deutsche Zeitschr f. Chir* 1931;234:760.
26. Ochsner A, DeBakey M. Chone-Chondrosternon. *J Thorac Surg* 1939;8:469-511.
27. Brown AL. Pectus excavatum. *J Thorac Surg* 1939;9:164-184.
28. Sutherland ID. Funnel chest. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1958 May;40-B(2):244-51. PMID: 13539108
29. Masaoka A, Kondo S. Pectus Excavatum: A Historical Perspective and a New Metal-Free Procedure. In: Cardoso P (Ed.). *Thoracic Surgery*. Rijeka, Croatia: Tech Europe Open Access Publisher; 2012, p.137-164. doi: 10.5772/26106

30. Shamberger R C. Repair of pectus excavatum. In: Puri P, Hollwarth M (eds). Springer Surgery Atlas Series: Pediatric Surgery. New York: Springer-Verlag; 2006. p. 97–106.
31. Saxena AK. Pectus excavatum, pectus carinatum and other forms of thoracic deformities. *J Indian Assoc Pediatr Srg*. 2005 Jul-Sept ; 10 (3): 147-157.
32. Torre M, Rapuzi G, Sasonni V, Varela P. Chest wall deformities: An overview on classification and surgical options. In: Cardoso P (ed.). *Thoracic Surgery*. Rijeka, Croatia: Tech Europe Open Access Publisher; 2012, p.117-36. doi: 10.5772/25950
33. Welch KJ. Satisfactory surgical correction of pectus excavatum deformity in childhood. *J Thorac Surg* 1958 (36):697-713.
34. Martinez D, Juame J, Stein T, Pena A. The effect of costal cartilage resection on chest wall development. *Ped Surg Int* 1990 (5):170-173.
35. Haller JA, Colombani PM, Humphries CT, et al. Chest wall constriction after too extensive and too early operations for pectus excavatum. *Ann Thorac Surg* 1996 (61):1618-1625.
36. Ilinčić D, Koledin M. Grudna hirurgija – Hirurgija grudnog zida. U: Pajić D. i sar. *Hirurgija: Odabrana poglavlja*. Knj. 1. Novi Sad: Symbol, 2009. str. 838-846.
37. Parikh D.H. Applied Anatomy. In: D.H. Parikh et al. (eds.), *Pediatric Thoracic Surgery*. London:Springer-Verlag; 2009. p. 3-18. doi: 10.1007/b136543\_1
38. Gray H. *Anatomy of the Human Body*. 20th ed., Thoroughly rev. and re-edited by Warren H. Lewis. Philadelphia: Lea & Febiger; 1918, Bartleby.com; 2000. [www.bartleby.com/107/](http://www.bartleby.com/107/).
39. Sellke FW, del Nido PJ, Swanson SJ. *Sabiston and Spencer's surgery of the chest*. 8th, Eighth, Philadelphia: Saunders, PA; 2010. p.2520.
40. 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):230-239. doi: 10.3122/jabfm.2010.02.090234. PMID: 20207934
41. Liebert PS. La correction du thorax en entonnoir par voie thoroscopique chez l'enfant et l'adolescent. *E-Mémoires de l'ANC*, 2002; 1 (2): 12-15. doi:10.14607/emem.2002.2.12
42. Park JM, Farmer AR. Wolff-Parkinson-White syndrome in children with pectus excavatum. *J Pediatr*. 1988; Jun;112(6):926-8.
43. Michael K. Cheezum, Christopher J. Lettieri. *Medscape Pulmonary Medicine Cardiopulmonary Manifestations of Pectus Excavatum*. Medscape. Apr 10, 2008. [http://www.medscape.com/viewarticle/571222\\_3](http://www.medscape.com/viewarticle/571222_3)
44. Daunt SW, Cohen JH, Miller SF, et al. Age related normal ranges for the Haller index in children. *Pediatr Radiol* 2004; 34:326-330.

45. Roberts AE, Allanson JE, Tartaglia M, Gelb BD. Noonan syndrome. *Lancet*. 2013 Jan 26;381(9863):333-42. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61023-X. PMID: 23312968
46. Regier DS, Oetgen M, Tanpaiboon P. Mucopolysaccharidosis Type IVA. 2013 Jul 11 [Updated 2016 Mar 24]. In: Pagon RA, Adam MP, Ardinger HH, et al., editors. *GeneReviews®* [Internet]. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993-2016. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK148668/>
47. Hanauer A, Young ID. Coffin-Lowry syndrome: clinical and molecular features. *J Med Genet*. 2002 Oct;39(10):705-13.
48. Coffin GS. Postmortem findings in the Coffin-Lowry Syndrome. *Genet Med*. 2003 May-Jun;5(3):187-93.
49. Temtamy SA, Miller JD, Hussels-Maumenee I. The Coffin-Lowry syndrome: an inherited faciodigital mental retardation syndrome. *J Pediatr*. 1975 May;86(5):724-31.
50. Marek W. Karwacki and Wojciech Wozniak (2012). *The Skeleton Abnormalities in Patients with Neurofibromatosis Type 1: Important Consequences of Abnormal Gene Function, Osteoporosis*. Yannis Dionysiotis (Ed.), ISBN: 978-953-51-0026-3, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/osteoporosis/the-skeleton-abnormalities-in-patients-with-neurofibromatosis-type-1-important-consequences-of-abnor>
51. Francis L, Subramanyam R, Mahmoud M. Severe spinal and chest deformity secondary to neurofibromatosis. *Can J Anaesth*. 2016 Apr;63(4):488-9. doi: 10.1007/s12630-015-0543-4.
52. Fatah F, Schwabegger AH. Poland syndrome. In: AH Schwabegger. *Congenital Thoracic Wall Deformities, Diagnosis, Therapy and Current Developments*. SpringerWienNewYork 2011. p. 41-46.
53. Salamanca A, Girona A, Padilla MC, Sabatel RM, Gonzales-Gomez F. Prenatal diagnosis of pectus excavatum and its relation to Down's syndrome. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1992; 2: 446–447. doi: 10.1046/j.1469-0705.1992.02060446.x
54. Fogu G, Maserati E, Cambosu F et al. Patau syndrome with long survival in a case of unusual mosaic trisomy 13. *European Journal of Medical Genetics* 51. 2008 April; 303-314
55. Jafarian AH, Omidi AA, Fazel A, Sadeghian H, Joushanc B. Pentalogy of Cantrell: a case report. *J Res Med Sci*. 2011 Jan; 16(1): 105–109.
56. Van Hoorn JHL, Moonen RMJ, Huysentruyt CJR, Van Heurn LWE, Offermans JPM, Mulder ALMT. Pentalogy of Cantrell: two patients and a review to determine prognostic factors for optimal approach. *Eur J Pediatr*. 2008; 167:29–35
57. Hong JY, Suh SW, Park HJ, Kim YH, Park JH, Park SYJ. Correlations of adolescent idiopathic scoliosis and pectus excavatum. *Pediatr Orthop*. 2011 Dec; 31(8):870-4. doi: 10.1097/BPO.0b013e31822da7d5.



58. Berdan EA, Nuckley DJ, Poly DW Jr, Saltzman DA. Double crush to the thorax: Pectus excavatum and kyphoscoliosis doi:10.1016/j.epsc.2013.11.008
59. Finsterer J, Strobl W. Orthopaedic abnormalities in primary myopathies. *Acta Orthop. Belg.* 2011; 77, 563-582
60. Cobben JM, Oostra RJ, van Dijk FS. Pectus excavatum and carinatum. *Eur J Med Genet.* 2014 Aug;57(8):414-7. doi: 10.1016/j.ejmg.2014.04.017. Epub 2014 May 10. Review. PMID: 24821303
61. Liu T, Liu H, Li Y. Comparison of the Nuss and sternal turnover procedures for primary repair of pectus excavatum. *Asian J Surg.* 2014 Jan;37(1):30-4. doi: 10.1016/j.asjsur.2013.07.009. Epub 2013 Aug 24. PMID: 23978431
62. Semenitz B. Cardiopulmonal investigation. In: AH Schwabegger. *Congenital Thoracic Wall Deformities, Diagnosis, Therapy and Current Developments.* SpringerWienNewYork 2011. p. 75 – 78.
63. Štefánková E, František H, Pavol O, Neščáková E. Medical Anthropometry in Pediatric Surgery. *SM J Pediatr Surg.* 2015;1(1):1005.
64. Baldassari Rebeis E, Milanez de Campos JR, Pinho Moreira LF, Pastorino AC, Pêgo-Fernandes PM, Biscegli Jatene F. Variation of the Anthropometric Index for pectus excavatum relative to age, race, and sex. *Clinics (Sao Paulo).* 2013 Sep; 68(9): 1215–1219. doi: 10.6061/clinics/2013(09)07
65. Rebeis EB, Campos JR, Fernandez A, Moreira LF, Jatene FB. Anthropometric index for Pectus excavatum. *Clinics (Sao Paulo).* 2007 Oct;62(5):599-606.
66. AH Schwabegger. *Congenital Thoracic Wall Deformities, Diagnosis, Therapy and Current Developments.* SpringerWienNewYork. ISBN 978-3-211-99137-4
67. Don S. Radiosensitivity of children: potential for overexposure in CR and DR and magnitude of doses in ordinary radiographic examinations. *Pediatr Radiol* 2004;34:S167-S172.
68. Donnelly LF, et al. *Diagnostic imaging: pediatrics.* Salt Lake City (Utah): Amysis; 2005.
69. Beir V. *Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation.* Washington (DC): National Academy Press; 1990.
70. Haller JA, Kramer SS, Lietman SA. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *J Pediatr Surg* 1987;22:904-6.
71. Knudsen MR, Nyboe C, Hjortdal VE, et al. Routine postoperative chest X-ray is unnecessary following the Nuss procedure for pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013; 16:830-833.
72. Da Costa e Silva EJ, da Silva GA (2007) Eliminating unenhanced CT when evaluating abdominal neoplasms in children. *AJR* 189:1211-1214

73. Gnanasambandam S, Olsen OE (2006) CT in children with abdominal cancer: should we routinely include the pelvis? *Pediatr Radiol* 36:213-215
74. Israel GM, Bosniak MA (2005) How I do it: evaluating renal masses. *Radiology* 236:441-450
75. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al (2012) Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumors: a retrospective cohort study. *Lancet*, DOI:10.1016/S0140-6736(12)60815-0
76. Kilda A, Lukosevicius S, Barauskas V, et al. Radiological changes after Nuss operation for pectusexcavatum. *Medicina (Kaunas)* 2009;45(9)
77. Khanna G, Jaju A, Don S, et al. Comparison of Haller index values calculated with chest radiographs versus CT for pectusexcavatum evaluation. *Pediatr Radiol* 2010
78. Rattan AS, Laor T, Ryckman FC, et al. Pectusexcavatum imaging: enough but not too much. *Pediatr Radiol* 2010;40(2):168-72 [Epub 2009 Oct 8].
79. Health effect of exposure to low levels of ionizing radiation. Washington DC: National Academy Press; 1990. Beir.
80. Brenner D, Elliston C, Hall E, et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol* 2001;176(2):289-96. 5(9):699-705.
81. Raichura N, Entwisle J, Leverment J, et al. Breath-hold MRI in evaluating patients with pectusexcavatum. *Br J Radiol* 2001;74(884): 701-8.
82. Lo Piccolo R, Bongini U, Basile et al. Chest fast MRI: an imaging alternative on pre-operative evaluation of Pectus Excavatum. *J Pediatr Surg.* 2012 Mar;47(3):485-9. doi:10.1016/j.jpedsurg.2011.09.038.
83. Kelly Jr RE. Pectusexcavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg* 2008;17(3):181-93 Review.
84. Nakaoka T, Uemura S, Yano T, et al. Does overgrowth of costal cartilage cause pectusexcavatum? A study on the lengths of ribs and costal cartilages in asymmetric patients. *J Pediatr Surg* 2009;44(7): 1333-6.
85. Poncet P, Kravarusic D, Richart T, Evison R, Ronsky JL, Alassiri A, Sigalet D. Clinical impact of optical imaging with 3-D reconstruction of torso topography in common anterior chest wall anomalies. *Journal of Pediatric Surgery.* Volume 42, Issue 5, May 2007, Pages 898–903
86. Strawbridge H, Kurland G, Watson RS, et al (2012) Radiation exposure from diagnostic imaging in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 13(4):245-248
87. Mazrani W, McHugh K, Marsden PJ (2007) The radiation burden of radiological investigations. *Arch Dis Child* 92:1127-1131

88. Berrington de Gonzales A, Darby SL (2004) Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 363:345-351
89. Mettler FA, Wiest PW, Locken JA, et al (2000) CT scanning: patterns of use and dose. *J Radiol Prot* 20(4): 353–359
90. CT Safety & Efficacy: A Broad Perspective. 2004 CT quality criteria. Appendix A – MSCT dosimetry, guidelines on radiation dose to the patient. Available at [http://www.msct.eu/CT\\_Quality\\_Criteria.htm](http://www.msct.eu/CT_Quality_Criteria.htm).
91. European Commission (1999) European guidelines on quality criteria for computed tomography. Report EUR 16262. Office for Official Publications of the European Communities, Brussels. Available at <http://www.dr.dk/guidelines/ct/quality/>.
92. Khursheed A, Hillier MC, Shrimpton PC, et al (1997) Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations. *Br J Radiol* 75:819–830
93. Huda W, Atherton JV, Ware DE, et al (1997) An approach for the estimation of effective radiation dose at CT in pediatric patients. *Radiology* 203:417–422
94. Huda W, Gkanatsios NA (1997) Effective dose and energy imparted in diagnostic radiology. *Med Phys* 24:1311–1316
95. Shrimpton PC (2004) Assessment of patient dose in CT. NRPB-PE/1/2004. NRPB, Chilton. Also published as Appendix C of the 2004 CT Quality Criteria (MSCT, 2004) at [http://www.msct.eu/CT\\_Quality\\_Criteria.htm](http://www.msct.eu/CT_Quality_Criteria.htm)
96. Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, et al (2005) Doses from computed tomography examinations in the UK - 2003 review. NRPB - W67, NRPB Publications. Available at <http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/index.htm>
97. Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, et al (2006) National survey of doses from CT in the UK: 2003. *Br J Radiol* 79:968–980
98. Nickoloff E (2002) Current adult and pediatric CT doses. *Pediatr Radiol* 32:250–260
99. Huda W (2002) Effective doses to adult and pediatric patients. *Pediatr Radiol* 32:272–279
100. Shrimpton PC, Wall BF (2000) Reference doses for paediatric computed tomography. *Radiat Prot Dosimetry* 90:249–252
101. Chapple C-L, Willis S, Frame J (2002) Effective dose in paediatric computed tomography. *Phys Med Biol* 47:107–115
102. Kerry M, Fagelman, Sosamma Methratta, Robert E. Cilley, Matthew Z. Wilson, Christopher S. Hollenbeak. The Depression index: an objective measure of the severity of pectus excavatum based on vertebral diameter, a morphometric correlate to patient size. *Journal of Pediatric Surgery* 2015; 50: 1130-1133

103. Blickman JG, Rosen PR, Welch KJ, et al: Pectus excavatum in children: Pulmonary scintigraphy before and after corrective surgery. *Radiology* 156: 781-782, 1985.
104. FM Haecker, M Martinez-Ferro. *Non-Surgical Treatment for Pectus Excavatum and Carinatum*. Springer International Publishing Switzerland 2016. S.K. Kolvekar, H.K. Pilegaard (eds.), *Chest Wall Deformities and Corrective Procedures*. DOI 10.1007/978-3-319-23968-2\_17
105. Haje SA, Haje DP. Overcorrection during treatment of pectus deformities with DCC orthoses: experience in 17 cases. *Int Orthop*. 2006 Aug; 30(4): 262–267. Published online 2006 Feb 11. doi: 10.1007/s00264-005-0060-0
106. Canavan PK, Cahalin L. Integrated physical therapy intervention for a person with pectus excavatum and bilateral shoulder pain: a single-case study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Nov;89(11):2195-204. doi: 10.1016/j.apmr.2008.04.014.
107. Cheung SY. Exercise therapy in the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Respir Crit Care*. 2005; 1: 10-3.
108. Bahr M. Vacuum bell procedure according to Eckart Klobe (nonsurgical). In: AH Schwabegger. *Congenital Thoracic Wall Deformities, Diagnosis, Therapy and Current Developments*. SpringerWienNewYork 2011. p. 190-195
109. Häcker, F. M., Zuppinger, J., & Sesia, S. B. Le traitement conservateur du thorax en entonnoir par cloche à aspiration. *Cabinet Forum Med Suisse* 2014;14 (45):842–849.
110. Haecker FM, Sesia S. Non-surgical treatment of pectus excavatum. *J Vis Surg*. 2016; 2:63. doi: 10.21037/jovs.2016.03.14
111. Open Journal of Pediatrics, 2013, 3, 211- 223 OJPed <http://dx.doi.org/10.4236/ojped.2013.33038> Published Online September 2013 Advances in the management of pectus deformities in children N Swergold, P Sridharan, M Loukas, RS Chamberlain.
112. Brochhausen C, Turial S, Müller FK, Schmitt VH, Coerdts W, Wihlm JM, Schier F, Kirkpatrick CJ. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;14(6):801-806. doi: 10.1093/icvts/ivs045. PMID: 22394989
113. Jokic R. *Ortopedija –Grudni koš*. U: Pajić D. i sar. *Hirurgija: Odabrana poglavlja*. Knj. 3. Novi Sad: Symbol, 2009. str. 2194-97.
114. Ravitch MM. The operative treatment of pectus excavatum. *Ann Surg* 1949;122: 429–444.
115. Ravitch, M. M. *Congenital Deformities of the Chest Wall and Their Operative Correction*. Philadelphia: W. B. Saunders Co, 1977.
116. Pilegaard HK. Nuss technique in pectus excavatum: a mono-institutional experience. *J Thorac Dis*. 2015 Apr; 7(Suppl 2): S172–S176. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.07 . PMID: PMC4419029

117. Radoica Jokić, Dragan Kravarušić, Miloš Pajić, Jelena Antić, Zoran Vukašinović. Minimalno invazivna hirurška korekcija udubljenih grudi kod adolescenata – naše kliničko iskustvo. *Srp Arh Celok Lek.* 2013 Jul-Aug;141(7-8):503-506
118. Antić J, Jokić R, Šarac D, Pajić M, Bukarica S Primena torakoskopije u lečenju empijema pleure kod dece, 11. Simpozijum podunavskih zemalja dečjih hirurga i 2. Kongres dečjih hirurga Srbije sa međunarodnim učešćem, Novi Sad, Srbija
119. Jokić R, Dobanovački D, Šarac D, Kravarušić D, Pajić M, Antić J, Bukarica S : Minimal invasive surgery in Novi Sad, kriva učenja. 10. Danube Symposium Pediatric Surgery, 2010. Beč, Austria.
120. 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: 545–552.
121. Park HJ, Lee SY, Lee CS. Complications associated with the Nuss procedure: analysis of risk factors and suggested measures for prevention of complications. *J Pediatr Surg* 2004;39: 391–395.
122. Kelly RE, Mellins RB, Shamberger RC et al. Multicenter study of pectus excavatum, final report: complications, static/exercise pulmonary function, and anatomic outcomes. *J Am Coll Surg.* 2013 Dec;217(6):1080-9. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2013.06.019.
123. Croitoru DP, Kelly RE Jr, Goretsky MJ, Lawson ML, Swoveland B, Nuss D. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J Pediatr Surg* 2002;37: 437–445.
124. Nuss D, Croitoru DP, Kelly RE Jr, Goretsky MJ, Nuss KJ, Gustin TS. Review and discussion of the complications of minimally invasive pectus excavatum repair. *Eur J Pediatr Surg* 2002;12: 230–234.
125. Cristoph Castellani, J. Windhaber, P.H. Schober, M.E.Hoelwarth. Exercise performance testing in patients with pectus excavatum before and after Nuss procedure. *Pediatric Surg Int* 2010; 26: 659-663.
126. Tieqin Liu, Hongxu Liu, Chunlu Yang, Changbo Sun. Brachial plexus palsy, a rare complication of the Nuss procedure for pectus excavatum: a case report. *Journal of Pediatric Surgery* 2012; 47: E19-E20.
127. Haller JA Jr, Loughlin GM. Cardiorespiratory function is significantly improved following corrective surgery for severe pectus excavatum. Proposed treatment guidelines. *Journal of Cardiovascular Surgery*, February 2000. 41(1): 125-30.
128. Nicola Zampieri, Giovanni Ruggeri, Gabriella Scire, Tommaso Gargano, Saverio Francesco Camoglio, Mario Lima. The role of transthoracic ultrasounds to assess patients with pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery* 2013; 48: 496-501

129. Committee to assess health risks from exposure to low levels of ionizing radiation NRC (2006) Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. BEIRVII Phase 2. National Academies Press, Washington DC
130. Feusner J, Buckley J, Robison L, et al (1998) Prematurity and hepatoblastoma: more than just an association? *J Pediatr* 133:585–586
131. Lee CL, Haims AH, Monico EP, et al (2004) Diagnostic CT scans: Assessment of patients, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology* 231:393-398
132. Arturas Kilda, Algidas Basevicius, Vidmantas Barauskas Saulius, Lukosevicius, Donatas Ragaisi. Radiological Assessment of Children with Pectus Excavatum. *Indian J Pediatr.* 2007 Feb;74(2):143-7.
133. Cartoski MJ, Nuss D, Goretsky MJ, et al. Classification of the dysmorphology of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* 2006; 41:1573-81
134. Park HJ, Lee SY, Lee CS, et al. The Nuss procedure for pectus excavatum: evolution of techniques and early results on 322 patients. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 289-95

## **VIII PRILOZI**

### **Prilog 1.**

#### **INFORMACIJA ZA RODITELJA / STARATELJA**

Naziv studije:

»KLINIČKI ZNAČAJ NAČINA ODREĐIVANJA TORAKALNIH INDEKSA U DIJAGNOSTICI I TERAPIJSKOM TRETMANU PEKTUS EKSKA VATUMA KOD DECE«

#### **Poštovani roditelji/staratelji,**

Kod Vašeg deteta smo na osnovu anamnestičkih podataka, kliničkog pregleda, utvrdili postojanje urođenog deformiteta prednjeg zida grudnog koša po tipu levkastog deformiteta grudne kosti. Lečenje ovog oboljenja često se sprovodi hirurškim putem. U cilju preciznog postavljanja dijagnoze i indikacija za operativno lečenje, neophodno je sprovesti određene dijagnostičke procedure: klinički pregled, fotografisanje deformiteta iz više pravaca, merenje stepena deformiteta izraženo u centimetrima i snimanje kompjuterizovanom tomografijom tehnikom jednog preseka uz minimalnu dozu zračenja.

Pozivamo Vas da učestvujete u studiji koja će se obaviti na našoj Klinici, pod gore navedenim naslovom, čiji je cilj da se formiraju bolji dijagnostički kriterijumi uz manje doze zračenja u odnosu na raniji period i na taj način postavi precizna indikacija za operativno lečenje.

U ovoj studiji će biti uključeno 30 dece, uzrasta od 10-18 godina kod kojih je postavljena dijagnoza urođenog levkastog deformiteta grudnog koša, a radi dijagnostike i lečenja deformiteta.

Primenjene dijagnostičke i terapijske procedure kod Vašeg deteta neće se ni po čemu razlikovati od uobičajenih, do sada primenjivanih procedura.

Podaci će biti poverljivi, a identitet Vašeg deteta se neće otkrivati. Ne postoji opasnost da bi učestvovanje Vašeg deteta u studiji moglo narušiti njegovo zdravlje. Rizici koji postoje su jednaki rizicima za predviđene dijagnostičke i terapijske procedure koje su i do sada sprovedene kod dece sa levkastim deformitetom grudnog koša. Ovi rizici su Vam predloženi prilikom pregleda hirurga.

Za učestvovanje u ovoj studiji nećete imati nikakvih troškova, ali ni bilo kakve finansijske nadoknade.

Vaša odluka o neprihvatanju učestvovanja u ovoj studiji neće uticati na dalje lečenje Vašeg deteta. U svakom momentu imate mogućnost prekida učestvovanja u ovoj studiji, takođe bez uticaja na tok lečenja.

Za sve dodatne informacije ili objašnjenja možete se obratiti dečjem hirurгу koji je pregledao Vaše dete, kao i voditelju istraživanja.

Voditelj istraživanja  
*mr sci. dr Miloš Pajić*

## Prilog 2.

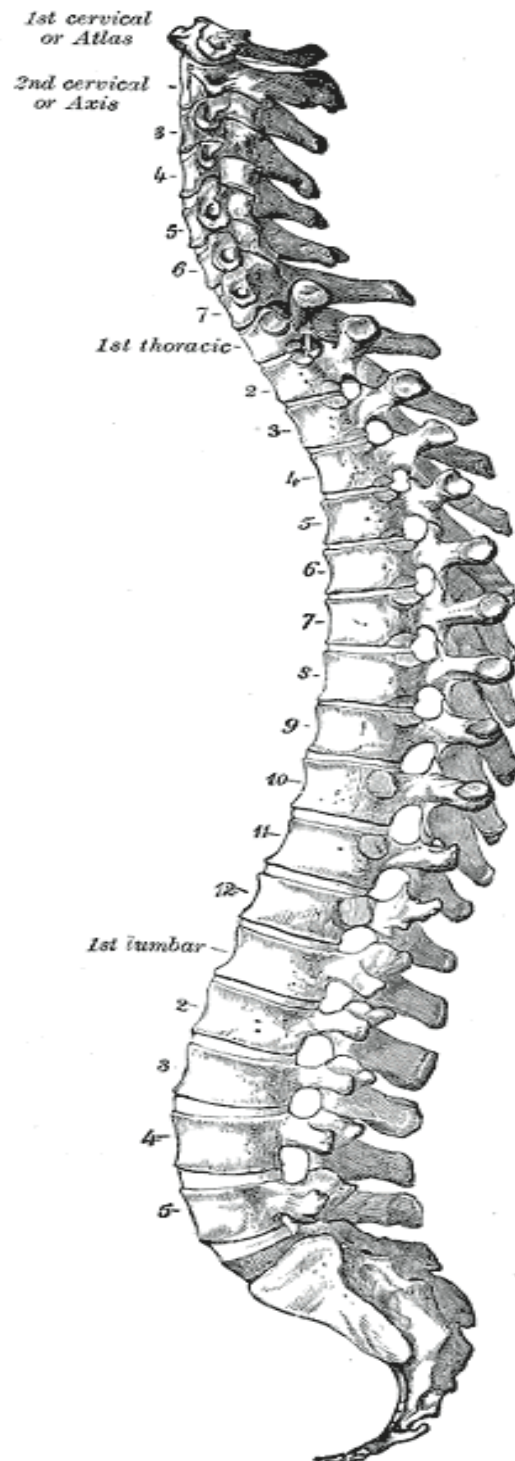
## EVALUACIJA PEKTUS EKSKA VATUMA

Datum			Antropometrijski parametri			Pulmoški pregled			Kardiološki pregled		
Broj Pacijenta						Auskultatorni nalaz			Patološki opis		
Generalije			Visina (cm)			Uredan			Ritam		
Prezime i ime			Težina			Saturacija O <sub>2</sub> (%)			Tonovi		
Pol			Obim grudnog koša (cm)			Frekvencija respiracija (n/min)			Šumovi		
Datum rođenja			Širina grudnog koša (cm)			Spirometrija			EKG		
Vreme postavljanje dijagnoze (godina)			Dubina grudnog koša (cm)			TLC			Osovina		
Mesto stanovanja			Indeks depresije grudnog koša			VT			Frekvencija		
Anamneza			Indeks korekcije			RV					
			Indeks sternalne rotacije			ERV					
Srčane bolesti			Hallerov indeks			IRV					
Plućne bolesti						IVC					
Bolesti digestivnog trakta						VC					
Urogenitalne bolesti						FRC					
Deformiteti lokomotornog sistema						FVC					
Koje?						FEV1					
						FIF					
						PEF					

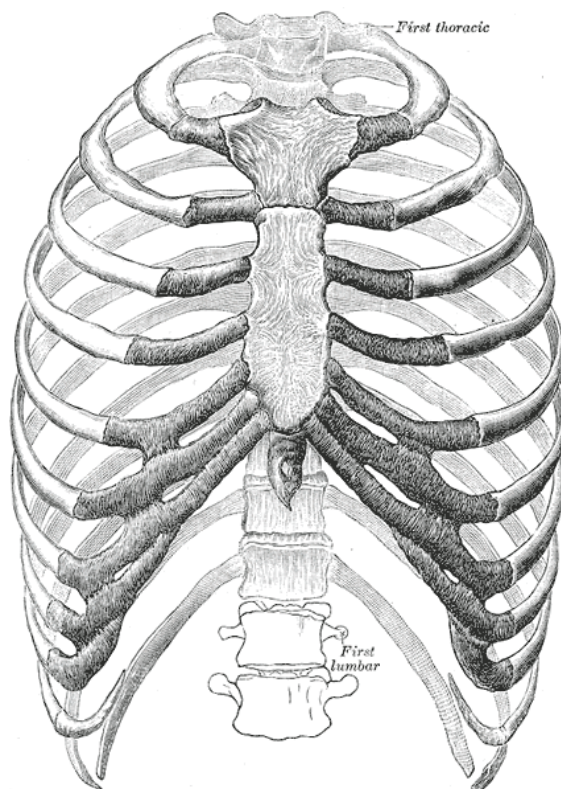


**Prilog 3.**

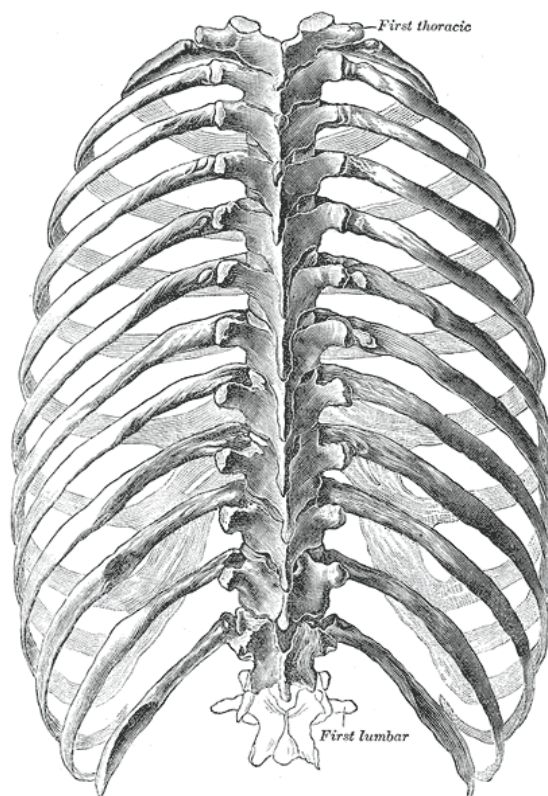
Anatomija grudnog koša  
(preuzeto sa: <http://www.bartleby.com/107/>)



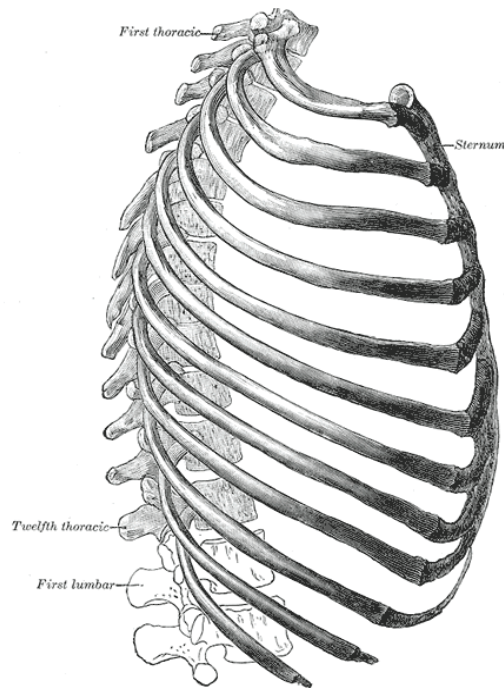
(<http://www.bartleby.com/107/illus111.html>)



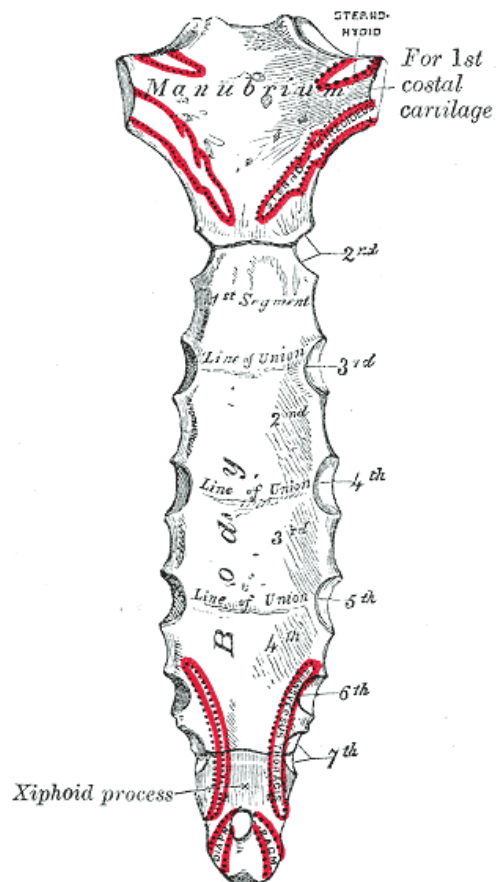
(<http://www.bartleby.com/107/illus112.html>)



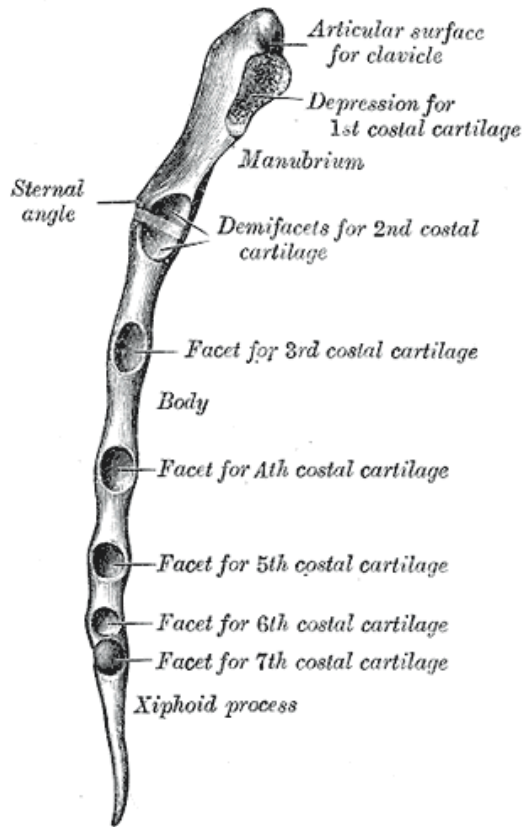
(<http://www.bartleby.com/107/illus113.html>)



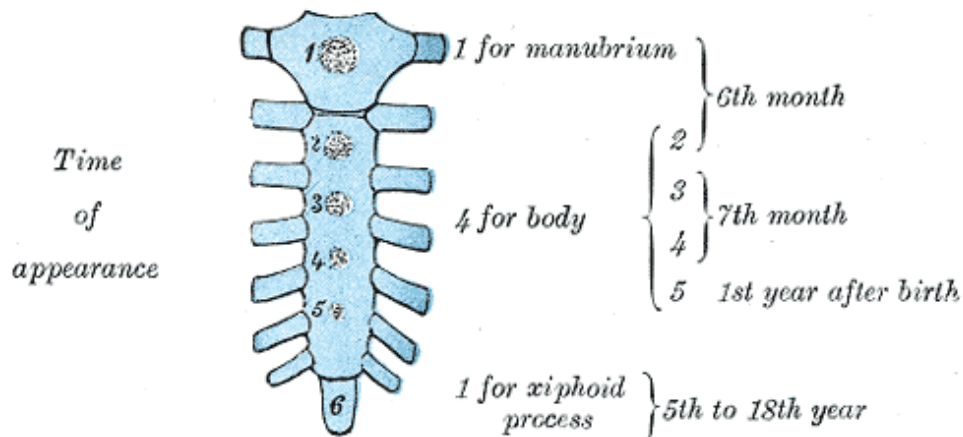
(<http://www.bartleby.com/107/illus114.html>)



(<http://www.bartleby.com/107/illus116.html>)

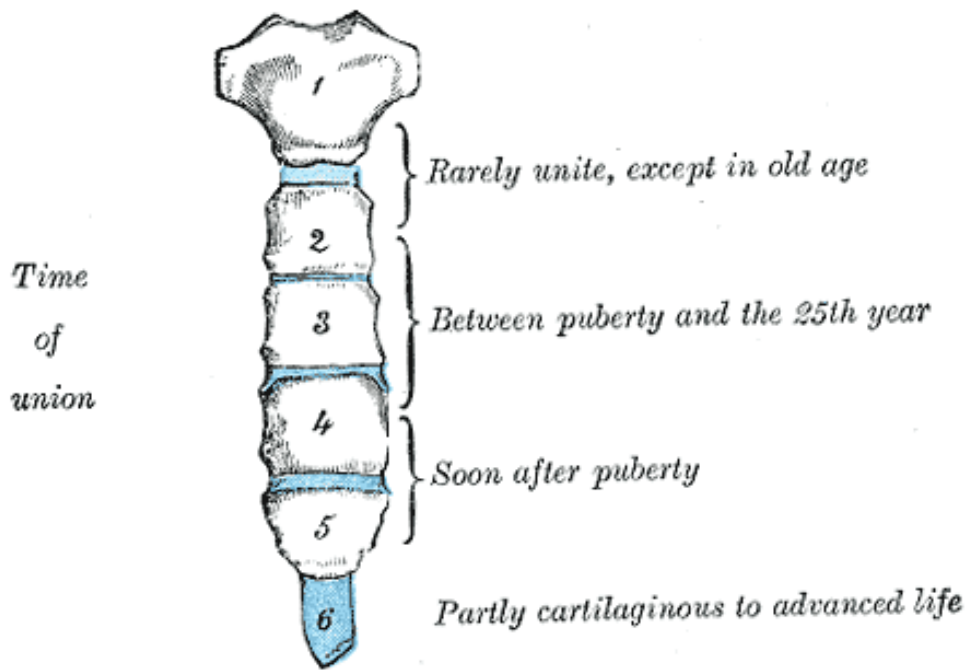


(<http://www.bartleby.com/107/illus117.html>)

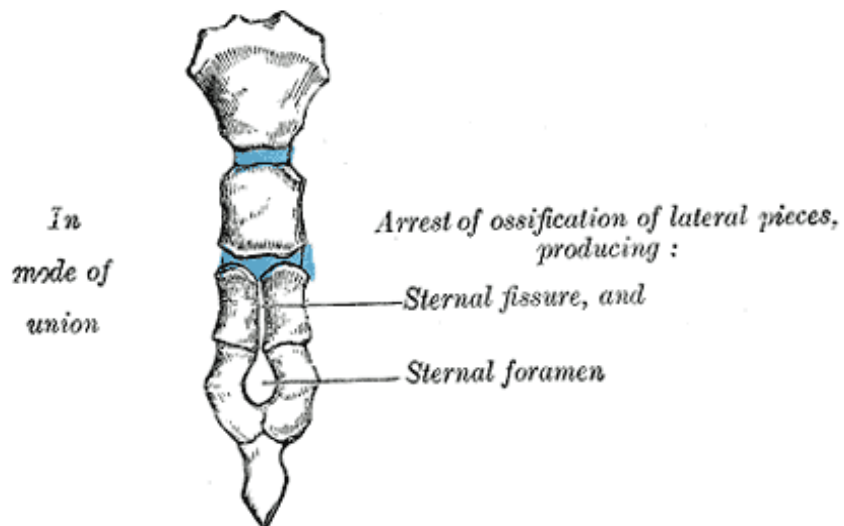


Ossification of the sternum.

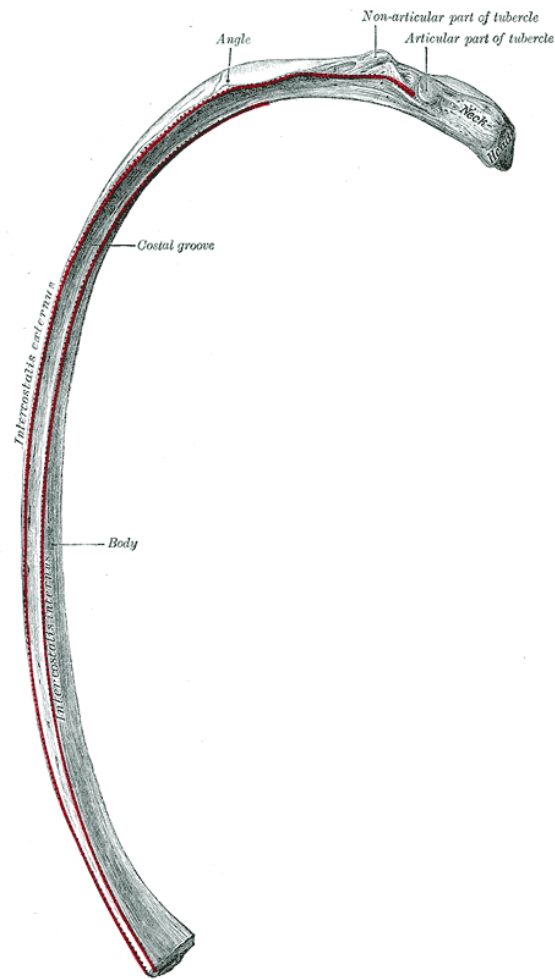
(<http://www.bartleby.com/107/illus118.html>)



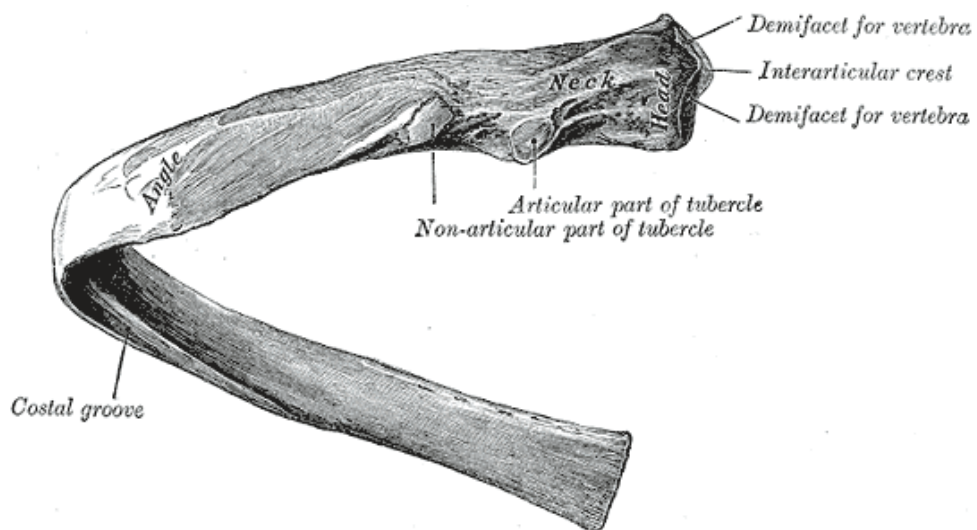
(<http://www.bartleby.com/107/illus119.html>)



(<http://www.bartleby.com/107/illus121.html>)



(<http://www.bartleby.com/107/illus122.html>)



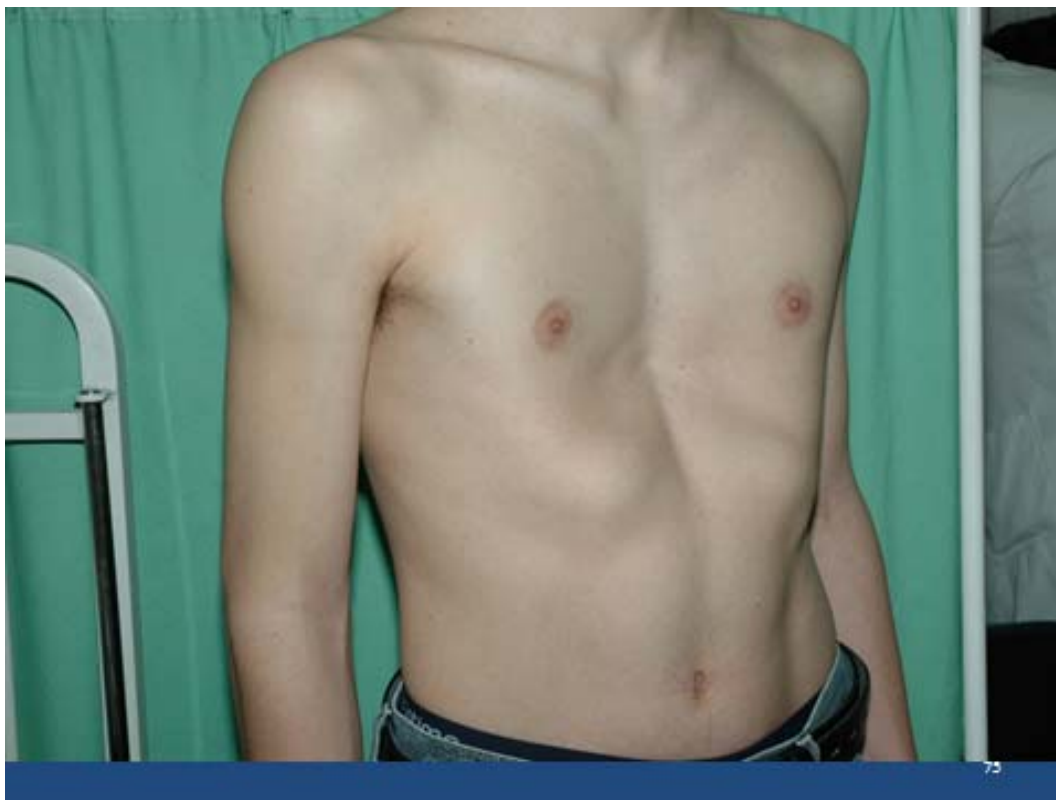
(<http://www.bartleby.com/107/illus123.html>)





**Prilog 4.**

Foto dokumentacija



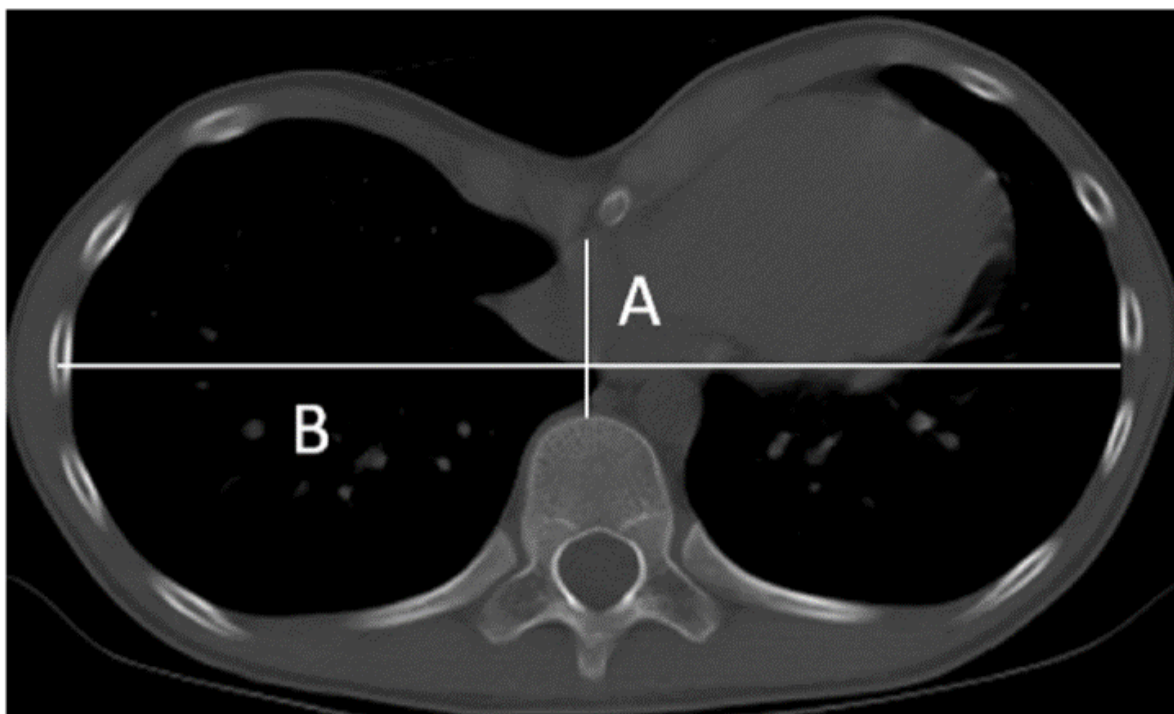




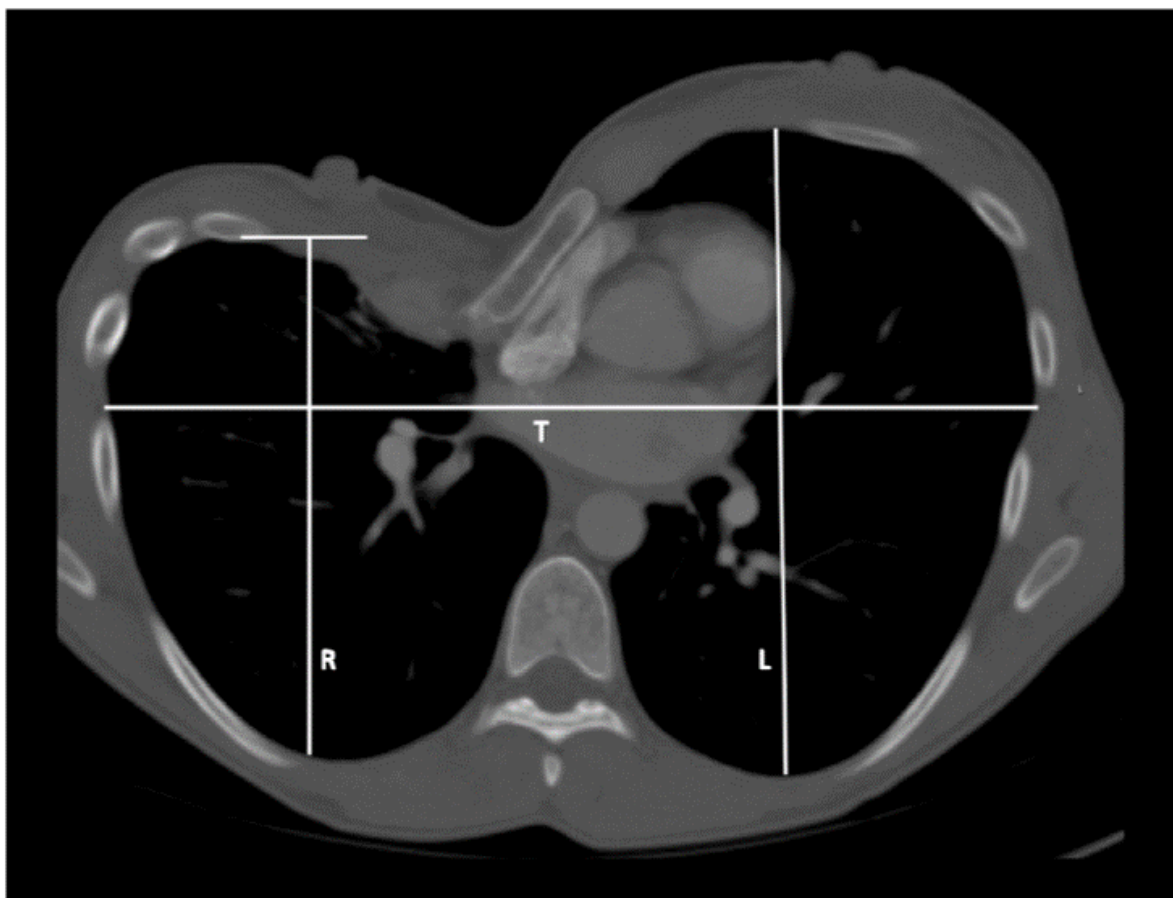
**Prilog 5.**

**Kompjuterizovana tomografija – torakalni indeksi**

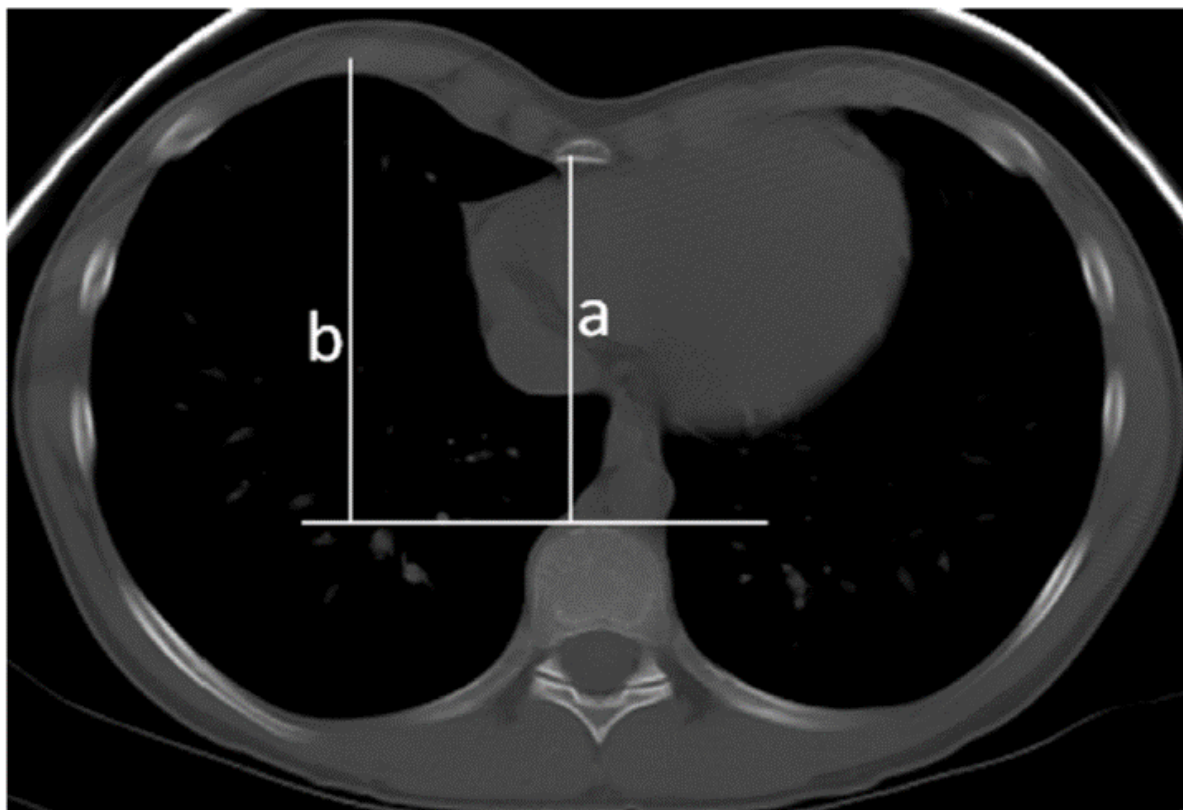
1. Haller-ov indeks (CT)



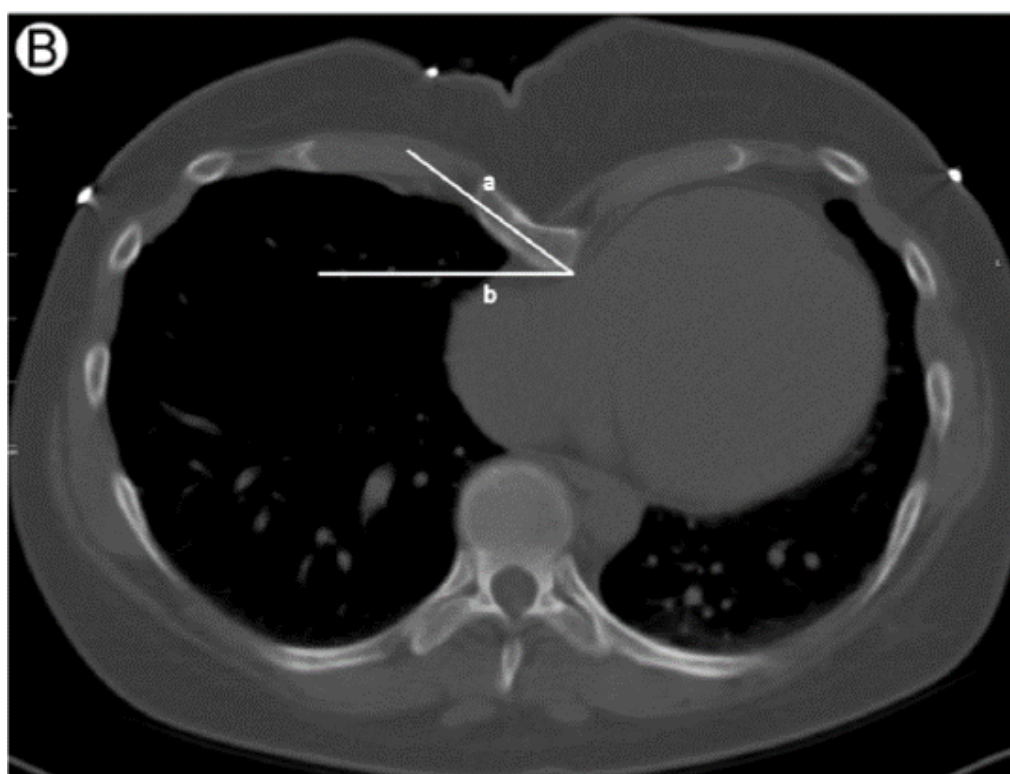
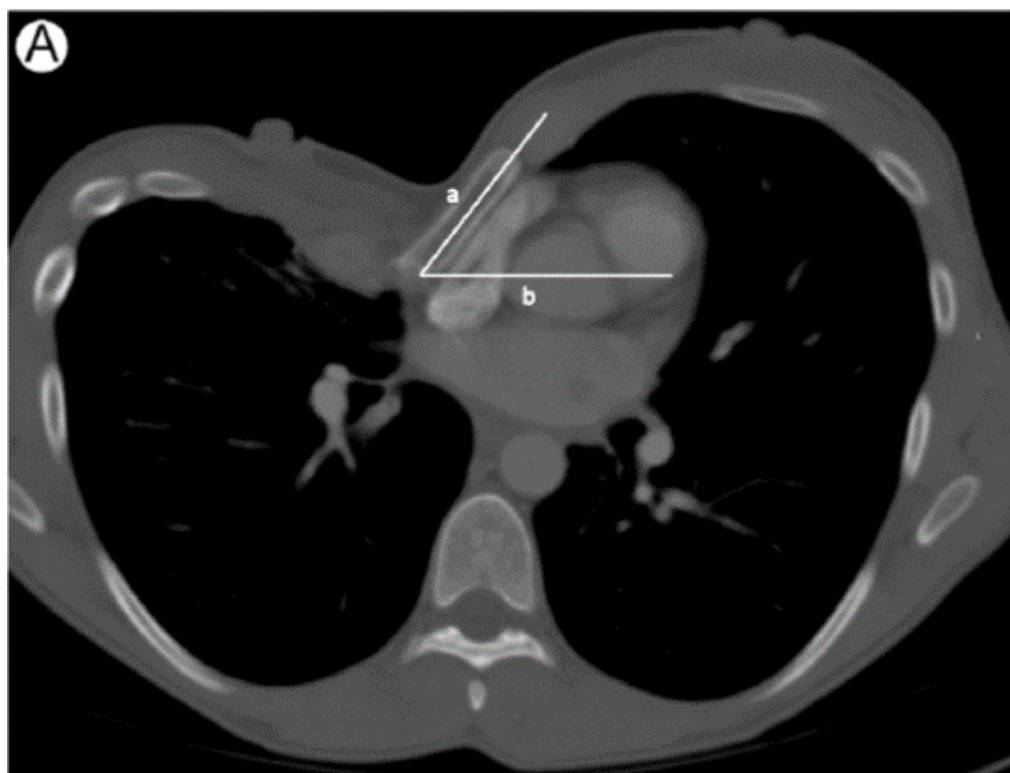
2. Indeks asimetrije



3. Indeks korekcije

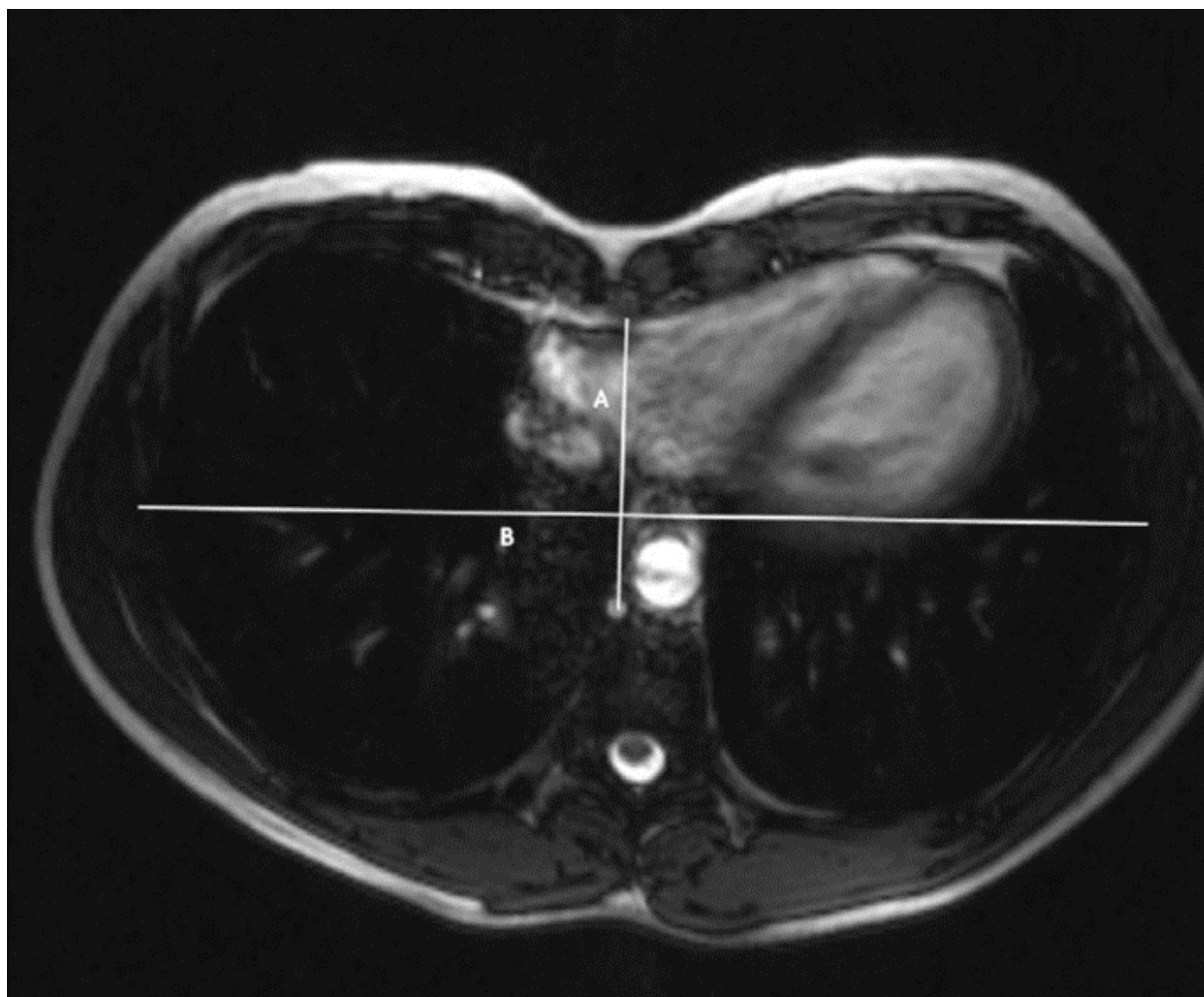


4. Indeks sternalne rotacije



**Prilog 6.**

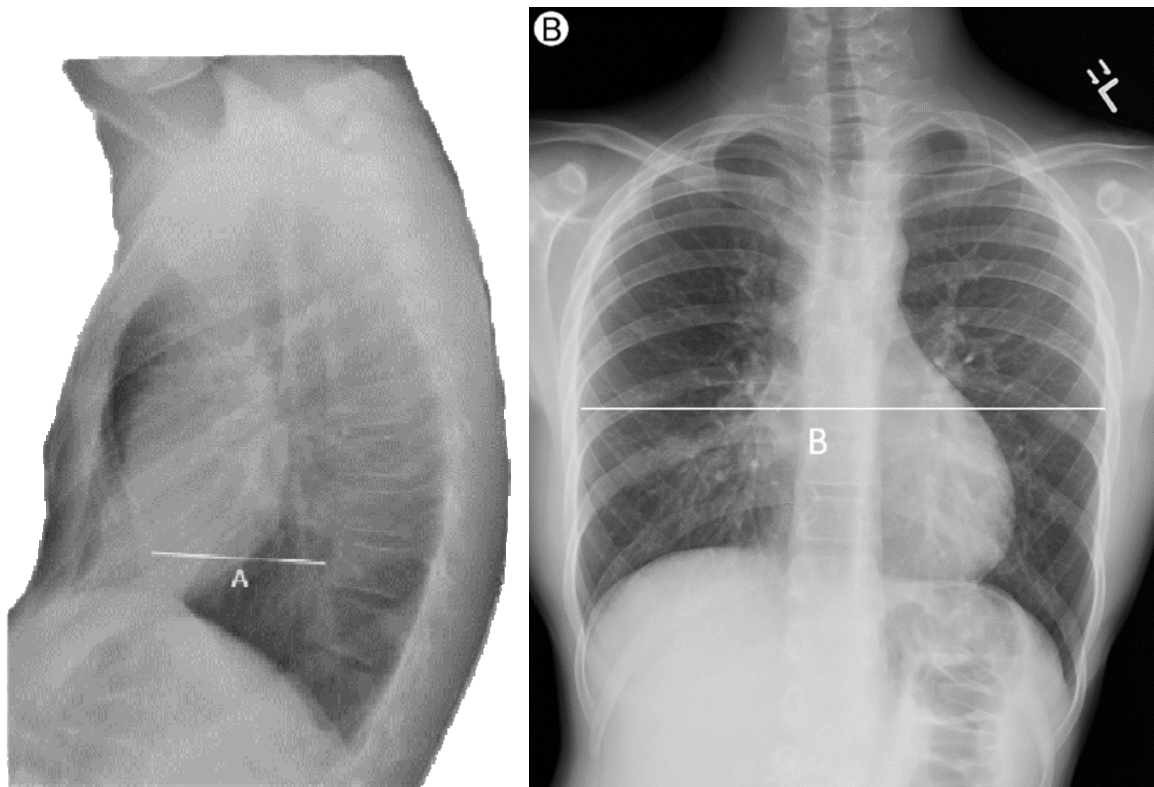
Haller-ov indeks (MRI – Magnetna rezonanca)





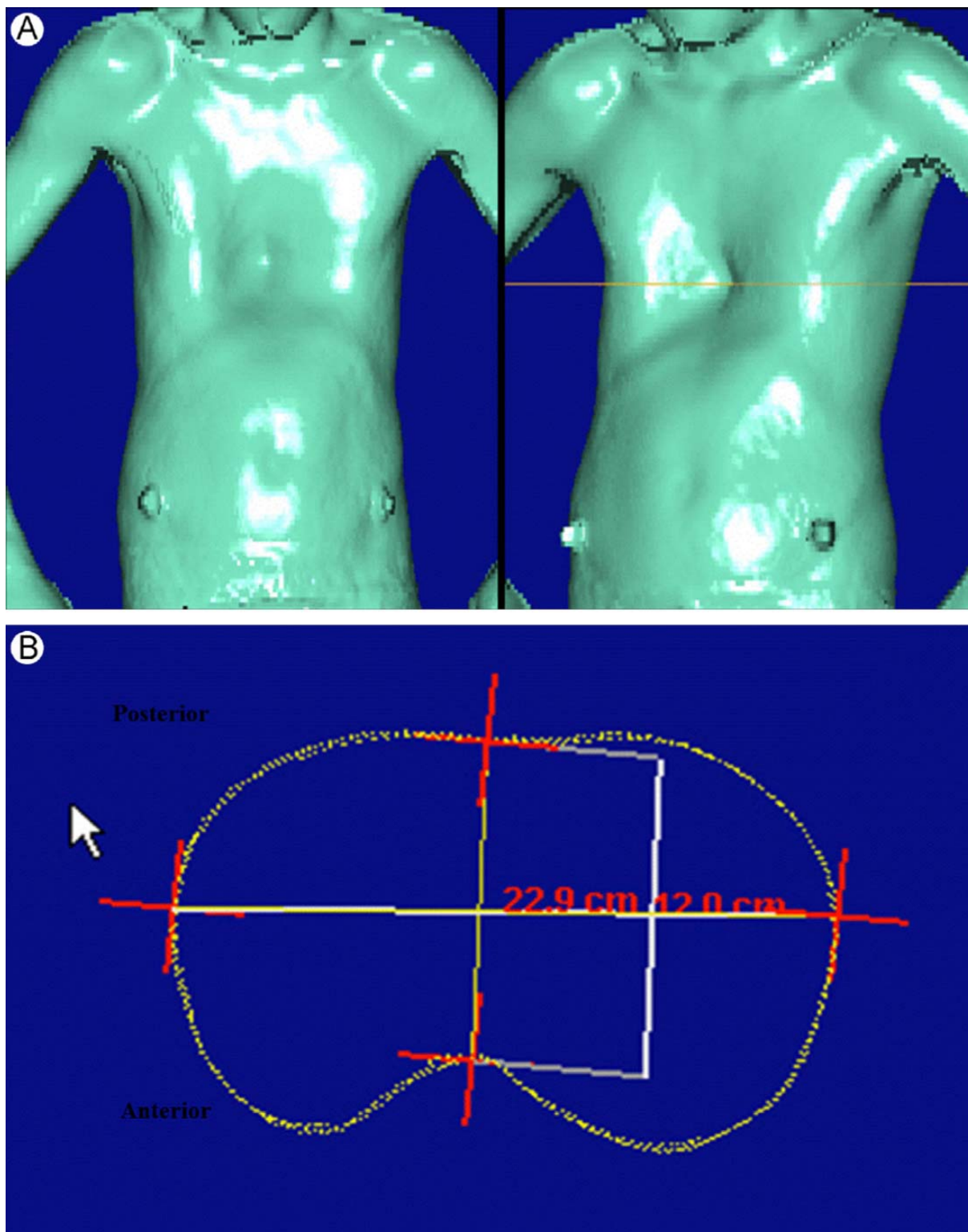
**Prilog 7.**

Haller-ov indeks (RTG)



**Prilog 8.**

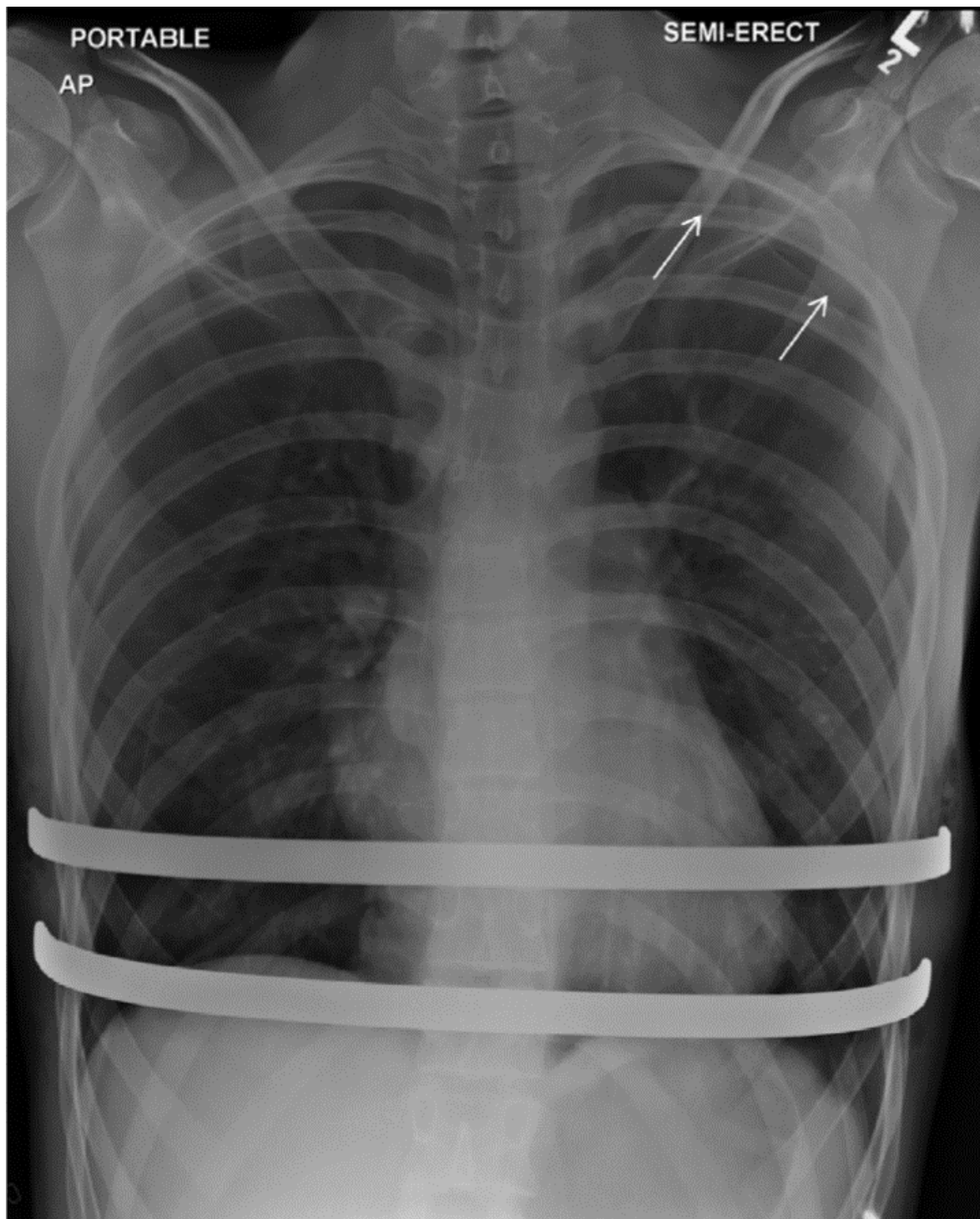
Optičko snimanje – 3D modeli





**Prilog 9.**

**RTG snimak nakon Nuss-ove operacije**  
(dva pektus bara i manji postoperativni pneumotoraks)



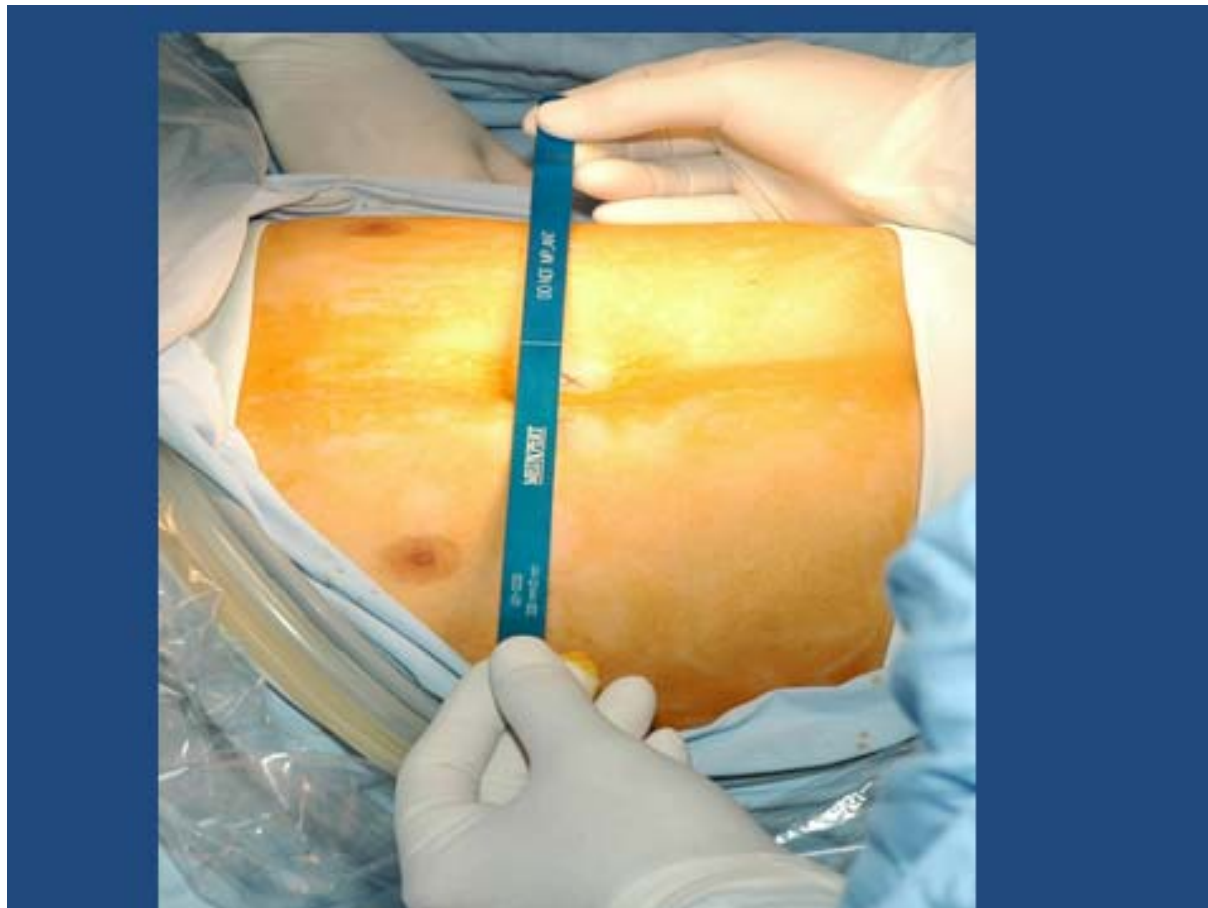
**Prilog 10.**

Fotodokumentacija (preoperativni nalaz i nalaz nakon Nuss-ove operacije)



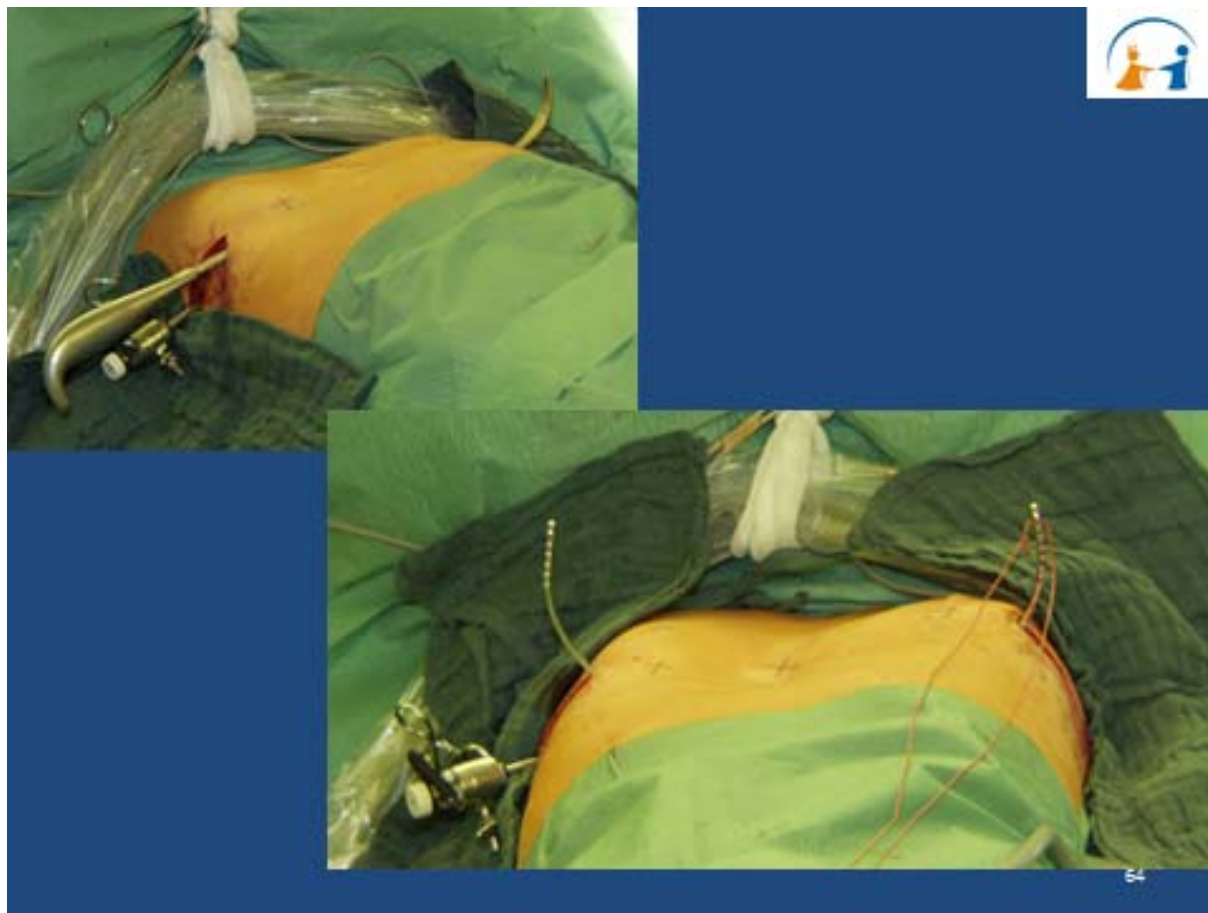
**Prilog 11.**

Fotodokumentacija (Nuss-ova operacija)



**Prilog 12.**

Fotodokumentacija (Nuss-ova operacija)



**Prilog 13.**

Fotodokumentacija (Nuss-ova operacija)





**Prilog 14.**

Fotodokumentacija (Nuss-ova operacija)



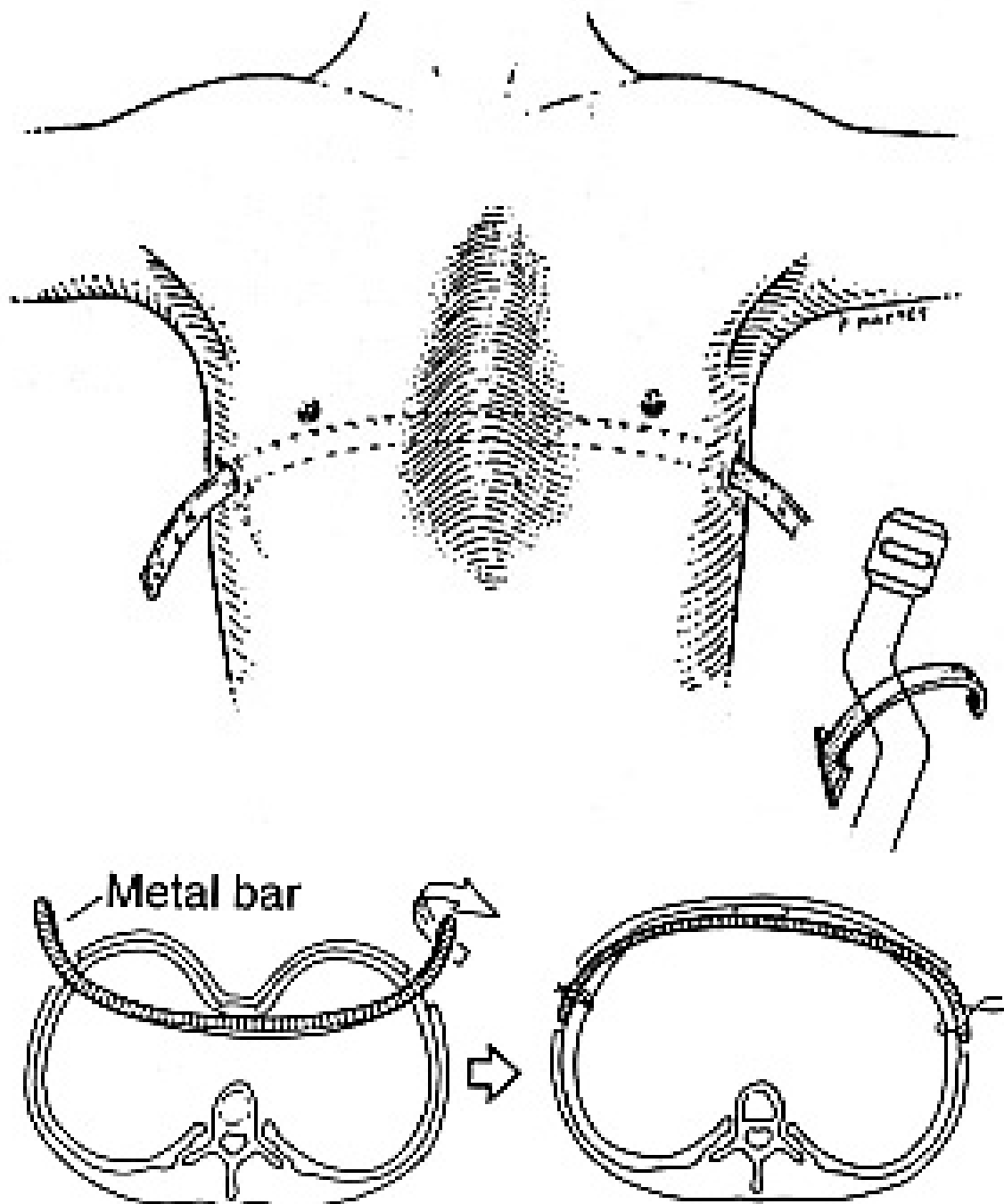
**Prilog 15.**

Fotodokumentacija (krajnji rezultat Nuss-ove operacije)



**Prilog 16.**

Šematski prikaz Nuss-ove operacije





**Prilog 17.**

Šematski prikaz Ravitch-ove operacije

