

Vita Čebašek<sup>1</sup>

# Anatomija pljuč

## *Anatomy of the Lungs*

---

### IZVLEČEK

---

**KLJUČNE BESEDE:** pljuča, bronhialno drevo, pljučno žilje, bronhialno žilje, bezgavke, živci

Članek opisuje površino in notranjo strukturo pljuč ter topografske odnose s sosednjimi organi. Prikazan je potek parietalne plevre, razloženi so plevralni recesusi in pulmonalni ligament. Opisan je dvojni krvni obtok pljuč, pljučne (funkcionalne) in bronhialne (nutritivne) žile, našteje se glavne skupine bezgavk in živci, ki oživčujejo pljuča in plevro. Anatomske opombe so dodane kratke klinične opombe.

---

### ABSTRACT

---

**KEY WORDS:** bronchial tree, pulmonary blood vessels, bronchial blood vessels, lymph nodes, nerves

In the article, the surface and the internal structures of the lungs are explained and illustrated, as well as their topographic relations. The courses of the parietal pleura, pleural recesses and the pulmonary ligament are described in detail. Dual blood supply of the lungs, i.e. the pulmonary (functional) and bronchial (nutritive) blood vessels, lymphatic drainage and nerve supply of the lungs and the pleura are also described. The anatomical descriptions are accompanied by some short clinical notes.

---

<sup>1</sup> Doc. dr. Vita Čebašek, dr. med., Inštitut za anatomijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Korytkova ulica 2, 1000 Ljubljana; vita.cebasek@mf.uni-lj.si

## PLJUČA

Pljuča (*pulmones*) so paren parenhimski organ. Pljučni krili (*pulmo sinister* in *pulmo dexter*) ležita na levi in desni strani srca ter skoraj povsem izpolnjujeta votlino prsnega koša (*cavitas thoracis*). Glavna naloga pljuč je izmenjava kisika in ogljikovega dioksida med zrakom in krvjo. Zrak vstopa in izstopa iz pljuč skozi vejevje sapnic (*arbor bronchialis*), kri, namenjena izmenjavi plinov, pa priteka in odteka po funkcionalnem žilju pljuč, pljučnih arterijah in venah (*arteriae* in *venae pulmonales*). Pljuča imajo dvojni krvni obtok. Poleg funkcionalnega imajo še nutritivno žilje pljuč, drobne bronhialne arterije in vene (*arteriae* in *venae bronchiales*) so namenjene prehrani pljuč. Sapnice, funkcionalno in nutritivno žilje, mezgovnice (*vasa lymphatica*), bezgavke (*nodi lymphatici*) ter simpatični in parasimpatični živci avtonomnega živčevja (*divisio autonómica*; *pars sympathica* in *pars parasympathica*) tvorijo pljučni koren (*radix pulmonis*), ki skozi pljučno lino (*hilum pulmonis*) vstopa v pljuča. S sapnicami (*bronchi*) in žilami so pljuča povezana s sapnikom (*trachea*) in srcem (*cor*). Vsako pljučno krilo obdajata dve serozni mreni, popljučnica (*pleura visceralis*) in poprsnica (*pleura parietalis*), ki med seboj oklepata špranjasto plevralno votlino (*cavitas pleurae*). Leva in desna plevralna votlina sta povsem ločeni, prostor med njima je medpljučje ali mediastinum (*mediastinum*). V tem osrednjem prostoru prsnega koša so: srce z osrčnikom (*pericardium*) in velikimi žilami, sapnik, požiralnik (*esophagus*) ter žile in živci, ki se nadaljujejo iz vratu ali iz trebušne votline. V zgornjem delu medpljučja je priželjc ali timus (*thymus*), limfni organ, katerega velikost je največja v otroštvu, po puberteti pa se zmanjša (involvira). Negativni tlak v plevralnih votlinah pljučnima kriloma omogoča, da med dihanjem (*respiratio*) pasivno sledita širjenju in oženju prsnega koša. Vdihan zrak potuje skozi prevodni (*konduktivni*) del dihalnih poti do končnega dihalnega (*respiratornega*) dela, kjer preko izjemno velike površine poteka izmenjava plinov med zrakom in krvjo (zunanje dihanje). Prevodni del dihalne poti sestavljajo: nosna votlina (*cavitas nasi*) in/ali ustna votlina (*cavitas oris*), žrelo (*pharynx*), grlo (*larynx*), sapnik ali traheja

(*trachea*), dve glavni sapnici ali principalna bronhusa (*bronchi principales*), reženjske sapnice ali lobarni bronhusi (*bronchi lobares*) in segmentalne sapnice ali segmentalni bronhusi (*bronchi segmentales*), bronhioli (*bronchioli*) in končni ali terminalni bronhioli (*bronchioli terminales*) Respiratorni del dihalne poti sestavljajo respiratorni bronhioli (*bronchioli respiratorii*), imenovani tudi prehodni del dihalne poti, alveolarni vodi ali duktusi (*ductuli alveolares*), alveolarne vrečice (*sacculi alveolares*) in pljučni mešički ali alveoli (*alveoli pulmonis*). Velikost alveolokapilarne površine v literaturi ocenjujejo različno. Skupna površina približno 300 milijonov alveolov, kolikor bi jih naj bilo v obeh pljučnih krilih, bi naj po nekaterih ocenah merila 70 do 80 m<sup>2</sup> (1), po drugih pa kar 143 m<sup>2</sup> (2). Prostornina respiratornega dela dihalnih poti, kjer se odvija izmenjava plinov (t. i. alveolarna prostornina) meri približno 500 ml. Prostornina prevodnega dela dihalnih poti, kjer ni izmenjave plinov (t. i. prostornina anatomskega mrtvega prostora) meri približno 150 ml. Prostornina vdihanega zraka, zmanjšana za prostornino anatomskega mrtvega prostora, je tista prostornina zraka, kjer se dejansko odvija izmenjava plinov (t. i. efektivna prostornina vdihanega zraka) in meri približno 350 ml. Pri 12 vdihih na minuto (frekvenca dihanja odraslega človeka) je alveolarna ventilacija približno 4.200 ml.

Pljuča napolnjena z zrakom so lahka in gobasta. V stenah žil, sapnic in alveolov je veliko elastičnih vlaken, zato je pljučno tkivo izjemno raztegljivo. Stena večjih sapnic je grajena iz treh plasti. V zunanjem fibroelastičnem sloju (*tunica fibrocartilaginea*) so tudi žleze (*glandulae bronchiales*) in hrustanci (*cartilago*) nepravilnih oblik. V širših bronhusih so hrustanci iz hialinega, v ožjih pa iz elastičnega, hrustanca. V srednjem sloju (*tunica muscularis*) so krožno potekajoča gladka mišična vlakna, v notranjem sloju sapnic (*tunica mucosa*) je dihalna (respiratorna) sluznica z večvrstnim migetalčnim epitelijem. Epitelij je v širših sapnicah večvrstni visoko- ali izoprizmatški, v ožjih sapnicah pa postaja tanjši, dvo- ali enovrstni. Med epiteljskimi celicami so tudi Clarove celice, ki izločajo zaščitne snovi za sluznico. V rahlem vezivu pod sluznico (*lamina propria*) je veliko elastičnih vlaken.

Bronhioli so sapnice ožje od 1 mm, njihova stena je enostavneje grajena. V zunanjem sloju ni hrustancev, v srednjem sloju se gladka mišična vlakna spiralno prepletajo v dveh pravokotnih smereh, v notranjem sloju je enovrstni respiratorni epitelij z migetalkami ali pa brez njih. V bronhiolih so tudi nevroepitelijska telesa, kemoreceptorji, ki zaznavajo spremembe v sestavi plinov vdihanega zraka (3).

Deoksigenirana kri priteka iz desnega srca v pljuča po vejah pljučnega debla (*truncus pulmonalis*) in vejah pljučnih arterij, oksigenirana kri odteka iz pljuč nazaj proti levemu srcu skozi povirje pljučnih ven. Desno pljučno krilo odraslega človeka običajno tehtata 625 g in levo 565 g (2). Pri moških obe pljučni krili tehtata približno 1.200 g, pri ženskah so nekoliko lažja.

## OBLIKA PLJUČ

Pljuča so stožčaste oblike. Levo in desno pljučno krilo se kot odlitka prilegata vsako svoji polovici prsnega koša. Pljučna baza (*basis pulmonis*) je širši spodnji del pljuč, ki leži na trebušni preponi (*diaphragma*). Pljučni vrh (*apex pulmonis*) je ožji zgornji del pljuč, ki sega skozi zgornjo odprtino prsnega koša (*apertura thoracis superior*) v vrat. Pljučni vrh sega približno 3–4 cm nad prvo rebro v nadključnično kotanjo (*fossa supraclavicularis*), lateralno od prirastišča obračalke glave (*musculus sternocleidomastoideus*), tik za ključnico (*clavicula*).

Levo pljučno krilo je višje od desnega zaradi bolj levo ležečega srca je v spodnjem delu tudi nekoliko ožje. Desno pljučno krilo je širše in nižje oziroma krajše od levega zaradi jeter, ki desno polovico trebušne prepone bočijo bolj navzgor v prsni koš kot levo (slika 1).

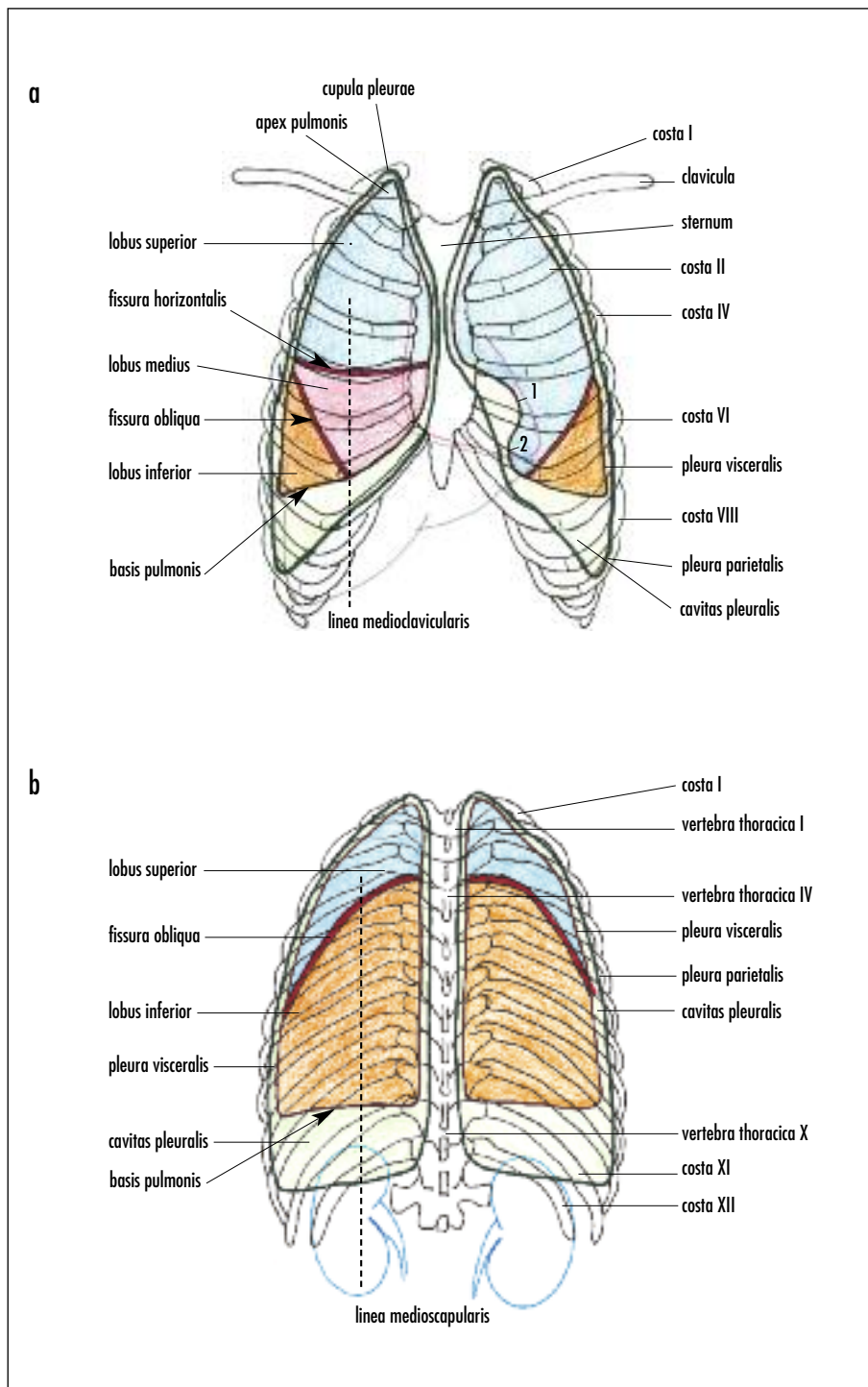
## Pljučni robovi in ploskve

Vsako pljučno krilo ima tri ploskve in tri robove (4). Preponska ali diafragmalna ploskev (*facies diaphragmatica*) je vbočena (konkavna) spodnja površina pljuč, ki se prilega svoji polovici trebušne prepone. Rebrna ali kostalna ploskev (*facies costalis*) je izbočena (konveksna) površina pljuč, ki se prilega rebrom (*costae*) in ostalim strukturam prsne stene. Medialna

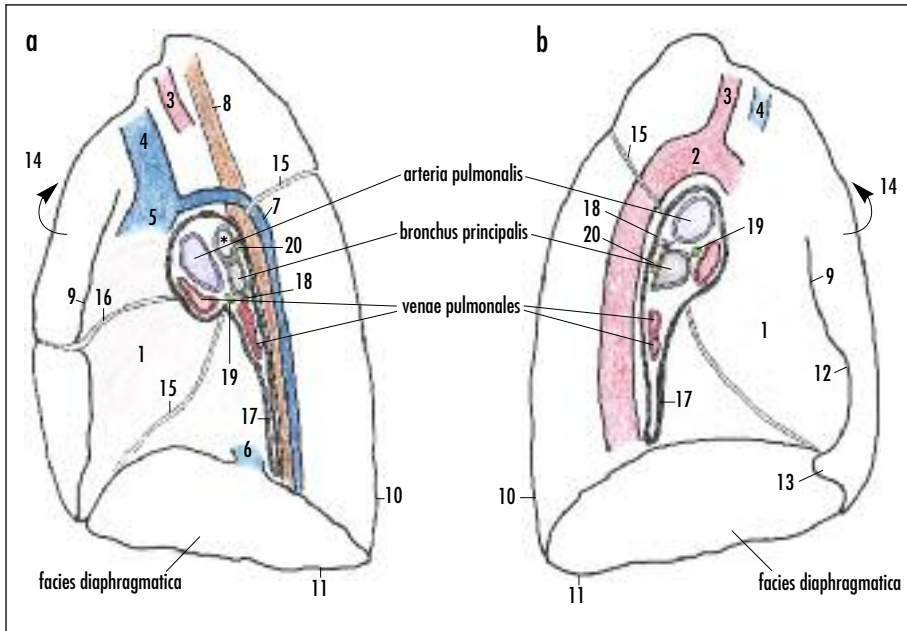
ploskev pljuč (*facies medialis*) je obrnjena proti sredini telesa. Večji sprednji del te površine se prilega organom medpljučja, manjši zadnji del pa hrbtenici (*columna vertebralis*). Vertebralna površina pljuč leži v kostovertebralnem žlebu. Prilega se telesom prsnih vretenc (*corpora vertebrarum thoracicarum* ali *thoracalium*) in medvretenčnim ploščicam (*disci intervertebrales*) ter prekriva zadnje medrebrne žile (*arteriae* in *venae intercostales posteriores*) in splahnhična živca (*nervus splanchnicus major* in *minor*) (1). Medialno površino pljuč lahko glede na različno prileganje organov v njenem sprednjem in zadnjem delu razdelimo na sprednjo medpljučno (*pars mediastinalis*) in zadnjo hrbtenično ploskev (*pars vertebralis*). *Terminologia anatomica* (TA), najnovejša uradna zbirka anatomskih imen, ki je od leta 2011 prosto dostopna tudi na svetovnem spletu, omenja le mediastinalno ploskev pljuč (*facies mediastinalis*), zato se v anatomskih opisih pljuč za celotno medialno površino pljuč pogosto uporablja izraz mediastinalna površina pljuč (5, 6).

Spodnji rob (*margo inferior*) je tanek in sploščen ter obkroža celotno diafragmalno ploskev pljuč. Bolj zaobljen je le na meji med mediastinalno in diafragmalno ploskvijo. Zadnji rob (*margo posterior*) je zaobljen in se prilega telesom vretenc. Je na zadnji meji med kostalno in mediastinalno ploskvijo pljuč. Sprednji rob (*margo anterior*) je tanek in sploščen. Je na sprednji meji med kostalno in mediastinalno ploskvijo pljuč. Na levem pljučnem krilu je sprednji rob v spodnji tretjini zaradi srca umaknjen v lateralno smer (*incisura cardiaca pulmonis sinistri*). Sprednji spodnji del zgornjega režnja levih pljuč je ob spodnjem robu srčne zareze oblikovan v jeziček (*lingula pulmonis sinistri*), ki sega spet nazaj v medialno smer in prekriva osrčnik (*pericardium*) (slika 1).

Mediastinalna površina pljuč je vbočena in reliefna zaradi prileganja medpljučnih organov. Dobro poznavanje njenega reliefa nam pomaga razumeti razporeditev (topografijo) medpljučnih organov in žil. Približno na sredini te površine je klinasto oblikovana pljučna lina, kjer vstopa pljučni koren. Pred pljučno lino, na sprednjem spodnjem delu mediastinalne površine pljuč je srčni odtis (*impressio cardiaca*). To je globoka vdolbina, ki jo nare-



Slika 1. Projekcija pljuč in plevre na steno prsne votline, pogled od spredaj (a) in zadaj (b). Rdeči obris predstavlja projekcijo srca, sivi projekcijo jeter in modri projekcijo ledvic. 1 – incisura cardiaca pulmonis sinistri, 2 – lingua pulmonis sinistri.



Slika 2. Mediastinalna površina desnega (a) in levega pljučnega krila (b). 1 – odtis srca (*impressio cardiaca*), 2 – odtis aortnega loka, 3 – odtis subklavijskih arterij (*arteria subclavia dextra in sinistra*), 4 – odtis brahiocefaličnih ven (*vena brachiocephalica dextra in sinistra*), 5 – odtis zgornje votle vene (*vena cava superior*), 6 – odtis spodnje votle vene (*vena cava inferior*), 7 – odtis azigosne vene, 8 – odtis požiralnika, 9 – sprednji rob pljuč (*margo anterior*), 10 – zadnji rob pljuč (*margo posterior*), 11 – spodnji rob pljuč (*margo inferior*), 12 – srčna zareza (*incisura cardiaca pulmonis sinistri*), 13 – jezičast podaljšek levih pljuč (*lingula pulmonis sinistri*), 14 – rebra površina pljuč (*facies costalis*), 15 – poševna reža (*fissura obliqua*), 16 – vodoravna reža (*fissura horizontalis*), 17 – pulmonalni ligament, 18 – bronhialno žilje (*arteriae in venae bronchiales*), 19 – bezgavke v pljučni lini (*nodi bronchopulmonales*), 20 – avtonomni živčni pletež (*plexus pulmonalis*), \* – eparterialni bronhus (*bronchus lobaris superior dexter*).

di srce na obeh pljučnih krilih. Zaradi bolj levo ležečega srca je srčni odtis na levih pljučih širši, globlji in bolj izrazit. Tudi ostali organi in žile v medpljučju nimajo simetrične lege, zato se tudi njihovi odtisi na levih in desnih pljučih razlikujejo.

Na desnem pljučnem krilu je tik nad srčnim odtisom odtis zgornje votle vene (*vena cava superior*), ki se navzgor podaljšuje še v odtis brahiocefalične vene (*vena brachiocephalica dextra*). Za njim je odtis desne podključnične arterije (*arteria subclavia dextra*). Za spodnjim delom srčnega odtisa je kratak in širok odtis spodnje votle vene (*vena cava inferior*). Za pljučno lino je odtis azigosne vene (*vena azygos*), ki se nad pljučno lino v loku nadaljuje naprej do odtisa zgornje votle vene. Med zadnjim robom desne pljučne line in odtisom azigosne vene je še navpičen odtis požiralnika, ki se lahko nadaljuje še navzgor proti pljuč-

nemu vrhu (slika 2a). Nad odtisom azigosne vene se medialni površini desnega pljučnega vrha prilegajo še sapnik, desni preponski ali frenični živec (*nervus phrenicus dexter*) in desni klatež ali vagusni živec (*nervus vagus dexter*), vendar ne naredijo odtisov (7).

Na levem pljučnem krilu je nad pljučno lino odtis aortnega loka (*arcus aortae*), ki se za pljučno lino nadaljuje v navpično potekajoč globok in širok žleb navzdol potekajoče aorte (*pars descendens aortae* ali *aorta descendens*). Iz najvišjega dela odtisa aortnega loka sega navzgor proti pljučnemu vrhu še odtis leve podključnične arterije (*arteria subclavia sinistra*). Pred njim je plitev odtis leve brahiocefalične vene (*vena brachiocephalica sinistra*) (slika 2b). Nad odtisom aortnega loka se medialni površini levega pljučnega krila prilegata še prsni mezgovod (*ductus thoracicus*) in požiralnik, ki običajno ne naredita odtisov. Pred

levo podključnično arterijo se medialni površini pljučnega vrha prilegata še levi vagusni (*nervus vagus sinister*) in levi frenični živec (*nervus phrenicus sinister*).

Bolezenske spremembe v pljučnem vrhu (npr. pljučni rak) lahko poškodujejo živca, ki se tu tesno prilegata površini pljuč. Poškodba preponskega živca lahko povzroči paraliza ustrezne polovice prepone, poškodba povratnega grlnega živca (*nervus laryngeus recurrens*), predvsem levega (ki se od vagusnega živca odcepi nizko, šele pod aortnim lokom) pa lahko povzroči paraliza glasilk in hripavost (slika 6).

### Pljučna lina in pljučni koren

Približno na sredini medialne površine pljuč je klinasto oblikovana pljučna lina (*hilum pulmonis*), skozi katero vstopajo in izstopajo strukture pljučnega korena (*radix pulmonis*). Vsak pljučni koren sestavljajo glavni bronhus (*bronchus principalis*), pljučna arterija (*arteria pulmonalis*), dve pljučni veni (*venae pulmonales*), bronhialne arterije (*rami bronchiales*) in bronhialne vene (*venae bronchiales*), avtonomni živčni pletež (*plexus pulmonalis*), mezigovnice ali limfne žile (*vasa lymphatica*) in regionalne bezgavke (*nodi lymphatici regionales – bronchopulmonales*). Vse strukture ovija rahlo areolarno vezivno tkivo in plevra. Medsebojna razporeditev struktur je v levem in desnem pljučnem korenu nekoliko različna, različen je tudi položaj struktur, ki se pljučnima korenoma prilegajo iz zunanje strani. Pred desnim pljučnim korenom so desni frenični živec, zgornja votla vena s končnim delom azigosne vene in del desnega preddvora (*atrium dextrum*). Za njim so desni vagusni živec, azigosna vena in požiralnik. Nad desnim pljučnim korenom je lok azigosne vene, pod njim je pulmonalni ligament (*ligamentum pulmonale*). Pred levim pljučnim korenom sta levi frenični živec in levi srčni prekat (*ventriculus sinister*). Za njim so descendenta aorta, požiralnik, prsni mezigovod in levi vagusni živec. Nad levim pljučnim korenom je aortni lok, pod njim pa pulmonalni ligament, tako kot pod desnim. V desnem pljučnem korenu skozi pljučno lino najvišje vstopa desna zgornja režensjska sapnica ali desni zgornji lobarni bronhus (*bronchus lobaris superior dexter*), ki se od desne glavne sap-

nice (*bronchus principalis dexter*) odcepi že pred vstopom v pljuča. Zaradi lege nad desno pulmonalno arterijo (*arteria pulmonalis dextra*) to sapnico imenujejo tudi eparterialni bronhus (8) (slika 3 in slika 4). Preostali del desnega glavnega bronhusa vstopa v pljučno lino nekoliko pod desno pljučno arterijo, zato ga imenujejo tudi hiparterialni bronhus. Desni pulmonalni veni (*venae pulmonales dextrae*) sta najnižje in najbolj spredaj. V levem pljučnem korenu skozi levo pljučno lino najvišje vstopa leva pulmonalna arterija (*arteria pulmonalis sinistra*), pod njo je levi glavni bronhus (*bronchus principalis sinister*). Levi pulmonalni veni (*venae pulmonales sinistrae*) sta najnižje in najbolj spredaj (slika 2b). Drobne bronhialne arterije in vene, limfne žile ter avtonomno živčevje so v obeh pljučnih linah razporejeni v bližini sapnic.

Mediastinalna parietalna plevra, ki je v sagitalni ravnini razpeta med prsnico in hrbtenico, se ob pljučnem korenu zavija in ga objema vse do pljučne line, kjer preide v visceralno plevro, ki je tesno zraščena s površino pljuč. Plevra z vseh strani tesno obdaja pljučni koren, razen spodaj, kjer kot razpotegjen rokav visi navzdol proti trebušni prepони. Sprednja in zadnja stena tega razvlečenega plevralnega žepa se druga drugi tesno prilegata in tvorita plevralno duplikaturo, imenovano pulmonalni ligament (*ligamentum pulmonale*). Ta lahko služi kot rezervni prostor, kamor se lahko širijo napolnjene pulmonalne vene (slika 2). Pulmonalni ligament se pod pljučno lino v frontalni ravnini razteza od mediastinalne plevre do medialne površine pljuč in spodnjo paramediastinalno plevralno votlino pregrajuje na sprednjo in zadnjo polovico (9).

### LOBARNA ZGRADBA PLJUČ

Pljuča so kot vsak parenhimski organ grajena iz večjih in manjših funkcionalnih enot. Vsako pljučno krilo je z globokimi režami (*fissurae pulmonis*) ločeno v več pljučnih režnjev (*lobus*). Površine pljučnih režnjev, ki se globoko v pljučnih režah med seboj prislanjajo, imenujemo medreženjske ploskve pljuč (*facies interlobaris*).

Desno pljučno krilo dve globoki pljučni reži delita v tri, levo pljučno krilo pa ena pljučna reža v dva režnja (slika 1, slika 2 in slika 5).

Daljša poševna reža (*fissura obliqua*) je v obeh pljučnih krilih in skozi pljuča poteka od zadaj zgoraj poševno naprej in navzdol. V levem pljučnem krilu je nekoliko bolj strma. Na mediastinalni površini poteka od pljučne line poševno naprej in navzdol do spodnjega roba pljuč ter poševno nazaj in navzgor do zadnjega roba pljuč. Na zadnjem robu pljuč v višini 4. prsnega vretenca (*vertebra thoracica IV*) zavije na kostalno površino pljuč in se spiralno spušča poševno naprej in navzdol. V višini 6. rebra zavije na sprednjo stran pljuč, kjer se v sredinski ključnični črti (medioklavikularni črti) oziroma ob stiku 6. rebra z rebrnim hrustancem (t. i. kostohondralni stik) na spodnjem robu pljuč konča.

V levem pljučnem krilu poševna reža ločuje zgornji in spodnji pljučni reženj (*lobus superior* in *inferior*). Zgornji reženj je manjši in leži nad ter pred poševno režo. Obsega pljučni vrh in večino sprednjega ter medialnega dela pljuč. Spodnji reženj leži za in pod poševno režo. Je večji in obsega skoraj vso pljučno bazo ter večino zadnjega in stranskega dela pljuč.

V desnem pljučnem krilu poševna reža v svojem zgornjem in zadnjem delu ločuje zgornji in spodnji pljučni reženj, v svojem sprednjem spodnjem delu pa spodnji in srednji reženj desnih pljuč (*lobus medius pulmonis dextri*). V desnem pljučnem krilu je zraven poševne reže še krajša vodoravna reža (*fissura horizontalis*), ki v vodoravni ravnini ločuje zgornji in srednji reženj desnih pljuč. Od sprednje površine pljuč poteka v višini 4. rebra v vodoravni smeri nazaj do poševne reže, na medialni strani pljuč pa se konča ob pljučni lini.

V desnem pljučnem krilu je največji spodnji reženj pljuč, večina ga leži bolj zadaj. Zgornji reženj je manjši in obsega sprednji zgornji del pljuč. Najmanjši je srednji reženj, ki je klinaste oblike in zavzema sprednji spodnji del desnih pljuč. V desnem pljučnem krilu se lahko oblikuje nadštevilni azigosni reženj pljuč. To ni pravi reženj, ki bi imel svojo režensko sapnico, ampak je le del zgornjega režnja pljuč, ki nastane, ko ima azigosna vena nenavadno visok potek in naredi globok žleb čez desni pljučni vrh (ki je viden tudi na rentgenskem posnetku pljuč). Ob pljučnem izomerizmu, pojavu, ko imata obe pljučni kri-

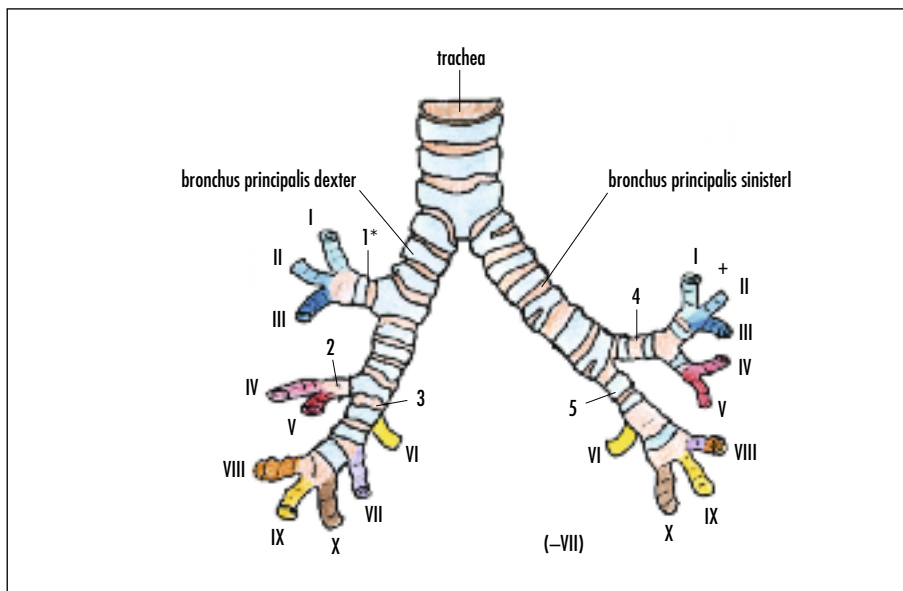
li enako vejitev sapnic, ima lahko tudi levo pljučno krilo svoj srednji reženj.

Dobro poznavanje lege pljučnih režnjev je osnova za lokalizacijo bolezenskih procesov v pljučih. Npr. pri osluškovanju (avskultaciji) desne sprednje prsne stene moramo vedeti, da poslušamo predvsem zgornji pljučni reženj, v spodnjem desnem predelu sprednje prsne stene pa srednji reženj desnih pljuč. Večji del spodnjega pljučnega režnja poslušamo zadaj (slika 1).

## DIHALNE POTI

Dihalne poti nižje od grla imenujemo traheo-bronhialno drevo (*arbor tracheobronchialis*). Sapnik (*trachea*) je deblo, sapnice (*bronchi*) so veje drevesa. Bifurkacija traheje je prva (primarna, principalna) vejitev sapnika v levo in desno glavno sapnico (*bronchus principalis dexter* in *sinister*). Leži v višini sternalnega kota (sinhondroza med ročajem in telesom prsnice) oziroma v višini medvretenčne ploščice med telesom 4. in 5. prsnega vretenca. Levi in desni glavni bronhus potekata poševno navzdol in nekoliko nižje ter lateralneje vstopata v pljuča. Desni poteka bolj navpično in je širši ter krajši od levega, če upoštevamo le njegovo dolžino do odcepa njegove prve veje. Levi poteka bolj vodoravno, je ožji in skoraj dvakrat daljši od desnega. Kot med njima je 70° in se zaradi bolezenskih sprememb bližnjih struktur lahko spremeni.

Desni glavni bronhus odda prvo režensko sapnico približno 2,5 cm od bifurkacije traheje. To je sapnica za zgornji reženj desnih pljuč (*bronchus lobaris superior dexter*) (eparterialni bronhus) si se odcepi že v višini 5. prsnega vretenca. Drugi dve reženski sapnici (*bronchus lobaris medius dexter* in *bronchus lobaris inferior dexter*) za srednji in spodnji reženj desnih pljuč se od desnega glavnega bronhusa odcepita šele 3 cm nižje v sami pljučni lini. V zgornjem režnju desnih pljuč se zgornji desni lobarni bronhus s trifurkacijo takoj deli na apikalni (*bronchus segmentalis apicalis*) (B-I), posteriorni (*bronchus segmentalis posterior*) (B-II) in anteriorni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis anterior*) (B-III). V srednjem režnju se srednji desni lobarni bronhus kmalu deli na lateralni (*bronchus segmentalis lateralis*) (B-IV) in



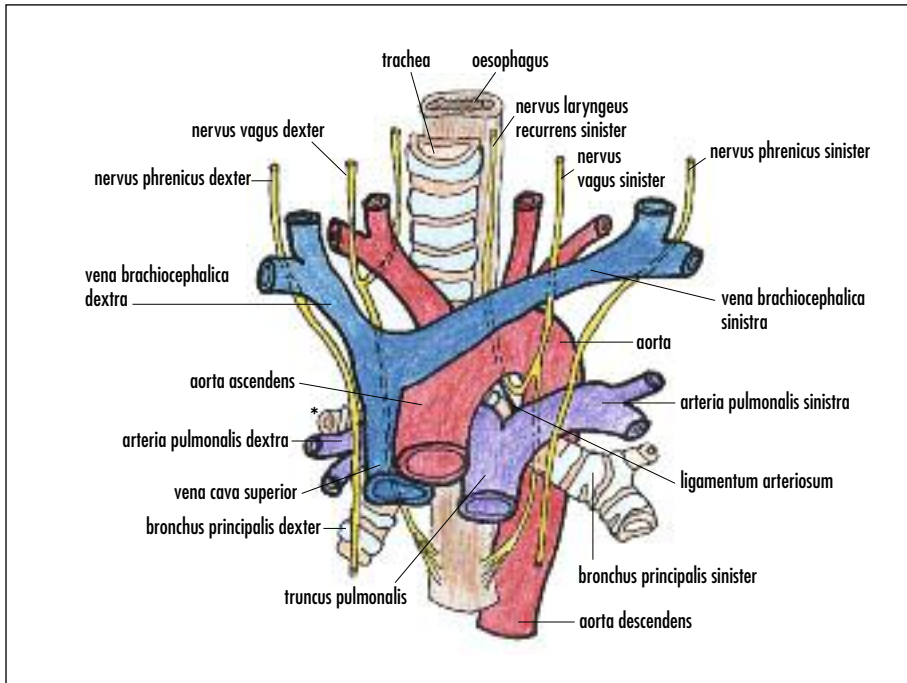
Slika 3. Traheobronhialno drevo. Levi in desni glavni bronhus (bronchus principalis dexter in sinister) sta sapnici prve vejitve, z drugo vejitvijo nastanejo reženjske sapnice: zgornji desni lobarni bronhus (bronchus lobaris superior dexter) (1), srednji lobarni bronhus (bronchus lobaris medius) (2), spodnji desni lobarni bronhus (bronchus lobaris inferior dexter) (3), zgornji levi lobarni bronhus (bronchus lobaris superior sinister) (4), spodnji levi lobarni bronhus (bronchus lobaris inferior sinister) (5). Sapnice tretje vejitve so segmentalni bronhusi: apikalni (bronchus segmentalis apicalis) (B-I), posteriorni (bronchus segmentalis posterior) (B-II), anteriorni segmentalni bronhus (bronchus segmentalis anterior) (B-III), lateralni (bronchus segmentalis lateralis) (B-IV) in medialni segmentalni bronhus (bronchus segmentalis medialis) (B-V) ter superiorni segmentalni bronhus (bronchus segmentalis superior) (B-VI), medialni bazalni segmentalni bronhus (bronchus segmentalis basalis medialis ali bronchus cardiacus) (B-VII), anteriorni bazalni (bronchus segmentalis basalis anterior) (B-VIII), lateralni bazalni (bronchus segmentalis basalis lateralis) (B-IX) in posteriorni bazalni segmentalni bronhus (bronchus segmentalis basalis posterior) (B-X). + – V levem pljučnem krilu sta BI in BII običajno združena v apikoposteriorni segmentalni bronhus (B-I+II), (B-VII) medialni bazalni (kardialni) segmentalni bronhus pa običajno manjka, \* – eperterialni bronhus.

258

medialni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis medialis*) (B-V). V spodnjem režnju desnih pljuč se spodnji desni lobarni bronhus veji v pet segmentalnih bronhusov. Najprej odda superiorni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis superior*) (B-VI), ki je usmerjen navzdol. Približno 1,5 cm nižje se odcepi še medialni bazalni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis basalis medialis* ali *bronchus cardiacus*) (B-VII), ki poteka najbližje ob srcu in ga v levih pljučih običajno ni. Zatem se približno v isti višini odcepijo še ostali trije segmentalni bronhusi: anteriorni bazalni (*bronchus segmentalis basalis anterior*) (B-VIII), lateralni bazalni (*bronchus segmentalis basalis lateralis*) (B-IX) in posteriorni bazalni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis basalis posterior*) (B-X). (slika 3).

Levi glavni bronhus odda prvi veji približno 5 cm od bifurkacije traheje šele v pljučni lini. To sta sapnici za zgornji in spodnji režnj levih pljuč (*bronchus lobaris superior sinister* in *inferior sinister*). Zgornji levi lobarni bronhus poteka najprej 1 cm v lateralno smer, nato se deli v zgornji in spodnji (lingularni) del. Zgornji se podobno kot zgornji desni lobarni bronhus kmalu s trifurkacijo ali pogosteje z bifurkacijo deli na apiko-posteriorni (*bronchus segmentalis apicoposterior*) (B-I+II) in anteriorni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis anterior*) (B-III). Spodnji (lingularni) del najprej poteka lateralno, navzpred in navzdol in se šele nato deli na zgornji (*bronchus lingularis superior*) (B-IV) in spodnji lingularni segmentalni bronhus (*bronchus lingularis inferior*) (B-V). Usmerje-





Slika 4. Topografija velikih žil in živcev ob bifurkaciji traheje. \* – eparterialni bronhus ali desni zgornji lobarni bronhus.

nost lingularnih segmentalnih bronhusov navzgor in navzdol se značilno razlikuje od bronhusov srednjega režnja desnih pljuč, ki sta usmerjena v lateralno in medialno smer (slika 3, slika 5a). V spodnjem režnju levih pljuč se spodnji levi lobarni bronhus veji podobno kot desni spodnji lobarni bronhus. Prva veja je superiorni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis superior* (B-VI), nekoliko nižje se odcepijo še anteriorni bazalni (*bronchus segmentalis basalis anterior* (B-VIII), lateralni bazalni (*bronchus segmentalis basalis lateralis* (B-IX) in posteriorni bazalni segmentalni bronhus (*bronchus segmentalis basalis posterior* (B-X). Medialnega bazalnega bronhusa (B-VII) v levih pljučih običajno ni.

Desni glavni bronhus je širši in poteka bolj navpično od levega, zato tujki večkrat zaidejo vanj kot v levega, ki je ožji in poteka bolj vodoravno. Zgornji segmentalni bronhus (B-VI) se od spodnjega lobarnega bronhusa odcepi pod pravim kotom in je usmerjen nazaj. Zato se pri ležečih bolnikih bronhialni izločki (sekret) najpogosteje drenirajo v zgornji bronhopul-

monalni segment (S-VI) spodnjega režnja pljuč, kjer lahko povzročijo pljučnico (*pneumonia*).

Ob obeh glavnih bronhusih so pomembne žile in živci. V začetnem delu (blizu bifurkacije traheje) sta pred glavnima bronhusoma obe pljučni arteriji. Leva sicer že pod aortnim lokom zavije nad levi glavni bronhus in ga v tej legi spremlja vse do pljučne line. Desna pljučna arterija je sprva pred desnim glavnim bronhusom, nato zavije nekoliko navzdol in pljučno lino doseže nekoliko pod njim. Pred desnim glavnim bronhusom sta pred desno pljučno arterijo še ascendentna aorta in desno ob njej zgornja votla vena (slika 4).

V končnem delu (blizu pljučne line) sta pred in pod glavnim bronhusom po dve pljučni veni. Frenična živca sta pred, vagusna pa za glavnima bronhusoma. Za desnim glavnim bronhusom sta še požiralnik in azigosna vena, za levim pa požiralnik, prsni mezgovod in descendentna aorta. Nad levim glavnim bronhusom je aortni lok, nad desnim pa lok azigosne vene.

## Bronhopulmonalni segmenti, lobulusi in acinusi pljuč

Osnova za funkcionalno delitev pljuč je vejitev dihalnih poti. Sapnici prve vejitve sapnika, levi in desni glavni bronhus, vodita zrak v levo in desno pljučno krilo, ki sta največji funkcionalno samostojni enoti pljuč. Lobarne bronhuse so sapnice druge vejitve, ki vodijo zrak v pljučne režnje ali lobuse, največje funkcionalne enote pljučnega krila. Segmentalni bronhuse so sapnice tretje vejitve, ki vodijo zrak v bronhopulmonalne segmente pljuč (*segmenta bronchopulmonalia*), najmanjše funkcionalno samostojne odseke pljuč, ki jih lahko kirurško odstranimo, ne da bi bistveno okvarili funkcijo sosednjega tkiva.

Bronhopulmonalni segmenti so stožčasto oblikovani odseki pljuč, ki imajo baze na površini pljuč in vrhove obrnjene proti pljučni lini. Zrak jim dovajajo segmentalni bronhuse, ki vstopajo skozi vrhove bronhopulmonalnih segmentov in se nato vejijo skozi osrednji del stožca. Skupaj z bronhuse se vejijo tudi veje pljučnih in bronhialnih arterij ter mezigovnice in živci. Pljučne vene ne spremljajo sapnic v osrednjem delu segmenta, ampak potekajo ločeno v obrobem vezivu med bronhopulmonalnimi segmenti (intersegmentalno), tako da bronhopulmonalni segmenti niso popolne vaskularne enote. V desnih pljučih je bronhopulmonalnih segmentov običajno 10, v levih pa 8–10. V levih pljučih sta I. in II. segment zgornjega režnja običajno združena v en segment (*segmentum apicoposterius*) (S-I+II), medialnega bazalnega segmenta (*segmentum basale mediale* ali *segmentum cardiacum*) (S-VII), ki leži ob srcu, pa v levih pljučih običajno ni. Bronhopulmonalne segmente imenujemo in številčimo na enak način kot segmentalne bronhuse, le da črko B zamenjamo s črko S (slika 5).

Segmentalni bronhuse se v približno 20–25 generacijah vejijo v manjše sapnice, ki se končajo kot terminalni bronhioli (*bronchioli terminales*). Bronhioli so sapnice, ožje od 1 mm, ki so brez hrustancev. Vejitev terminalnih bronhiolov se nadaljuje preko respiratornih bronhiolov (*bronchioli respiratorii*) in alveolarnih duktusov (*ductuli alveolares*) v alveolarne vrečice (*sacculi alveolares*), iz katerih se bočijo pljučni mešički ali alveoli (*alveoli pulmonis*). Alveoli so osnovne gradbene enote

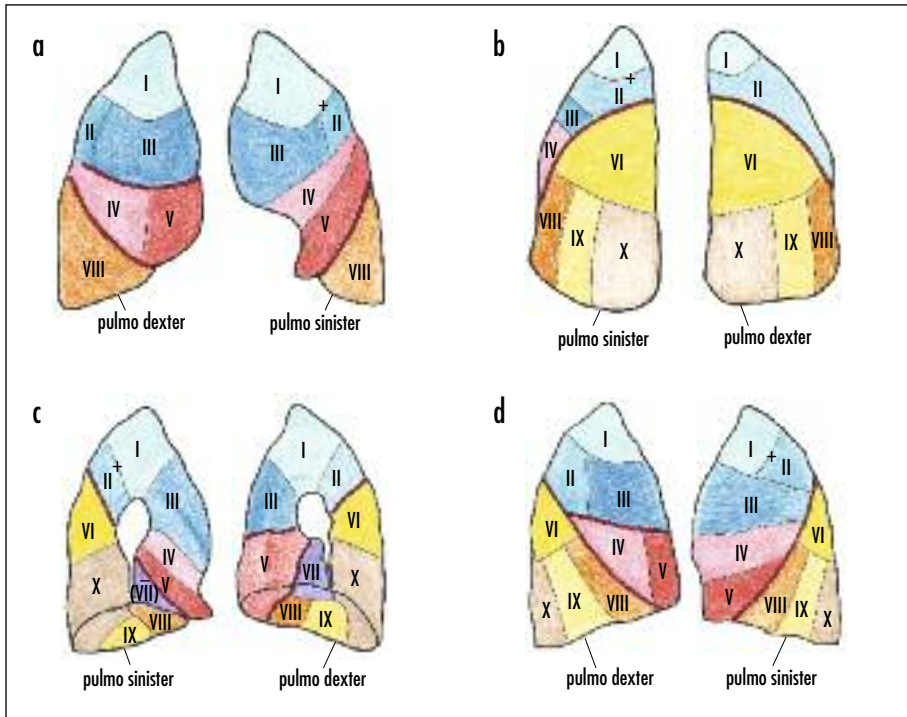
pljuč, kjer poteka izmenjava plinov. Njihova stena je zelo elastična. Področje pljučnega tkiva, ki ga z zrakom oskrbuje terminalni bronhiol, imenujemo acinus. Acinusi so najmanjše gradbene in funkcionalne enote pljučnega tkiva, z bazami obrnjenimi proti površini pljuč, kjer njihovo obrobno vezivo oblikuje drobna poligonalna polja v velikosti 2–5 mm (1). 10–20 združenih acinusev tvori režnjič ali lobulus pljuč (*lobulus*), ki ga obdaja debelo vezivno tkivo (*septa interlobularia*) (4). Vezivno tkivo je modrikaste ali črne barve zaradi drobnega vdihanega prahu, ki se tam odlaga, zato meje med pljučnimi lobulusi lahko na površini fiksnih pljuč vidimo kot 2–5 cm velika poligonalna polja.

## PLEVRA IN PLEVRALNI ŽEPI

Vsako pljučno krilo obdajata dve serozni membrani: visceralna ali pljučna plevra (*pleura visceralis* ali *pulmonalis*) in stenska ali parietalna plevra (*pleura parietalis*). Plevri se tesno prilegata in med seboj oklepata pleuralno votlino (*cavitas pleuralis*), v kateri je le nekaj mililitrov na tanko razporejene serozne tekočine, ki zmanjšuje trenje seroznih mren med dihanjem. Zaradi težnje pljuč h kolapsu (zaradi elastičnosti pljučnega tkiva) in tendence prsnega koša k razširitvi se v pleuralni votlini ustvarja negativni tlak. Ta z vlekrom omogoča, da se lahko in elastično tkivo pljuč med dihanjem pasivno razteza in krči hkrati s povečanjem in zmanjševanjem prostornine prsnega koša.

Med steno prsnega koša, ki jo tvorijo prsnica, rebra z rebrnimi hrustanci, medrebrne mišice (*musculi intercostales*) in prsna vretenca (*vertebrae thoracicae*) in parietalno plevro je plast rahlega vezivnega tkiva (*fascia endothoracica*), ki med operativnimi posegi omogoča lažjo luščenje plevre od prsne stene. Plast rahlega veziva na trebušni preponi vsebuje več elastičnih vlaken, zato ta del endotorakalne fascije imenujemo frenikopleuralna fascija (8).

Visceralna plevra je tanka svetleča mrena, ki je tesno zraščena s celotno zunanjo površino pljuč in prehaja na medrežnjske ploskve pljučnih režnjev, zato jo imenujemo tudi popljučnica. Parietalna plevra je debelejša od visceralne. Ker tesno obdaja notranjo povr-



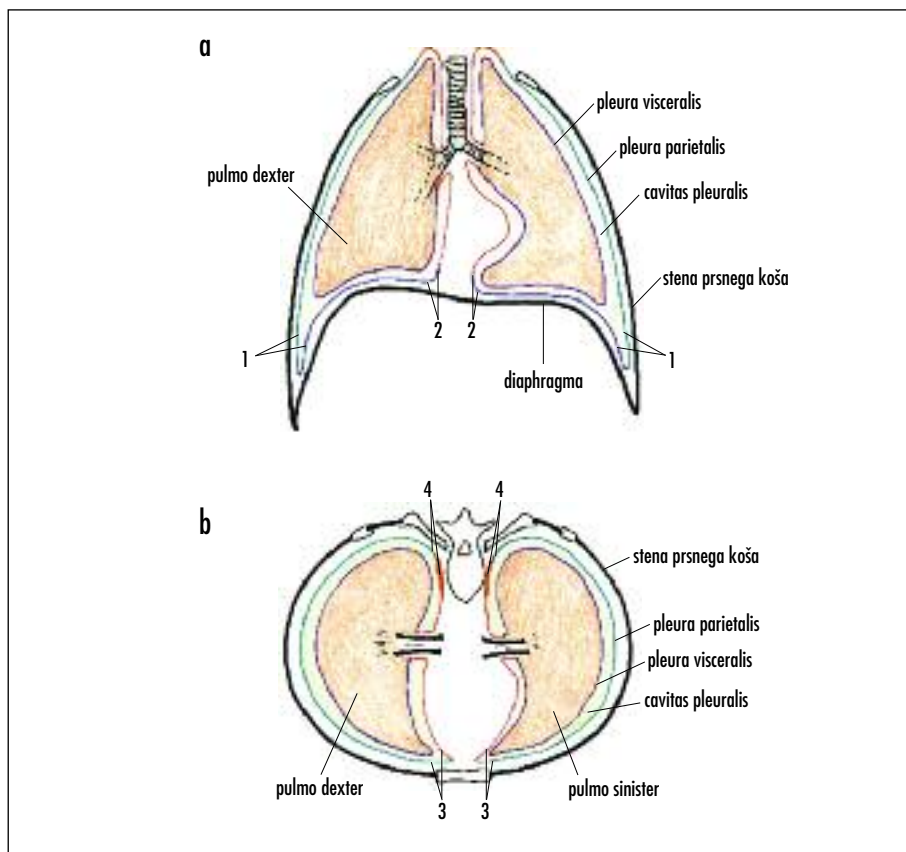
Slika 5. Razporeditev bronhopulmonalnih segmentov v levem in desnem pljučnem krilu. Pogled od spredaj (a), zadaj (b), z medialne (c) in lateralne strani (d). V zgornjem pljučnem režnju desnega pljučnega krila so apikalni (S-I), posteriorni (S-II), anteriorni (S-III) bronhopulmonalni segment, v srednjem pljučnem režnju sta lateralni (S-IV) in medialni (S-V) bronhopulmonalni segment, v spodnjem pljučnem režnju pa superiorni (S-VI), medialni bazalni (S-VII), anteriorni bazalni (S-VIII), lateralni bazalni (S-IX) in posteriorni bazalni (S-X) bronhopulmonalni segment. V zgornjem pljučnem režnju levega pljučnega krila so apikoposteriorni (S-I+II), anteriorni (S-III), superiorni lingularni (S-IV) in inferiorni lingularni (S-V) bronhopulmonalni segment, v spodnjem pljučnem režnju pa superiorni apikalni (S-VI), anteriorni bazalni (S-VIII), lateralni bazalni (S-IX) in posteriorni bazalni (S-X) bronhopulmonalni segment. Pljučne reže (fissura obliqua in fissura horizontalis) so označene z rdečo črto. V levem pljučnem krilu sta S-I in S-II običajno združena v apikoposteriorni segment (S-I+II), (\*S-VII) medialni bazalni (kardialni) segment v levem pljučnem krilu običajno manjka ali pa je z anteriornim bazalnim segmentom (S-VIII) združen v anteromedialni bazalni segment.

šino ustrezne polovice prsnega koša, jo imenujemo tudi poprsnica. Slednjo glede na to, kateri del prsne stene prekriva, delimo še na rebri del ali porebrnico (*pars costalis*), preponski del (*pars diaphragmatica*) in medpljučni del (*pars mediastinalis*) (slika 6).

Mediastinalna plevra je razpeta v sagitalni ravnini med prsni in hrbtenico. Ob pljučni lini se ta del plevre zaviha in prehaja v visceralno plevro. Leva in desna mediastinalna plevra oklepata medpljučne organe in osrčnik (*pericardium*) in sta pravzaprav lateralni steni mediastinuma. Dela mediastinalne in kostalne parietalne plevre, ki se nadaljujeta v vrat, imenujemo cervikalna plevra. V kore-

nu vratu cervikalna plevra oblikuje plevralni svod (*cupula pleurae*), ki prekriva pljučni vrh, ki prav tako sega v spodnji del vratu. Cervikalna fascija je ojačana z vezivnimi podaljški endotorakalne fascije (supraplevralna membrana ali Sibsonova fascija) in je priraščena na notranjo površino prvega rebra in na prečni odrastek 7. vratnega vretenca (*processus transversus C VII*) (8).

Ob poškodbah spodnjega delu vratu se lahko poškoduje tudi plevra, ki skozi zgornjo odprtino prsnega koša (*apertura thoracis superior*) sega v vrat. Zaradi negativnega tlaka v plevralni votlini se skozi poškodovano cervikalno plevro vsrka zrak. Prisotnost zra-



Slika 6. Parietalna in visceralna plevra na frontalnem (a) in horizontalnem (b) prerezu skozi prsni koš. 1 – recessus costodiaphragmaticus, 2 – recessus phrenicomedastinalis, 3 – recessus costomedastinalis (anterior), 4 – recessus costomedastinalis (posterior) – recessus vertebromedastinalis. Deli parietalne plevre: pars costalis (zeleni črta), pars diaphragmatica (modra črta), pars mediastinalis (rdeča črta). Visceralna plevra (vijolična črta), pleuralna votlina (cavitas pleuralis) (zeleni).

ka v pleuralni votlini imenujemo pnevmotoraks (*pneumothorax*). Ob tem se lahko pojavi še zrak pod kožo (podkožni emfizem), ki ga čutimo ali slišimo kot podkožno šuštenje ali krepitacijo (*crepitation*) v spodnjem delu vratu. Zrak se lahko vsrka v pleuralno votlino tudi iz pljuč skozi visceralno plevro, tj. t. i. spontani pnevmotoraks. Ta je lahko primarni (brez prej opaženih pljučnih sprememb) ali sekundarni (že izražena pljučna bolezen – najpogostejše emfizem). Travmatski pnevmotoraks je posledica poškodbe prsnega koša ali pljuč (npr. pri zlomu reber, vbodnih ali strelnih ranah), iatrogeni pa je posledica diagnostičnega ali terapevtskega zdravniškega posredovanja. Plevralni votlini normalno nista povezani. Ob vdoru zraka v eno votlino tako lahko

kolabira le eno pljučno krilo, medtem ko drugo ostaja razpeto v svoji pleuralni votlini. Ob ventilnem ali tenzijskem pnevmotoraksu (ko poškodba deluje kot enosmerna zaklopka, ki omogoča vstop zraka ob vdihu, preprečuje pa njegov izstop ob izdihu) pa se pleuralna votlina iz potencialnega prostora spremeni v pravi prostor, napolnjen z zrakom, ki pritiska na pljuča in srce. Organi medpljučja se pomaknejo proti zdravemu pljučnemu krilu (pomik mediastinuma) in dihalna zmogljivost bolnika se še dodatno zmanjša. V pleuralno votlino se lahko izlije tudi kri (*haemothorax*), ki je običajno iz žil prsne stene in ne iz pljučnih žil, ali limfa (*chylothorax*), običajno iz prsnega mežgovoda.

Parietalna plevra obdaja stene prsnega koša. Na mestih, kjer en del parietalne plevre prehaja v drugega, nastajajo plevralni žepi (*recessus pleurales*) (slika 6). To so dopolnilni žepi, kamor se lahko med vdihom širijo pljuča. Prava žepa sta dva: kostodiazfragmalni ali frenikokostalni (*recessus costodiaphragmaticus*) in sprednji kostomediastinalni žep (*recessus costomediastinalis*). Ostala dva pravzaprav nista prava žepa, ampak le plitva žlebova, ki sta ves čas zapolnjena s pljuči. Prvi je na meji med rebro (kostalno) in medpljučno (mediastinalno) plevro. Ker leži zadaj ob hrbtenici (*columna vertebralis*), ga imenujemo tudi *recessus vertebromediastinalis* (5). Drugi leži ob spodnjem robu medialne površine pljuč na prehodu preponske (diafragmalne) plevre v medpljučno (mediastinalno) plevro.

*Recessus costodiaphragmaticus* je najgloblji žep, ki se oblikuje na prehodu rebre (kostalne) v preponsko (diafragmalno) plevro. Tanek in sploščen spodnji rob pljuč se ob globokem vdihu (inspirirju) širi v to žepno, ob izdihu (ekspirirju) pa se iz njega umakne. To respiratorno pomičnost spodnjega roba pljuč lahko potrdimo s pretkavanjem (perkuzijo) prsne stene. Perkusijski zvok je nad zrakom napolnjenimi pljuči dobro slišen in bolj zveneč (sonoren) kot nad čvrstimi (solidnimi) organi, kjer je bolj zamolkel. Kostodiazfragmalni žep ni nikoli povsem izpolnjen s pljuči. Tudi pri globokem vdihu se pljuča zadaj spustijo le do polovice njegove globine, tako da je spodnji del tega žepa, od aksilarne do mediokapularne črte, zmeraj prost. Dno kostodiazfragmalnega žepna je v bistvu spodnja meja parietalne plevre. Po celotnem obodu sega za približno eno rebro (spredaj) ali dve rebri (zadaj) pod spodnji rob pljuč (tabela 1). Ob vnetnih procesih, ko se v plevral-

ni votlini nabira serozna tekočina s proteini (*hydrothorax*), se prilegajoči serozni mreni (kostalna in diafragmalna plevra) lahko zarašeta (adhezija). Ob adheziji se lahko respiratorna pomičnost spodnjega roba pljuč zmanjša ali izgine.

### Projekcija pljuč in plevre na steno prsnega koša

Parietalna plevra sega nad ključnico v spodnji del vratu in kot kupola plevre odeva pljučni vrh. Od pljučnih vrhov do sternalnega kota oz. se desni in levi sprednji rob (plevre in pljuč) približujeta (konvergirata) in oklepata pljuč in plevre prost predel, kjer leži priželjc (*trigonum thymicum*) (slika 1 in slika 6). Od sternalnega kota, ki je v višini 2. rebrnega hrustanca, se levi in desni rob (pljuč in plevre) vzporedno spuščata navzdol do 4. rebrnega hrustanca in sta si v tem predelu najbližja ali se celo dotikata. Na desni strani se sprednja robova pljuč in plevre v isti smeri ob prsnici (parasternalno) skoraj navpično spuščata navzdol do 6. rebrnega hrustanca, kjer v vodravni črti zavijeta v lateralno smer do medioklavikularne črte. Na levi strani se pod 4. rebrnim hrustancem sprednji rob pljuč in plevre zaradi srca umakneta bolj v lateralno smer kot na desni in nastane pljuč in plevre prost predel, ki ga izpolnjuje srce z osrčnikom (*trigonum pericardiacum*). V tem predelu je verjetnost, da ob punkciji perikardialne vreče poškodujemo pljuča ali plevro, manjša. Na levi strani se sprednji rob pljuč umakne v lateralno smer bolj kot plevra, zlasti v predelu srčne zareze (*incisura cardiaca pulmonis sinistri*) (slika 1 in slika 6). Spodaj in pod pazduho sega spodnji rob plevre približno eno rebro, zadaj pa približno dve rebri pod spodnji rob pljuč.

Tabela 1. Projekcija spodnjega roba pljuč in plevre na steno prsnega koša v parasternalni, medioklavikularni, aksilarni, mediokapularni in paravertebralni črti.

	parasternalna črta	medioklavikularna črta	aksilarna črta	mediokapularna črta	paravertebralna črta
PLJUČA	6. rebro	6. rebro	8. rebro	10. rebro	11. rebro ali 9. in 10. vretence <sup>c</sup>
PLEVRA	7. rebro <sup>a</sup>	7. rebro <sup>b</sup>	9. rebro <sup>b</sup>	12. rebro	11. in 12. vretence <sup>c</sup>

<sup>a</sup> zgornji rob rebra, <sup>b</sup> spodnji rob rebra, <sup>c</sup> trn vretenca (*processus spinosus*).

## PLJUČNO ŽILJE

### Pljučne arterije in vene

Pljučne žile tvorijo pljučni ali mali krvni obtok. To je funkcionalno žilje, namenjeno izmenjavi plinov med zrakom in krvjo. Pljučne arterije (*arteriae pulmonales*) vodijo vensko kri iz desnega srca v pljuča, njihova glavna naloga je prenos ogljikovega dioksida do alveolarnih kapilar.

Leva in desna pljučna arterija (*arteria pulmonalis sinistra in dextra*) sta veji pljučnega debela (*truncus pulmonalis*), arterije, ki izvira iz desnega srčnega prekata (*ventriculus dexter*). Pljučno deblo je ob levi strani navzgor poteka-joče aorte (*aorta ascendens*) vzpenja še nekaj centimetrov in se nato pod aortnim lokom razveji v dve pljučni arteriji. Leva je zaradi leve lege pljučnega debela krajša od desne. Pod aortnim lokom se z arterioznim ligamentom (*ligamentum arteriosum*) pritrja na aorto (v fetalnem krvnem obtoku je bila to odprta žila *ductus arteriosus*), nato pa zavije nad levi glavni bronhus (slika 4). Desna pljučna arterija je daljša od leve in vso pot do pljučne line poteka pred desnim glavnim bronhusom. Po odcepitvi od pljučnega debela najprej zavije v desno za ascendentno aorto in zgornjo votlo veno, kjer se deli v dve večji veji. Zgornja veja daje veje za zgornji pljučni režanj (*arteriae lobares superiores*), spodnja pa za srednji in spodnji pljučni režanj (*arteria lobaris media* in *arteriae lobares inferiores*). Leva in desna pljučna arterija se v obeh pljučnih krilih vejita skladno z vejitvijo bronhusov. Sekundarne veje pljučnih arterij spremljajo lobarne bronhuse, ki so sapnice druge vejitve, terciarne veje pa segmentalne bronhuse, ki so sapnice tretje vejitve in so praviloma posterolateralne od njih. Med segmentalnimi arterijami ni anastomoz. S pljučnimi arterijami ob večjih bronhusih potekajo tudi pljučne vene, vendar le do nivoja bronhopulmonalnih segmentov. Pljučne vene v bronhopulmonalnih segmentih potekajo na obrobju segmentov ločeno od vejitve dihalnih poti. Tak položaj jim omogoča, da lahko ena vena hkrati drenira več sosednjih segmentov in da oksigenirana kri iz enega bronhopulmonalnega segmenta lahko odteka po več pljučnih venah hkrati.

Glavna naloga pljučnih ven (*venae pulmonales*) je prenos kisika iz alveolarnih kapilar

do srca. Pulmonalne vene so običajno štiri. Po dve se iz vsakega pljučnega krila vlivata v levi preddvor (*atrium sinistrum*). Zgornja desna pljučna vena (*vena pulmonalis dextra superior*) odvaja kri iz zgornjega in srednjega pljučnega režnja, spodnja (*vena pulmonalis dextra inferior*) pa iz spodnjega pljučnega režnja. V levih pljučih leva zgornja pljučna vena (*vena pulmonalis sinistra superior*) odvaja kri iz zgornjega pljučnega režnja, spodnja (*vena pulmonalis sinistra inferior*) pa iz spodnjega. V pljučne vene se ne izliva le oksigenirana kri iz respiratornega dela pljuč, temveč tudi del venske, deoksigenirane krvi iz visceralne plevre in bronhusov (*venae bronchiales*) in iz nekaterih mediastinalnih (*venae mediastinales*) ter osrčnikovih ven (*venae pericardiacae*). Povirje pljučnih ven (funkcionalno žilje) torej ni povsem ločeno od povirja bronhialnih ven (nutritivno žilje).

### Bronhialne arterije in vene

Bronhialne žile so del velikega ali sistemskega krvnega obtoka. Njihova glavna naloga je prehrana (nutricija) bronhialnega drevesa, prehranjujejo pa tudi stene večjih pljučnih žil, bezgavke, žleze in deloma visceralno pleвро.

Bronhialne arterije (*arteriae bronchiales*) so drobne arterije, ki se v pljučih vejijo vzdolž sapnic. Na levi strani sta bronhialni arteriji običajno dve, obe sta veji descendentne aorte. Na desni strani je običajno le ena sama bronhialna arterija, najpogosteje je veja 3. desne zadnje medreberne arterije (*arteria intercostalis posterior*) (2). Poleg večjih pljuča prehranjujejo tudi manjše bronhialne arterije, ki običajno izvirajo iz descendentne aorte in ne vstopajo skozi pljučno lino; tiste v pulmonalnem ligamentu so zelo izpostavljene med operacijami pljuč (npr. pri spodnji lobektomiji). Pri odraslih so možni še posamezni atipični izvori bronhialnih arterij, npr. iz podključnične arterije (*arteria subclavia*), najvišje interkostalne arterije (*arteria intercostalis suprema*) in desne notranje torakalne arterije (*arteria thoracica interna*).

Sistema bronhialnih ven (*venae bronchiales*) sta dva. Globoki (intrapulmonalni) bronhialni venski pletež prosto anastomozira s pljučnimi venami in se lahko drenira bodisi v pljučne vene bodisi se oblikuje skupni vod, ki se neposredno vlija v levi srčni preddvor.

Povrhni (ekstrapulmonalni) pletež drenira večje bronhuse, visceralno plevro in bezgavke pljučne line (2). Tudi vene tega pleteža se lahko delno vlivajo v pljučne vene ali pa se združijo v večje bronhialne vene, po dve na vsaki strani. Na desni se bronhialni veni običajno vlivata v azigosno in desno zgornjo interkostalno veno (*vena intercostalis superior dextra*), na levi pa v dodatno veno hemiazigos (*vena hemiazigos accessoria*). Bronhialne žile poleg pljuč prehranjujejo tudi visceralno plevro, parietalno plevro pa žile, namenjene prehrani sten prsne votline. Kostovertebralno plevro prehranjujejo zadnje interkostalne arterije (*arteriae intercostales posteriores*) in veje notranje torakalne arterije, diafragmalno plevro pa arterije, ki prehranjujejo trebušno prepono, zgornje in spodnje frenične arterije (*arteriae phrenicae superiores* in *inferiores*). Mediastinalno plevro prehranjujejo zgornje frenične arterije (*arteriae phrenicae superiores*) in veje notranje torakalne arterije, delno tudi bronhialne arterije, cervikalno plevro pa veje podključnične arterije. Venska kri se z venami prsne stene drenira v zgornjo votlo veno.

## BEZGAVKE

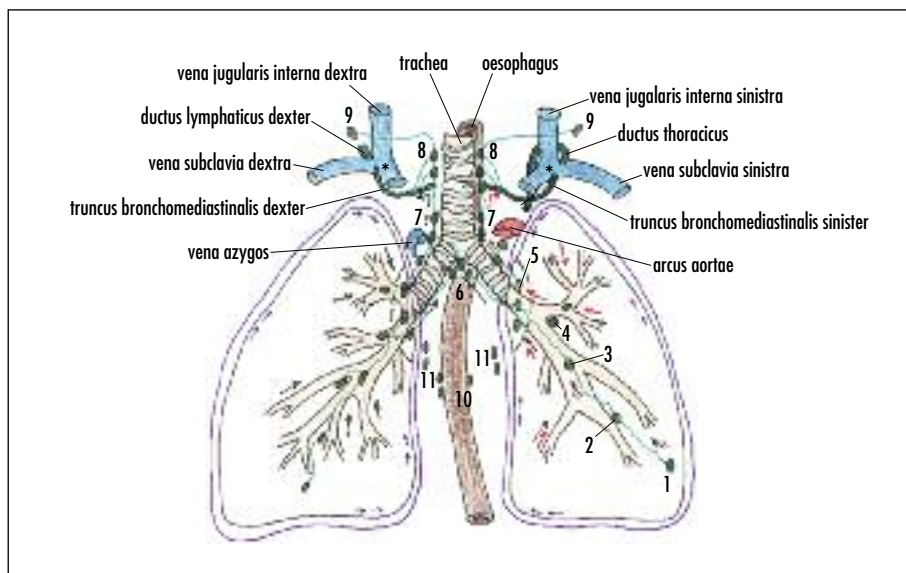
V pljučih ločimo povrhnji in globoki sistem mezgovnic. Globoki (parenhimski) pletež drenira pljučni parenhim in ob bronhusih in žilah doseže pljučno lino. Ob večjih bronhusih so mezgovnice razporejene v submukozni in peribronhialni pletež, ob manjših bronhusih pa je pletež le en. V globokem sistemu mezgovnic so prvi filter intrapulmonalne bezgavke, ki so nameščene ob vejitvah bronhusov (subsegmentalne, segmentalne, lobarne in interlobarne bezgavke), drugi filter pa so bronhopulmonalne bezgavke v pljučni lini (slika 7).

Povrhni (subplevralni) pletež mezgovnic je pod visceralno plevro in drenira hkrati visceralno plevro ter bližnji pljučni parenhim. Prvi filter mezgovnicam povrhnjega pleteža so običajno šele bronhopulmonalne bezgavke v pljučni lini, lahko pa se te mezgovnice že v interlobarnem ali peribronhialnem vezivu pridružijo mezgovnicam globokega pleteža. Iz zgornjih segmentov pljuč se lahko limfa neposredno drenira v medpljučne (mediasti-

nalne) bezgavke iste (ipsilateralne) strani. Iz bronhopulmonalnih bezgavk pljučne line se mezgovnice vlivajo v spodnje mediastinalne bezgavke. To so spodnje traheobronhialne bezgavke (*nodi tracheobronchiales inferiores*), ki so pod bifurkacijo sapnika, bezgavke ob požiralniku (*nodi juxtaoesophageales*), bezgavke v pulmonalnem ligamentu (*nodi ligamenti pulmonales*) in bezgavke ob aorti (razporejene so ob ascendentni aorti ali pa pod aortnim lokom v t.i. aortno-pulmonalnem (A-P) oknu). Od tu se mezgovnice vlivajo v zgornje mediastinalne bezgavke. Najnižje bezgavke te skupine so tiste bezgavke, ki so tik nad bifurkacijo traheje, to so spodnje paratrahealne ali zgornje traheobronhialne bezgavke (*nodi tracheobronchiales superiores*). Na desni strani med njimi je tudi bezgavka, ki ima tipično lego ob azigosni veni (*nodus arcus venae azygos*). Višje ležeče bezgavke se razporejajo pred in za sapnikom ali levo in desno ob njem (*nodi paratracheales*). Iz teh najvišje ležečih bezgavk se mezgovnice združujejo v dve večji debli bronhomediastinalna trunkusa (*truncus bronhomediastinalis*), ki se posredno ali neposredno vlivata v levi in desni venski kot (*angulus venosus*) – to je mesto, kjer se notranja jugularna (*vena jugularis interna*) in podključnična zlijeta v brahiocefalično veno (*vena brachiocephalica*) (slika 7). Levi bronhomediastinalni trunkus se v levi venski kot običajno vliwa preko prsnega mezgovoda (*ductus thoracicus*), desni bronhomediastinalni trunkus pa v desni venski kot preko desnega mezgovoda (*ductus lymphaticus dexter*). Desna pljuča se skozi verigo zaporednih bezgavk primarno drenirajo na desno stran, podobno se zgornji reženj levih pljuč primarno drenira na levo stran. Nekatere mezgovnice iz spodnjega režnja levih pljuč pa se lahko neposredno drenirajo tudi v zgornje traheobronhialne bezgavke na desni strani (8).

Kostalna in mediastinalna plevra se drenirata skozi sprednjo verigo bezgavk ob prsnici (*nodi lymphatici parasternales*) in skozi verigo medrebrnih bezgavk (*nodi lymphatici intercostales*) na zadnji prsni steni. Diafragmalna plevra se drenira v mediastinalne, retrosternalne in celiakalne bezgavke.

Poznavanje anatomije mezgovnic in bezgavk je pomembno za razumevanje širjenja infekcij in rakavih obolenj. Maligne celice



Slika 7. Limfna drenaža pljuč. Povrhnji (subpleuralni) pletež mezgovic (vijolične puščice), globoki (parenhimski) pletež drenažna pot iz desnega pljučna krila (črne puščice) in iz zgornjega režnja levih pljuč (rdeče puščice) gre na ipsilateralno stran, iz spodnjega režnja levih pljuč (rdeče in črne puščice) pa tudi na kontralateralno stran. Nodi intrapulmonales: subsegmentalne (1), segmentalne (2), lobarne (3) in interlobarne bezgavke (4), nodi bronchopulmonales (5), nodi tracheobronchiales inferiores (6), nodi tracheobronchiales superiores (7), nodi paratracheales (8), nodus supraclavicularis (9), nodi juxtaoesophageales (10), nodi ligamenti pulmonales (11), \* – *angulus venosus*.

266

pljučnega raka se običajno zgodaj razširijo (metastazirajo) v bronhopulmonalne bezgavke in od tam naprej v različne skupine mediastinalnih bezgavk. Maligne celice pljučnega raka se lahko širijo tudi s krvjo (hematogeno), običajno preko pulmonalnih ven. Sistemsko žilje dosežejo preko levega srca, tako da so metastaze pljučnega raka pogosto v možganih, kosteh, pljučih in nadledvičnih žlezah. Pljučni rak običajno spremlja vztrajni dolgotrajni kašelj, združen z izkašljevanjem krvi (*haemoptysis*).

## ŽIVCI

Pljuča oživčuje vegetativni ali avtonomni živčni sistem s simpatičnim in parasimpatičnim nitjem (*divisio autonómica; pars sympathica* in *parasympathica*), ki v pljučni lini oblikuje pulmonalni živčni pletež (*plexus pulmonalis*). V pljučni lini leži v glavnem za glavnim bronhusom in delno pred njim. To je eferentno nitje, ki potuje do efektorjev (gladkih mišic v stenah sapnic in žil ter do žlez) v dveh zaporednih nevronih.

Preganglijsko parasimpatično nitje izvira iz dorzalnega jedra vagusnega živca (*nucleus dorsalis nervi vagi*) in do pljučne line pripotuje z vagusnim živcem. V pljučni lini se v ganglijih parasimpatičnega sistema (*ganglion parasympathicum*), nameščenih v pulmonalnem živčnem pletežu, preganglijsko preklopi na postganglijsko nitje. Preganglijsko simpatično nitje, ki izvira iz 2. do 5. prsnega segmenta hrbtenjače, se preklopi že v ganglijih simpatičnega trunkusa (*truncus sympathicus*) ob hrbtenici (imenovanih tudi paravertebralni simpatični gangliji), tako da simpatično nitje pljučno lino doseže kot postganglijsko nitje.

Postganglijsko nitje simpatičnega in parasimpatičnega sistema poteka od pljučne line do efektorjev skupaj. Parasimpatično nitje krči gladke mišice bronhusov (bronhokonstrikcija) in povečuje izločanje žlez (sekrecijsko nitje) ter sprošča gladke mišice v stenah žil (vazodilatacija). Simpatično nitje sprošča gladke mišice v stenah bronhusov (bronhodilatacija), zavira izločanje žlez in krči gladke mišice v stenah žil (vazokonstrikcija). Pri bronhialni astmi nepravilno delovanje vegetativnega



živčevja lahko pretirano krči gladke mišice v stenah manjših bronhusov in bronhiolov, kar vodi do zoženja drobnih sapnic. Visceralno plevro oživčuje isto vegetativno nitje kot pljuča. Parietalno plevro oživčujejo živci, ki oživčujejo steno prsnega koša. Rebrno (kostalno) plevro in obrobni del preponske (diafragmalne) plevre oživčujejo medrebrni živci (*nervi intercostales*) (za dotik in bolečino) (8). Osrednji del preponske plevre in medpljučno (mediastinalno) plevro oživčuje frenični živec (*nervus phrenicus*), ki izvira iz 3. do 5. vratnega (cervikalnega) segmenta hrbtenjače.

Aferentno visceralno nitje, ki je udeleženo pri respiratornih refleksih, poteka s parasimpatičnim nitjem v možgansko deblo. To je

aferentno nitje, ki prevaja dražljaje iz receptorjev za dotik v sluznici dihal (za refleks kašlja), receptorjev v interalveolarnem vezivnem tkivu (za refleks, ki omejuje širjenje in krčenje pljuč), baroreceptorjev v pulmonalnih arterijah (zaznavanje krvnega tlaka) in kemo-receptorjev v pulmonalnih venah (za zaznavanje koncentracije plinov v krvi) (8).

Aferentno visceralno nitje za bolečino (iz visceralne plevre in bronhusov) se pridružuje simpatičnemu nitju in vstopa v centralni živčni sistem skozi zgornje prsne segmente hrbtenjače (*segmenta thoracica medullae spinalis*), medtem ko se bolečinsko nitje iz sapnika pridružuje parasimpatičnemu nitju in jih v centralni živčni sistem vodi vagusni živec.

## LITERATURA

1. Križan Z. Kompendij anatomije človeka III dio. Pregled građe grudi, trbuha, zdjelice, noge i ruke. 1. izdanje. Zagreb: Školska knjiga; 1986.
2. Standring S. Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice. 39th ed. Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St Louis, Sydney, Toronto: Elsevier Churchill Livingstone; 2005.
3. Štiblar-Martinič D, Cör A, Cvetko E, et al. Anatomija, histologija, fiziologija. Ljubljana: Medicinska fakulteta; 2008.
4. Kobe V, Dekleva A, Kordaš I, et al. Anatomija skripta za študente medicine IV. del: Splanchnologia integumentum commune. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta; 1978.
5. Federal International Committee for Anatomical Terminology. Terminologia Anatomica. Stuttgart, New York: Thieme; 1998.
6. International Federation of Associations of Anatomists [internet]. c2012 [citirano Jan 28 2012]. Dosegljivo na: <http://www.unifr.ch/ifaa/>
7. Last RJ. Aids to anatomy (pocket anatomy). 11th ed. London: Bailliere, Tindall and Cox; 1955.
8. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically oriented Anatomy. Sixth edition. Philadelphia, Baltimore, New York London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo: Wolters Kluwer, Lippincott Williams and Wilkins; 2010.
9. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. Color Atlas and textbook of human anatomy. Vol. 2. Internal Organs. 4th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 1993.
10. Fritsch H, Kuehnel W. Color Atlas of human anatomy. Vol. 2: Internal Organs. 5th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2008.

Prispelo 30. 3. 2012