

A rekeszizom funkciói és diszfunkciói – összefoglaló áttekintés

Dr. KERTI MÁRIA PhD, ZALETNYIK ZITA | 1;

1 Országos Korányi Pulmonológiai Intézet Fizioterápia osztály

ABSZTRAKT

A diaphragma az elsődleges belégző izom, de nem ez az egyetlen funkciója. A belégzés izommunkával indul, amikor a rekeszizom rostjai rövidülnek, a rekesz lefelé száll növelve a mellkas térfogatát. A tüdők ezt a mozgást követve tágulnak, a külső levegő beáramlik a légkörtől az alveolusok felé. A tüdők mellett a szív is követi a légző mozgásokat, a belégzés alatt a vena cava inferiorra ható szívó erő segíti a vénás- és a nyirok áramlását a periféria felől. Anatómiájából adódóan a rekeszizom részt vesz a nyelőcső zárásában is, valamint a törzs egyik fontos stabilizátora. Sokrétű szerepe miatt a diaphragma megfelelő funkciója elengedhetetlen az emberi test számára. Ebből következően diszfunkciói komoly tüneteket képesek okozni a légzésben, a vér- és nyirokkeringésben, az emésztésben és a posturális stabilitásban.

Diszfunkciói lehetnek: bénulás, izomerő csökkenés, kitérés csökkenés, paradox mozgás, a kupola alakjának változása.

Kulcsszavak: Nervus phrenicus bénulás, rekeszizom, légzésmechanika, mellkasi kinematika, maximális belégzési nyomás, légzőizom tréning

Functions and dysfunctions of diaphragm – summary overview

ABSTRACT

Abstract: The diaphragm is the primary inspiratory muscle, but it is not its only function. Inhalation starts with muscle work, when the fibers of the diaphragm shorten, the diaphragm moves down, increasing the volume of the chest. Following this movement, the lungs expand, and the outside air flows in from the atmosphere towards the alveoli. In addition to the lungs, the heart also follows the breathing movements, during inhalation the suction force on the inferior vena cava helps the venous and lymph flow from peripheral regions. Due to its anatomy, the diaphragm is also involved in closing the esophagus and is an important stabilizer of the trunk. Due to its multifaceted role, the proper function of the diaphragm is essential for the human body. Consequently, dysfunctions of the diaphragm can cause serious symptoms in breathing, blood and lymph circulation, digestion and postural stability. Dysfunctions can be: paralysis, decrease in muscle strength, decrease in excursion, paradoxical movement, change in the shape of the dome.

Keywords: Phrenic nerve paralysis, diaphragm, breathing mechanics, chest kinematics, maximum inspiratory pressure, respiratory muscle training

BEVEZETÉS

A légzés az egyik legfontosabb életfunkció, az egyetlen olyan életfunkció, amely automatikus működés mellett tudatosan is befolyásolható a diaphragma mozgásán keresztül. A belégzés izommunkával indul, a rekeszizom és a külső bordaközi izmok összehúzódnak megnövelve a mellkas transzverzális és vertikális átmérőjét (pump handle, bucket handle), a mozgást követik a pleurák és a tüdők (a tüdők tágulási tendenciája). Ez az izommunka adja a légzésmechanikát és a mellkasi kinematikát. (1, 2) A légzésmechanika és a mellkasi kinematika kulcsa a rekeszizom, ez a mechanika „működteti” a tüdőket. (1, 2)

LÉGZÉSMINTA

1. Normál légzésminta

A belégzés dominánsan a diaphragmával és a külső bordaközi izmokkal történik (pump handle, bucket handle), a clavicula nem mozdul, a nyaki segédbelégző izmok nem működnek. Ebben az ideális helyzetben a mellkas alsó része tágul, a diaphragma lelapul, a normál légzésmechi-

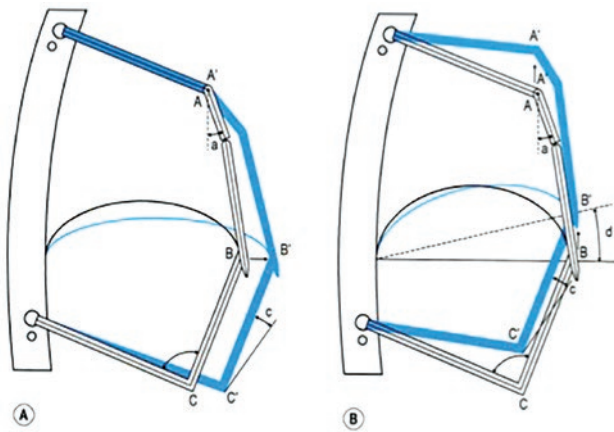
ka miatt a tüdők oxigénfelvétele javul. (3) 1. ábra A (lásd a 4. oldalon)

2. Patofiziológias légzésminta

A belégzéskor a nyaki segédbelégző izmok működnek a rekeszizom helyett, a clavicula emelkedik, a mellkas alsó része nem mozdul, (pump handle és bucket handle nincs), a rekeszizom nem lapul le, hanem paradox módon, kraniális irányba mozdulhat. Ebben az esetben a légzés nem gazdaságos, a tüdő csúcsi területeinek ventilációja dominál a bázis területei felett (3). 1. ábra B (lásd a 4. oldalon)

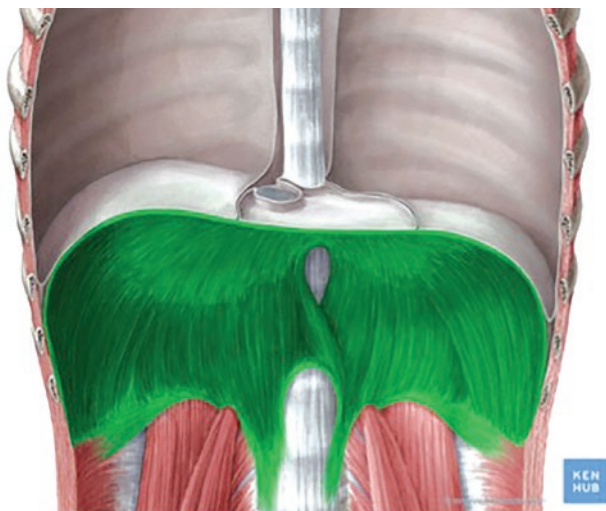
ANATÓMIA

A diaphragma a testünk centrumában helyezkedik el, elválasztva a mellüregt a hasüregtől, kupolaszerűen bedomborodva a mellüregbe. Szöveti szempontból két részt különíthetünk el: kötőszövetes centrum tendineum, harántcsikolt izomszövetből álló izomrostok. A felső felszíne a parietális pleurával van borítva, a pericardium is ehhez a felső felszínhez kapcsolódik. Az izomrostok a mellkasról (pars costalis), a szegycsontról (pars sternalis)



1. ábra | A: normál légzés minta. Belégzéskor a sternum előre emelkedik - B, B' (pump handle), a bordakosár alsó része tágul -C, C' (bucket handle), a clavicula nem emelkedik -A, A', nincs segédizom működés. Így a diaphragma kupolája lelapul. B: patofiziológiás légzés minta. A belégzés a segédizomokkal történik, a clavicula emelkedik -A, A', nincs pump handle, helyette a sternum cranial irányba mozdul -B, B', a mellkas alsó rész paradox módon befelé húzódik -C, C'. A diaphragma kupolája paradox módon cranial irányba mozdul.

és a lumbális csigolyákról (pars lumbalis) eredve összefutnak a centrum tendineum inas lemezében. A pars costalis rostjai adják a rekeszizom legnagyobb részét, a rostok az alsó 6 borda és a bordaporcok belső felszínén erednek. A pars sternalis rostok sternum processus xyphoideusának dorzális felszínéről futnak a centrum tendineum inas részébe. A pars lumbalis két részből tevődik össze: crus dexter (L1-L3 intervertebrális discuson ered) és crus sinister (L1-L2 intervertebrális discuson ered). (4, 5) A rekeszizom 3 jelentős nyílás található a nagyobb a méretű anatómiai képletek áthaladásának biztosítására: hiatus aorticus, hiatus oesophagei, hiatus venae cavae inferioris. Áthaladó további képletek: nervus vagus, truncus sympathicus, ductus thoracicus, vena azygos, vena hemiazygos. (6) 2. ábra



2. ábra | A rekeszizom anatómiája.

FUNKCIÓI

A rekeszizom normális esetben úgy működik, mint egy pumpa: mély belégzéskor kontrakcióba kerül, izomrostjai rövidülnek, lefelé (kaudál irányba) mozdul, lelapul. Kilégzéskor pedig az izomrostok megnyúlnak, felfelé (kranial irányba) mozdul, visszanyeri a boltozatát. Mozgását követi a két tüdő és a szív, valamint az alatta lévő hasi szervek, hiszen velük kötőszövetes kapcsolatban van. Egy jól működő, megfelelő pumpafunkciót létrehozni képes, nagy kitéréssel dolgozó rekeszizom működése összetett. Elsősorban légzőizom, ezen kívül támogatja a vérkeringést, a nyirokkeringést, lényeges szerepe van a törzs stabilitásában, és az oesophagus elsődleges záróizma. (7) 2. ábra

1. A légzés támogatása

A rekeszizom az elsődleges belégzőizom, a belégzés 75%-át adja a belső bordaközi izmok mellett. A tüdők a légzés célszervei, de a tüdőket a rekeszizom működteti. Normál légzés minta esetén a rekeszizom képes a tüdők ventilációját és oxigénfelvételét javítani. (1, 7)

2. A vérkeringés támogatása

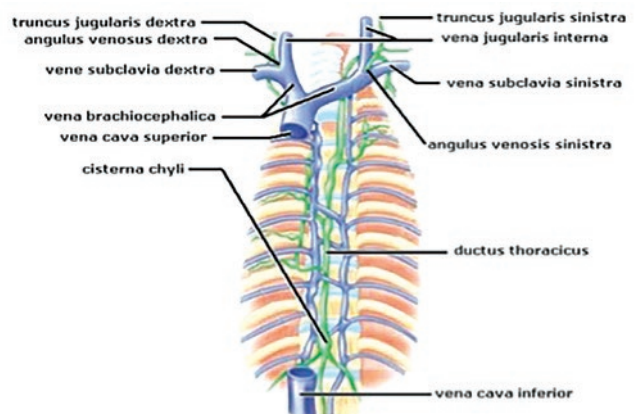
Mély belégzés alkalmával a rekeszizom lefelé száll, tágul a vena cava inferior hiatusa, a szív jobb pitvarába futó vena cava superiorra és inferiorra szívóhatás lép fel, nő a vénás visszaáramlás a periféria felől. Ennek következtében jobb lesz a jobb pitvar telődése és szisztolés térfogata, valamint a jobb kamra telődése és szisztolés térfogata. Ezáltal a rekeszizom segíti a vénás visszaáramlást. (1, 7)

3. A nyirokkeringés támogatása

A nyirokkeringést mind a nyújtott kilégzés, mind a mély belégzés kedvezően befolyásolja. Kilégzés alatt a nyirok a cysterna chily-ből kranialis irányba a ductus thoracicusba áramlik. Mély belégzés alatt a nyirok a ductus thoracicusból az attól kranialisán elhelyezkedő vénás rendszerbe vezetődik. (1, 7) 3. ábra

4. Az oesophagus zárása

A nyelvcső átfúrja a rekeszt. Az átfúrás helyén a hiatus oesophagei-nél az un. LES hurok (Lower Esophageal



3. ábra | A nyirokkeringés támogatása.

Sphincter) található, ami az oesophagus fő záróizma. A LES-hurok két komponensből tevődik össze, egy külső, és egy belső komponensből. A belső részt neurohormonális szabályozás alatt álló simaizom rostok, míg a külső részt a rekeszizom harántcsíktott rostjai alkotják. A két rész együttesen biztosítja a nyelőcső-gyomor átmenetnél a záró funkciót (antireflux barrier), ezzel segítve a táplálék útját a gyomor felé, megakadályozva a tápanyag retrográd áramlását. A LES nyitó funkcióját a belső rész simaizom rostjainak ellazulása adja, ez a funkció segíti a tápanyag bejutását a gyomorba. A LES külső részének különlegessége, hogy záróizom, de a diaphragma harántcsíktott rostjaiból áll, tehát tudatosan befolyásolható. Ennek a refluxban van nagy jelentősége. (8, 9) 2. ábra

5. A gerinc stabilizálása

A rekeszizom egy része (crus dextrum et sinistrum) a lumbális csigolyákon és azok discusain ered. (4, 5, 6) A diaphragma légzés közben szoros együttműködésben dolgozik a hasizmokkal. A törzs CORE-izmainak (rekeszizom, medencefenék izmok, hasizmok, multifidusok) a tetejét képezi. (4, 5, 6) Normális gerincgörcbületet esetén a rekeszizom síkja és a medencefenék síkja párhuzamos, tökéletes egyensúly van a 4 fő CORE-izom között, a posturális kontroll megfelelően működik. Ez az egyensúly megromlik a gerinc görbületeinek patológiás változása miatt (fokozott lumbális lordózis), a posturális kontroll diszfunkciója lép fel. A posturális stabilizáció aktív izommunka, amely biztosítja a test megváltozott pozícióiban a különböző testszegmentumok stabilizálását a gravitáció, és a külső erők legyőzése által. Fiziológias gerinc görbületek esetén a stabilizálás alatt a bordaközi izmok kontrahálódnak, a mellkas átmérőjét növelve, a has kiemelkedik, a centrum tendineum lefelé (kaudális irányba mozdul. Patofiziológias gerinc görbületek esetén (fokozott lumbális lordózis) a has behorpad, a bordaközi izmok kontrakciója nem jön létre, a centrum tendineum kranialis pozícióban marad. (3)

DISZFUNKCIÓK, TERÁPIÁK

A rekeszizom diszfunkciói a következők lehetnek:

- izomerő csökkenés,
- a nervus phrenicus bénulása,
- paradox mozgás,
- a diaphragma mozgáspályájának (kitérés) csökkenése,
- a kupola alakjának és helyzetének változása.

1. A nervus phrenicus bénulása

A diaphragma a beidegzését a nervus phrenicusból kapja. Az ideg a nyaki gerinc C3-4-5 szegmentumában lép ki, a scalenus hasadékból haladva a clavicula alatt lép be a mellkasba. Mindkét ága a szív mellett, mediálisan száll le

és oszlik el a diaphragma rostjainál. Okai lehetnek: a nyaki csigolyák rendellenes anatómiai pozíciója, clavicula törés, a SCOM izmok hipertrófiája, pneumonia, pulmonalis embolia, tüdő carcinoma, mellkasi műtétek, egyéb traumák. Kardiológiában két ok miatt léphet fel: nyílt szívű műtét (bal oldali n. phrenicus bénulás), abláció (jobb oldali n. phrenicus bénulás. (11) Az abláció utáni n. phrenicus bénulás az összes osztályunkon megforduló esetnek mintegy 10%-át adja. Az abláció leggyakoribb szövődménye, ami szerencsére lehet reverzibilis is, de ha irreverzibilis, akkor fontos, hogy figyeljük a rekeszbénulásra vonatkozó tüneteket. (12) Ezek a következők lehetnek: nehézlégzés lépcsőn felfelé, (de gyakran sík terepen is), nyugalmi hipoxia és szaturáció csökkenés Astrup vizsgálat alapján, terhelési deszaturáció, csökkent terhelhetőség, obstipáció. Rtg átvilágítással ellenőrizve a rekeszizom mozgását azt látjuk, hogy a sérült beidegzésű rekeszfél belégzésre és szippantásra (nagyobb a vákumhatás) paradox mozgást végez (kranial felé mozdul), míg az egészséges beidegzésű oldal normál mozgást (kaudal felé száll). A két oldal tehát ellentétesen mozog. (11) Az érintett oldal magasabb pozícióba kerül, összenyomhatja a tüdő alsó lebenyeit, ezzel atelektáziát és ventilációs zavart okozva - következményes tüdőgyulladások lehetőségeit hordozva. A kétoldali n. phrenicus bénulás még drámaibb lehet, a páciensek nem tudnak tartósan háton fekvő helyzetben tartózkodni, mert a hasi szervek a hasban uralkodó nagyobb nyomás és a rekeszizom tónusvesztése miatt a rekeszt a mellkasba préselik, tovább nehezítve a ventilációt. (11) Az álló, vagy ülő testhelyzetben csökken a nehézlégzés, mert a gravitáció segíti a rekeszizom működését. Az érintettek többnyire ülő pozícióban alszanak, gyakran lépnek fel tüdőgyulladások a ventilációs zavarok miatt. Ezekből az adatokból jól látszik a rekeszizom fontos szerepe, és az is, hogy az egészséges tüdővel és patofiziológias működésű rekeszizmossal élő páciensek ugyanolyan tüneteket produkálnak, mint a beteg tüdővel élők.

Terápia: a n. phrenicus bénulás elengedhetetlen eleme az ideg elektromos stimulációja, légzőtorna, mellkasi stretching, légzőizomtréning. A n. phrenicus elektromos stimulációját galván árammal végezzük a scalenus hasadékból (ezen a területen halad a n. phrenicus mellett a plexus brachialis és a n. accessorius) megszakított módon, pontelektrodával. Az aktív elektróda a pontelektroda (negatív pólus), a passzív elektróda (pozitív pólus) a páciens kezében van. Kezelési idő 12 perc, intenzitás a beteg érzékenységének megfelelően. A kezelést a bénulástól számított 1/2-1 éven belül ajánlott elkezdeni. (11) További terápiás lehetőségek: légzőizom tréning: a rekeszizom és a külső bordaközi izmok erősítésére és funkciójuk javítására alkalmazzuk (inszentív eszközök, légzőizom erősítést célzó eszközök). Az eszközt álló, háton fekvő, oldalt fekvő testhelyzetekben alkalmazzuk, a rekeszizom különböző részeit működésbe vonva. (13)

2. Krónikus Obstruktív Tüdőbetegség - Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)

COPD hazánkban egyes becslések szerint mintegy 500.000 embert érint. (14) A betegség következtében, előrehaladott állapotban gyakran fellépő jelenség a mellkasi hiperinfláció (felfújtt mellkas), amely jelentős mértékben rontja a rekeszizom funkcióját és az oxigénfelvételt. Ennek 2 oka van: egyrészt a hörgők obstrukciója, másrészt a kilégzési hajtóerő csökkenése emfizéma miatt (rettrakciós - visszahúzó tendencia csökkent). Mindkét ok a légzési munka növekedését eredményezi. Ezen két ok következtében a kilégzés nem tökéletes, a belégzés idő előtt következik be, egy idő után a hiperinfláció olyan fokúvá válik, hogy a belégzés is nehezítetté válik. (15) A mellkasi hiperinfláció olyan kedvezőtlen légzésmechanikai és mellkasi kinematikai helyzetet teremt, ami már az oxigén felvételét is akadályozhatja. (15, 16) A másik probléma, hogy a kilégzés elégtelensége szén-dioxid retenciót okozhat, gyakran globális légzési elégtelenség jelentkezik. (17) A rekeszizom mély állásban helyezkedik el (limitált mozgás), nem képes működtetni a tüdőket a kényszer pozíciója miatt, benne az izomerő jelentősen csökken, következményes funkció károsodással. (18)

Terápia: ajakfékes kilégzés, PEP- eszközök alkalmazása (positiv expiratory pressure). Ezen esetekben a légutakat nyitva tudjuk tartani, így javítható a kilégzés foka, ezen eszközök alkalmazásánál a kilégzési időt is növeljük a lehetőségeken belül abból a célból, hogy a diaphragma rostjai relaxálódni tudjanak. A rekeszizom gyengülésére a légzőizom tréning javasolt álló, hátonfekvő és oldalt fekvő testhelyzetekben a fentebb említett eszközökkel. A tréninget kilégzéssel indítjuk, hangsúly fektetve ezzel a rekeszizom lazítására, ezen keresztül az izomerő fokozására belégzésben. (18) A légzőizom tréning javítja a metaboreflexet (a rekeszizom fáradása, afferentáció az agyba, efferentáció a perifériás izmokhoz, kevesebb oxigén, vasoconstrictió, kevesebb munka), a terhelhetőséget, a légzésmechanikát, a mellkasi kinematikát és az életminőséget. (19, 20, 21, 22) A rekeszizom lazítására manuális nyújtási technika javasolt. (23) További terápiás lehetőség a fentebb említett légzőtorna, és mellkasi stretching. (24, 25)

3. Gastrooesophagealis Refluxbetegség - Gastrooesophagealis Reflux Disease (GERD)

A refluxos betegek többségénél a visszaáramlás a nyelőcső nyálkahártyáját irritálja, egy részüknél fellépnek légzészavarok (köhögés, terhelésre jelentkező nehézlégzés) is – extra oesophageal manifesztáció. (26) A mellkasban a légzés során negatív nyomás, vákumhatás érvényesül, a hasüregben pedig a nyomás magasabb. Ez a fiziológiai jelenség nem kedvez az antireflux barrier funkciónak, a balance megteremtésében és a hasüreg és a mellüreg nyomásviszonyainak szabályozásában kulcsszerepe van a rekeszizomnak. Ha a rekeszizomban az izomerő csökken, a LES-hurok zárási funkciója is romlik, sérül az antireflux

barrier, kilégzéskor a gyomorból visszaáramlás léphet fel a nyelőcső felé. (27) A mindennapi gyakorlatban gyakran látjuk a rekeszizom erő csökkenését, a légzésminta kedvezőtlen irányú változását ebben a betegcsoportban. Ez lehet egy rossz szokás is, a helyes légzésminta (rekeszlégzés) megértésével és elsajátításával, a rekeszizom erő növelésével jelentős eredmények érhetők el. Egyes tanulmányok utalnak arra, hogy refluxos betegek belégzési nyomását (MIP) vizsgálva a rekeszizomban az izomerő jelentős csökkenése áll fenn, amit a hasi légzés tanításával lehet kedvezően befolyásolni. Gyomortükrözéssel ellenőrizve azt találták, hogy a patofiziológiás légzésminta (a nyaki belégzési segédizmok működnek, a rekeszizom nem) úgy hatott a LES-izomra, hogy belégzés alatt zárva volt, kilégzés alatt nyitva - szabad utat biztosítva a gyomorból áramló anyagok és gázok számára. Ha a légzésminta normális volt és a rekeszizom jól működött, akkor mind belégzés alatt, mind kilégzés alatt zárva volt a LES hurok. (28) A légzőizom tréning kedvező hatása a nyelőcső zárására számos tanulmány és szakmai tapasztalat szerint elengedhetetlen. (29, 30)

Terápia: légzőtorna, mellkasi stretching, légzőizomtréning, állóképességi tréning a pumpafunkció javítására.

4. Szívelégtelenség

Krónikus szívelégtelenségben a rekeszizom funkciója romlik (csökken az izomerő), ez kedvezőtlen hatást gyakorol az életminőségre, a terhelhetőségre és a légzésre. A rekeszizomban fellépő izomerő csökkenés hamarabb jelentkezik és nagyobb arányban van jelen, mint a vázizmokban jól ismert izomerő csökkenés. A nemzetközi szakirodalomban sok adat áll rendelkezésre azt illetően, hogy a légzőizom tréning jelentősen javítja a rekeszizom funkcióját, az életminőséget, a funkcionális kapacitást, csökkenti a nehézlégzés fokát, növeli a maximális oxigénfelvételt. (31, 32)

Terápia: légzőizomtréning szakirodalmi adatok szerint.

5. Derékfájás - Low back pain (Low Back Pain)

A derékfájás (LBP) gyakori jelenség a civilizált országokban, irodalmi adatokból úgy tűnik, hogy egyre növekszik az esetszám. (33) A LBP-el élő emberek posturális kontrollja a törzs stabilizáló funkciója csökkent, mert a rekeszizom nem megfelelően működik. A nemspecifikus derékfájással élők rekeszizma hajlamos a gyengülésre, így a „proprioceptív használat” csökken. (33) A lumbális gerinc stabilizálásában a diaphragma és a hasizmok szerepe jelentős. Amennyiben a légzési és a poszturális funkciók nincsenek összhangban, a lumbális szakasz instabilitása fog bekövetkezni. (34) Az LBP-el élő emberek diaphragmája abnormális pozícióban van, magasabban helyezkedik el, relaxált állapotú. Az izomerő csökkenés miatt a különböző testhelyzetek megtartása nagy kihívást jelent, csökken a posturális szignál. (33, 35)

Terápia: légzőizomtréning a szakirodalmi adatok szerint.

6. Mellkasi műtétek (segmentectomia, lobectomia, bi-lobectomia, pulmonectomia)

Mindennapi munkánk során láthatjuk, hogy nagyon fontos a mellkasi gyógytorna a mellkasi műtétre való felkészítésben és a műtét után egyaránt. A szövődmények elkerülése, az intenzív osztályra kerülés valószínűségének csökkenése, felépülési idő lerövidülése figyelhető meg ezáltal. (36, 37) A rekeszizom műtét után a megváltozott anatómiai viszonyok miatt gyakran magasabb pozícióban helyezkedik el, ezért már műtét előtt gondolni kell a re-

kesz funkciójának javítására, az izomerő növelésére, a helyes légzésminta kialakítására. Műtét után mindezek az anatómiai viszonyok helyreállítása, a funkcionális kapacitás javítása és a fájdalom csökkentése miatt helyezendők fókuszba.

Terápia: műtét előtt légzőtorna, mellkasi stretching, légzőizomtréning, állóképességi tréning. Műtét után légzőtorna és légzőizomtréning óvatosan, a fokozatosság elvét betartva. Állóképességi tréning is óvatosan végezhető.

Felhasznált irodalom:

1. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Elettan/ch05.html#id581717
2. Aliverti A, Ghidoli G, Dellacà RL, Pedotti A, Macklem PT. Chest wall kinematic determinants of diaphragm length by optoelectronic plethysmography and ultrasonography. *J Appl Physiol*, 94(2): 621-630. 2003.
3. Kolar P, Kobesova A., Valouchova P, Bitnar P. Dynamic Neuromuscular Stabilization. In: Recognizing and Treating Breathing Disorders. Chaitow L, Bready D, Gilbert C. (editors). Elsevier Health Sciences Publisher, London, UK, 2002: p.1-20.
4. Jones M., Harvey A., Main E. Anatomy and physiology of the respiratory and cardiac system. In: *Cardiorespiratory physiotherapy*. Eleanor Main, Linda Denehy (editors). Elsevier Ltd, London, UK, 2016: p.11-13.
5. Krebs C., Dean E. Cardiovascular and Pulmonary Function in Health. In: *Cardiovascular and Pulmonary Physical Therapy – evidence to practice*. Donna Frownfelter, Elizabeth Dean. Elsevier Health Sciences Publisher, St. Louis, USA, 2020: p.37-40.
6. Szentágotthai J, Réthelyi M. Légzőizmok. In: *Funkcionális anatómia I-III. Szentágotthai J., Réthelyi M. (szerzők) Medicina Könyvkiadó ZRT. Budapest 2002.;* p.467-474.
7. Kerti M. A rekeszizom – több mint légzőizom. MGYFT XIII. Tudományos Kongresszusa, Budapest 2022.
8. Herbella F. A., Patti G. M. Gastroesophageal reflux disease. From pathophysiology to treatment. *World J of Gastroenterol*. 2010. 14; 16(30): 3745–3749.
9. Rosen R. D., Winters R. Physiology, Lower Esophageal Sphincter. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
10. https://www.physio-pedia.com/Core_Muscles
11. Kerti M. A nervus phrenicus elektromos stimulációja. FISZE 25 éves Jubileumi Kongresszus Budapest, 2023.
12. Mol D., Renskers L., Balt J.C., Bhagwandien R.E., Blaauw Y. Persistent phrenic nerve palsy after atrial fibrillation ablation: Follow-up data from The Netherlands Heart Registration. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2022 Mar;33(3):559-564.
13. Kerti M, Balogh Zs, Kelemen K, Varga J (2017). The relationship between exercise capacity and different functional markers in pulmonary rehabilitation in COPD. *ERS Annual Congress*, Milan P:3403.
14. https://medcalonline.hu/gyogytas/cikk/copd__a_fojtogato_nepbetegseg
15. Varga J (2015). Mechanism to dyspnoea and dynamic hyperinflation related exercise intolerance in COPD. *Acta Physiol Hung*, 102(2): 163-175.
16. Casaburi R, Patessio A, Ioli F, Yanaboni S, Donner CF, Wassermann K (1991). Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis*, 143(1): 9-18.
17. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA (2001). Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Respir Crit Care Med*, 164(5): 770-777.
18. Kerti M. A terhelhetőség és egyéb funkcionális paraméterek közötti összefüggés COPD-ben és Intersticiális tüdőbetegségekben. Doktori értekezés Semmelweis Egyetem Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola 2019.
19. Chan JS, Mann LM, Doherty CJ, Angus SA, Thompson BP, Devries MC, Hughson RL, Dominelli PB. The effect of inspiratory muscle training and detraining on the respiratory metaboreflex. *Exp Physiol*. 2023 Apr;108(4):636-649.
20. Beckerman M, Magadle R, Weiner M, Weiner P (2005). The effect of 1 year of Specific Inspiratory Muscle Training in patients with COPD. *Chest*, 128: 3177-3182.
21. Dempsey JA, Nader JA, Phillips DB, O'Donnell DE. The physiology and pathophysiology of exercise hyperpnea. *Handb Clin Neurol*. 2022;188:201-232. doi: 10.1016/B978-0-323-91534-2.00001-1.
22. Gosselink R, De Vos J, van den Heuvel SP, Segers J, Decramer M, Kwakkel G (2011). Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *Eur Respir J*, 37: 416-425.
23. Rocha T, Souza H, Brandao DC, Ratters C, Ribeiro L, Campos SL, Aliverti A, de Andrales AD (2015). The Manual Diaphragm Release Technique improves diaphragmatic mobility, inspiratory capacity and exercise capacity in people with chronic obstructive pulmonary disease: a randomised trial. *J Physiother*, 61(4): 182-189.
24. Holland AE, Hill CJ, Jones AY, McDonald CF (2012). Breathing exercises for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Sys Rev*, 10:CD008250.
25. Smith T.C. Breathing pattern disorders and the athlete. In: Chaitow L. Gilbert: *Recognizing and treating Breathing pattern Disorders*. p.218.
26. Szilasi M. E., Szilasi M. A gastrooesophagealis refluxbetegség extra-oesophagealis megnyilvánulásai a tüdőgyógyász szemszögéből. *Medicina Thoracalis* 2023.
27. Zdrhova L, Bitnar P, Balihar K., Kolar P, Madle K., Martinek M., Pandolfino J. E. Breathing exercises in Gastroesophageal Disease: A systematic review. *Dysphagia* 38. p: 609-621, 2023.
28. Bitnar P, Hlava S., Stovicek J., Kobesova A. Diaphragm in the role of esophageal sphincter and possibilities of treatment of oesophageal reflux disease using physiotherapeutic procedures. *European Respiratory Journal* 52: PA2448. 2018.
29. Souza N. A. M., Lima V.J.M., Martins B. G., Nobre A. R., Souza P. L. H. M., Oliveira B. R., Santos A. A. Inspiratory muscle training improves antireflux barrier in GERD patients. *Am J Physiol* 305:G862, 2013.
30. Moffa A, Oliveto G, Matteo FD, Baptista P, Cárdenas A, Cassano M, Casale M. Modified inspiratory muscle training (m-IMT) as promising treatment for gastro-oesophageal reflux disease (GERD). *Acta Otorinolaringol Esp (Engl Ed)*. 2020 Mar-Apr;71(2):65-69. doi: 10.1016/j.otorri.2019.01.003. Epub 2019 May 15.
31. Azambuja ACM, de Oliveira LZ, Sbruzzi G. Inspiratory muscle training in patients with Heart Failure. What is the new? Systematic Review and Metaanalysis. *Phys Ther*. 2020 Dec 7;100(12):2099-2109. doi: 10.1093/ptj/pzaa171.
32. Piotrowska M, Okrzymowska P, Kucharski W, Rożek-Piechura K. Inspiratory Muscle Training to Improve Physical Tolerance in Older Patients with Ischemic Heart Failure. Application of Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov 26;18(23):12441. doi: 10.3390/ijerph182312441. PMID: 35000000000000385.
33. Janssens L, McConnell AK, Pijnenburg M, Claeys K, Goossens N, Lysens R, Troosters T, Brumagne S. Inspiratory training affects proprioceptive use and Low Back Pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2015 Jan;47(1):12-9. Inspiratory Muscle Training to Improve Physical Tolerance in Older Patients with Ischemic Heart Failure.
34. Finta R. A diaphragma erősítés hatása a fájdalom mértékére és a funkcionális paraméterekre krónikus nemspecifikus derékfájdalommal küzdő egyének körében. Doktori értekezés Disszertáció tézisei. Szegedi Tudományegyetem Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola. 2019.
35. Kolar P, Sulc J., Kyncl M., Sanda J., Kubesova A. Postural function of the diaphragm in persons with and without Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 42(4):352-62. 2012.
36. Vágvolgyi A, Rozgonyi Z, Vadász P, Varga JT. Risk stratification before thoracic surgery, perioperative pulmonary rehabilitation. *Orv Hetil*. 2017 Dec;158(50):1989-1997. doi: 10.1556/650.2017.30862.
37. Vágvolgyi A, Rozgonyi Z, Kerti M, Vadász P, Varga J. Effectiveness of perioperative pulmonary rehabilitation in thoracic surgery. *J Thorac Dis*. 2017 Jun;9(6):1584-1591. doi: 10.21037/jtd.2017.05.49.

Levezési cím:
maria.kerti@gmail.com