

# A diaphragma működésében bekövetkező változások és a derékfájdalom összefüggései, fizioterápiás kezelési lehetőségek

*Finta Regina, Dr. Bender Tamás*

## **Bevezetés**

A derékfájdalom (low back pain, LBP), vagy más szóval lumbágó a bordavonal és a gluteális tájék között érzett fájdalom, vagy diszkomfort érzet, mely a combokba sugározhat (1). A krónikus derékfájdalmak nagy számban érintik minden korosztály tagjait, rendkívül gyakori panasz, az európai népesség 23%-a tapasztalja meg az élete során (2). A hosszan fennálló fájdalom megnehezíti a hétköznapi feladatok elvégzését, a munkát, illetve negatív hatással lehet a rekreációs tevékenységekre, mindezzel befolyásolhatja a szociális kapcsolatokat is. A LBP lehetséges oka a nem megfelelő izomreakció és izomegyensúly, melynek alapja a rossz propriocepció (3) és többek között okozhatja a lumbális gerinc szegmentális instabilitása (4). A LPB fennállásakor az izmok működése eltérést mutathat, egy úgynevezett izom diszbalansz jöhet létre, mely hosszú távon további károsodások kialakulását segítheti elő. A törzs stabilitása lényegesen meghatározza a mozgások során fellépő erőket, melyek a megfelelő kompenzációs mechanizmusok hiányában károsíthatják az ízületeket. A károsító erők csökkentésének, azaz a stabilitás megteremtésének érdekében stabilizátor izmok bekapcsolódása szükséges, melyek hosszan tartó túlterhelésre fokozott feszüléssel reagálhatnak. Amennyiben ezek az izmok nem tudják a kellő stabilitást megteremteni, úgy az ízületek egyéb alkotóira hárul a feladat (5).

## **Lumbális stabilitás**

A gerinc stabilitása három pilléren nyugszik, melyek maga a gerinc, a gerinc körül elhelyezkedő izmok és az ezeket vezérlő idegrendszeri szabályozás (4). A gerinc mozgásainak létrehozása mellett az izmoknak tehát fontos szerepük van a szegmentek stabilizálásában is. Alapvetően megkülönböztetünk szegmentális stabilizátor izmokat, illetve globális, több ízületet áthidaló izmokat, melyek együttes működésükkel játszanak alapvető szerepet a lumbális gerinc stabilitásának megőrzésében (6). A m. transversus abdominis jelentősége régóta ismert az irodalomban. Több kutatás is beszámolt arról, hogy a különböző végtagi mozgások előtt a m. transversus abdominis kontrakcióba kell, hogy kerüljön egészséges mozgásszabályozás esetén (6,7). Jól ismert, hogy a m. multifidus részvétele szintén alapvető a lumbális szegmentek stabilizálásában. Ezen izmok kapcsolatban vannak a thoraco-lumbális fasciával, melyre tónusuk növelésével hatnak, ami által a két oldali spina iliaca posterior superior közötti fascia

feszsége fokozódik. Ez a mediális irányú erő a sacroiliacalis ízületen keresztül stabilizálja a medencét. Egy korábbi tanulmányból kiderül, hogy a globális izmok, mint a m. gluteus maximus és a m. latissimus dorsi, a thoraco-lumbális fasciával való kapcsolatuk miatt képesek segíteni a stabilitást és egyben az alsó- és felsővégtagok közötti kapcsolatot megteremteni. Ezen izmok kontrakciójukkal megfeszítik a thoraco-lumbalis fasciát, melynek feszsége egy rendkívül fontos tényező a lumbális gerinc stabilitásának tekintetében (6). Ezen funkcionális anatómiai tanulmány is alátámasztja azt a nézetet, mely szerint az ágyéki gerinc stabilitásáért nem egy izom, vagy izomcsoport felelős kizárólagosan (8,9).

### **Izomdiszbalansz derékfájdalom során**

LBP hatására számos változás bekövetkezik az izomzat állapotában, valamint a motoros szabályozásban, mely érinti a szegmentális és globális stabilizátorokat is. Alapvetően megváltozik a derékfájdalommal küzdő egyéneknél az adott mozgás kivitelezéséhez szükséges motoros stratégia (11). Ezen változások az izmok funkcióit tekintve vizsgálhatók többek között EMG-vel, MRI-vel és diagnosztikus ultrahang segítségével is.

Ismert tény, hogy a krónikus fájdalom képes befolyásolni a mozgásunkat, tartásunkat és képes elváltozásokat létrehozni az izmok szintjén, azonban egy tanulmányban kimutatták, hogy már akut fájdalom is változásokat idéz elő a motoros szabályozásban. A kutatók a jobb oldali longissimus dorsi izomzatba injekciótak hipertóniás, illetve izotóniás oldatot. A fájdalom intenzitásának megítéléséhez Vizuál Analóg Skálát használtak. EMG segítségével a longissimus, a multifidus, rectus abdominis és obliquus externus abdominis izmokat vizsgálták törzs extenzió végrehajtásakor. Hipertóniás oldat injektálása után a fájdalom szignifikánsan magasabb volt az alanyoknál és a fájdalom hatására a rectus abdominis izomnak csökkent az aktivitása. Nagyon érdekes, hogy a mozgás szempontjából antagonistá izom működésében következett be változás (12). Egy másik kutatás hasonló eredményekre jutott, melynek során 10 perces előrehajlás hatását vizsgálták. A kutatók a lumbális szakasz flexiójával a gerinc relatív instabil helyzetét kívánták kiváltani, az extensor izomzat relaxációja és a szalagok megnyújtása révén. Az alanyoknak a 10 perces flexió végrehajtása előtt és után különböző gyakorlatokat kellett kivitelezniük, közben felületi EMG-vel folyamatosan mérték a m. rectus abdominis, a m. obliquus externus abdominis (flexorok) és a m. erector spinae (extenzor) aktivitását. A vizsgálók arra a következtetésre jutottak, hogy a lumbális szakasz instabilitása elsősorban az antagonistá izmok működését befolyásolta. Az antagonistá co-contractio sérült a fokozott ízületi instabilitás miatt, ami megváltoztatta a motoros szabályozást (13).

A m. transversus abdominis bekapcsolódása késve indul meg LBP esetén. Állás során vizsgálták a m. transversus abdominis működését, miközben a derékfájdalommal küzdő és egészséges alanyoknak gyors vállízületi flexiót kellett végrehajtaniuk. A kutatás igazolta, hogy LBP esetén a m. transversus abdominis nem elsőként lép be -megelőzve a kar elmozdulását-, késve kezdi el a működését az egészséges alanyok eredményeivel összehasonlítva. A kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a m. transversus abdominis működésének változása a mozgásszabályozásban bekövetkező elváltozások következménye, mely hatására az izom stabilizáló funkciója sérül, így a derékfájdalmat lumbális instabilitás is kíséri (8).

Az egyensúly megtartásának képessége minden mozgásunk során elengedhetetlen, azonban ez derékfájdalom hatására károsodhat. LBP fennállásakor a poszturális kontroll is érintetté válik, mely komoly stabilitási problémákat okozhat (14). Térdelő pozícióból féltérdelő helyzetbe kerülés során létrejövő izomműködést vizsgálta egy tanulmány. A vizsgálatba középkorú nőket választottak be és állapotuk alapján beosztották őket LBP és kontroll csoportba. A m. obliquus internus, a m. erector spinae és a m. gluteus medius izomhasára helyezték fel a felületi EMG elektródáit. A súlyáthelyezéssel és súlyviseléssel járó funkcionális feladatot a derékfájdalommal küzdő alanyok a m. erector spinae fokozott aktivitásával és bekapcsolásával oldották meg, míg a kontroll csoport tagjai alapvetően a has és csípő körüli izmaikat használták a mozgás kivitelezéséhez (11).

Abboud és munkatársai 64 elvezetési EMG-vel vizsgálták a m. erector spinae működését derékfájdalommal küzdők és egészségesek körében. Az izom fáradását vizsgálták, törzsemelés végzése közben. A vizsgálatból kiderült, hogy a derékfájdalommal küzdők körében az izom fáradása hamarabb következett be (15).

### **A diaphragma szerepe a lumbális stabilitásban**

A korábbiakban láthattuk tehát, hogy mind a globális, mint a szegmentális törzsstabilizátorok működésében változások következnek be LBP hatására. Azonban nem csak a fentebb részletezett izmok felelősek a lumbális stabilitás fenntartásáért, a diaphragma szerepe is igen jelentős, összehúzódásával képes fokozni a hasúri nyomást (15,16,17). A diaphragma elsődleges légzési szerepét támasztja alá Hodges és munkatársainak vizsgálata, mely során arra jutottak, hogy amennyiben az idegrendszer a légzést fokozni kényszerül, csökkenti a rekesz részvételét a poszturális feladatokban (19). Egy korábbi vizsgálatuk azonban igazolja, hogy a diaphragma szerepe nem csak a légzésben alapvető, hanem a lumbális gerinc stabilitásának megteremtésében is. A vizsgálat során arra találtak bizonyítékot a kutatók, hogy a diaphragma kontrakcióba kerül bizonyos mozgások elindításának pillanata előtt. Ezen kutatás során

egészséges alanyoknak gyors kar emelést kellett végrehajtaniuk, miközben a diaphragma és a m. transversus abdominis működését vizsgálták EMG-vel. A mozgás kivitelezése közben a transz-diaphragmális, oesophagialis és a gastricus nyomást is mérték, a diaphragma mozgását diagnosztikus ultrahanggal követték. A vizsgálat során a kutatók azt találták, hogy a diaphragma a vállízületi flexió elindítása előtt aktiválódott, a légzés állapotától függetlenül. A m. transversus abdominis is hamarabb aktiválódott, majdnem egyszerre a diaphragmával. A kutatás arra enged következtetni, hogy a diaphragma szerepe a hasúri-nyomás fokozásában jelentős a nagy felsővégtagi mozgások kivitelezése során, a törzs stabilitásának biztosítása érdekében. Emellett a rekeszizom segít abban, hogy a hasúri szervek a hasizmok kontrakciójának hatására ne nyomódjanak a mellkas irányába, így azok az izmok képessé válnak a thoraco-lumbális fascia megfeszítésére és ezzel a lumbális gerinc stabilitásának fokozására (18). Poszturális funkcióját tekintve, szerepe tehát megegyezik a medencefenék izomzat és a m. transversus abdominis működésével, melyek különböző mozgások során a hasúri nyomás fokozásában szintén részt vesznek, hogy támaszt biztosítsanak a csigolyáknak a gerinc stabilitásának érdekében (19,20). A rekeszizom -elhelyezkedését tekintve- közvetlen kapcsolatban van az ágyéki csigolyákkal és a m. transversus abdominisszel szinergizmusban működik (22). A diaphragma, a m. transversus abdominis és a medencefenék izmok egyidejű, összehangolt kontrakciója a legfontosabb és alapvető eleme a lumbális gerinc stabilitásának (23).

Krónikus derékfájdalom esetén, azonban ezen izmok aktivációs mintázata együttesen megváltozik (24).

A rekeszizom eltérő mozgási mintázatát igazolja LBP esetén Kolář és munkatársainak kutatása. Krónikus derékfájdalommal küzdő és egészséges alanyok bevonásával végeztek dinamikus MRI-t és spirometriás vizsgálatot, mely során az egyéneknek izometriás vállízületi flexiót és kétoldali, izometriás csípőízületi flexiót kellett végrehajtaniuk, háton fekvő helyzetben. A rekeszizom elülső és középső része csökkent mozgást mutatott az LBP csoport esetében, míg a hátulsó részének mozgása megegyezett a kontroll csoportéval, az egészséges alanyok rekeszizmának minden része szimmetrikusan mozgott. A kutatók azt gondolják, hogy a diaphragma abnormális poszturális aktivációja lehet a felelős a LBP kialakulásáért (25). Érdekes, hogy nehéz tárgy földről történő felemelését másképp kivitelezik a derékfájdalommal érintett egyének. Egy vizsgálat során a belégzési térfogatot mérték az egészséges és derékfájós alanyoknál, különböző súlyú tárgyak emelése közben. A fájdalommal küzdő egyének több levegőt lélegeztek be, összehasonlítva a panaszmentes résztvevőkkel. A kor előrehaladtával a

derékfájós alanyok növelték a belélegzett levegő mennyiségét, míg az egészségesek csökkentették azt, a feladat kivitelezéséhez (26).

A rekeszizom megváltozott működése a poszturális kontroll eltéréseiben is megmutatkozik. A légzés fiziológiás működése során a mozgó mellkas a testtömegközéppont helyzetének kitérését idézi elő, melyet az egészséges alanyok jobban képesek kompenzálni, mint a derékfájdalommal küzdők, emellett a derékfájós egyének a csípő stratégiát is kevésbé használják az egyensúly megtartására (27). A rekeszizom fáradékonyabbá is válik LBP esetén. A derékfájdalommal küzdők 80%-ánál mérhető a fáradás jelei ellenállással szembeni belégzést követően, míg a panaszmentes alanyoknál ez az arány csupán 40%-ra tehető (28). Egy másik kutatásban egészséges és derékfájós egyéneket vizsgáltak ellenállással szemben végzett belégzési munka előtt és után. A kutatók azt találták, hogy az egészséges alanyok a diaphragma fáradása után átválnak egy rigid proprioceptív poszturális stratégiára, mellyel inkább a bokaízületből származó proprioceptív információkra hagyatkoznak, elhagyva a normál multisegmentális stratégiát az egyensúlyuk megtartásához. A derékfájdalommal küzdő alanyok, azonban ugyanezt a rigid stratégiát használják a rekeszizom fáradása előtt és azt követően is. A kutatók úgy gondolják, hogy ez a stratégia a poszturális instabilitás következményeként alakul ki és lehetséges, hogy az izomfáradás az egyik kiváltó oka a derékfájdalom gyakori kiújulásának (29).

### **Eltérő légzési mintázat és a derékfájdalom**

Fontos kiemelni, hogy a LBP és a légzési problémák összefüggéseit már több tanulmány is igyekezett feltárni és eredményeik alapján elmondható, hogy bizonyos légzési betegségek gyakran járnak együtt a deréktáji fájdalommal (30). A rekeszizom megváltozott működése alapjául szolgálhat különböző légzési betegségek kialakulásának, mely hatására a derékfájdalommal küzdők esetében hiperventilláció és következményes hypocapnia is kialakulhat, befolyásolva ezzel az izomaktivitást (24). Bár a fizikai aktivitás hiánya és az obezitás gyakran együtt jár a derékfájdalommal (28), egy kérdőíves felmérés során, melyben 14 060 fiatal, 13 004 középkorú és 10 986 idős nő vett részt, fény derült arra, hogy a légzési elváltozások és az inkontinencia inkább korrelál az ágyéki gerinc panaszaival, mint az elhízás, vagy a rendszeres mozgás hiánya (31).

A diaphragma és a többi törzsstabilizátor érintettsége megfigyelhető olyan egyéneknél, akiknél legalább három hónapja sacroiliacalis ízületi fájdalom áll fenn. Ezen alanyoknál csökkent diaphragma mozgást, a medencefenék izomzat fokozott leereszkedését figyelték meg ultrahang segítségével, spirometriás vizsgálattal pedig igazolták a megváltozott légzési

mintázatot. A fájdalommal érintett személyeknél a percventilláció növekedését és emelkedett légzési hányadost tapasztaltak (32). Ezeket az eredményeket alátámasztja Vostatek és munkatársainak kutatása, melyben a rekeszizom működését MRI-vel vizsgálták, egészséges és derékfájdalommal küzdő alanyok diaphragma mozgását összehasonlítva, különböző feladatok elvégzése során. A lumbágós egyéneknél magasabb légzési frekvenciát találtak és a diaphragma kisebb mértékű mozgását (33).

Több szerző is egyetért abban, hogy a normál légzési minta helyreállítása elengedhetetlen derékfájdalom esetén (33,34,35) és légző gyakorlatokon keresztül a komplex törzsstabilizáló rendszerre közvetlenül hatni lehet (23).

### **Kezelési lehetőségek**

Egy 2016-os tanulmányban azt vizsgálták, hogy milyen hatással lehet a háti gerinc mobilizáció a derékfájdalommal küzdő egyének légzésére, életminőségére. 62 derékfájdalommal küzdő egyént kezeltek 2 hétig, minden nap. A vizsgálati alanyokat két csoportra osztották, az egyik csoport egyéni, általános kezelést kapott a fájdalom csökkentésére és otthon is tornázott, míg a másik csoport esetében az egyéb kezelések és otthoni torna mellett thoracalis gerincmobilizációt is végeztek kiegészítésként. Mindkét csoport esetén szignifikáns javulást tapasztaltak, mind a légzési paraméterek, mellkaskitérés, mind a derékfájdalom tekintetében, azonban ez a javulás a gerincmobilizációban részesülő egyéneknél lényegesen nagyobb volt (37).

Janssens és munkatársai arra voltak kíváncsiak, hogy a belégzőizmok erősítése hogyan hat a proprioceptív diszfunkcióra és a fájdalom mértékére LBP esetén. Alanyaikat 8 héten át tréningezték magas és alacsony intenzitással, belégzőizom erősítő eszköz segítségével. A poszturális kontroll hatékonyságát egy erőplaton vizsgálták, amely a testtömegközéppont kitéréseit detektálta. Az egyensúly fenntartásában komolyan szerepet vállaló izomszöveteket (triceps surae, erector spinae lumbális tagjai) vibrációnak tették ki, ezzel vizsgálva, hogy mely izmok aktivációját preferálja jobban a derékfájdalommal küzdő beteg. Alapvetően a derékfájdalommal küzdő alanyok inkább a bokastratégiát használták az egyensúly fenntartásához, azonban a kutatók azt tapasztalták, hogy a belégzőizom tréning után ez a mintázat megváltozott, instabil felszínen elvégezve a feladatot. A 8 hetes intenzív tréning után a pácienseknek nem csak a törzsstabilizációjuk javult és erősödtek a belégzőizmaik, hanem hatására a derékfájdalom mértéke is szignifikánsan csökkent (38).

## **Megbeszélés**

Az eddigi kutatások mind alátámasztják a diaphragma alapvető szerepét a lumbális gerinc stabilitásában. Derékfájdalom hatására, illetve annak fennállásakor a diaphragma működésében változások lépnek fel, melyek a gerinc szegmentális instabilitását, a légzésben bekövetkező változásokat és a poszturális kontroll romlását is előidézhetik (28,23,26). A légzési minta és ezzel a diaphragma működésének helyreállítására tehát szükségszerű figyelmet fordítani a derékfájdalom fizioterápiás kezelése során (33,34,35). Erre két kutatásban láthattunk példát, melyek során egyrészt a háti gerinc mobilizálásával, másrészt a diaphragma erősítésével jelentősen csökkent a LBP mértéke a vizsgálati alanyoknál.

A témában végzett kutatások alapján felmerül a kérdés, hogy vajon a rekeszizmot erősítő, funkcióját helyreállító kezelés, befolyásolná-e hosszú távon is a derékfájdalommal küzdő egyének fájdalmának mértékét és életminőségét? A diaphragma tréningezésével képesek vagyunk-e hatni a többi törzsstabilizátor izom működésére? A derékfájdalom kialakulásának és a krónikussá válás mechanizmusának részletes megismerése alapjául szolgálna egy fizioterápiás protokoll létrehozásának, mellyel a lumbágó komplexen és hatékonyan kezelhetővé válna és alkalmazása mérsékelné a derékfájdalommal járó egészségügyi kiadásokat. Ahhoz, hogy a felmerülő kérdéseket megválaszolhassuk, szükség van további kutatásokra.

## **Irodalomjegyzék**

1. Koes BW, van Tulder MW, Thomas S. Diagnosis and treatment of low back pain. *BMJ*. 2006 Jun 17;332(7555):1430–4.
2. Miura T, Sakuraba K. Properties of Force Output and Spectral EMG in Young Patients with Nonspecific Low Back Pain during Isometric Trunk Extension. *J Phys Ther Sci*. 2014 Mar;26(3):323–9.
3. Parfrey K, Gibbons SG, Drinkwater EJ, Behm DG. Effect of head and limb orientation on trunk muscle activation during abdominal hollowing in chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014 Dec 22;15(1):52.
4. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003 Aug;13(4):371–9.
5. Chang W-D, Lin H-Y, Lai P-T. Core strength training for patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*. 2015 Mar;27(3):619–22.

6. Willard FH, Vleeming A, Schuenke MD, Danneels L, Schleip R. The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. *J Anat.* 2012 Dec;221(6):507–36.
7. Cholewicki J, VanVliet JJ. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002 Feb;17(2):99–105.
8. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996 Nov 15;21(22):2640–50.
9. Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004 Jun 1;29(11):1254–65.
10. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1996 Jan;11(1):1–15.
11. Santos FG, Carmo CM, Fracini AC, Pereira RRP, Takara KS, Tanaka C. Chronic Low Back Pain in Women: Muscle Activation during Task Performance. *J Phys Ther Sci.* 2013 Dec;25(12):1569–73.
12. Hirata RP, Salomoni SE, Christensen SW, Graven-Nielsen T. Reorganised motor control strategies of trunk muscles due to acute low back pain. *Hum Mov Sci.* 2015 Jun;41:282–94.
13. Lee N, Kang H, Shin G. Use of antagonist muscle EMG in the assessment of neuromuscular health of the low back. *J Physiol Anthropol.* 2015 Apr 24;34:18.
14. Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, Greene HS. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001 Apr 1;26(7):724–30.
15. Abboud J, Nougrou F, Pagé I, Cantin V, Massicotte D, Descarreaux M. Trunk motor variability in patients with non-specific chronic low back pain. *Eur J Appl Physiol.* 2014 Dec 31;114(12):2645–54.
16. Farfan HF (Henry F. Mechanical disorders of the low back. Lea & Febiger; 1973. 247 p.
17. McGill SM, Norman RW. Reassessment of the role of intra-abdominal pressure in spinal



- compression. *Ergonomics*. 1987 Nov;30(11):1565–88.
18. Hodges PW, Butler JE, McKenzie DK, Gandevia SC. Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *J Physiol*. 1997 Dec 1;(Pt 2):539–48.
  19. Hodges PW, Heijnen I, Gandevia SC. Postural activity of the diaphragm is reduced in humans when respiratory demand increases. *J Physiol*. 2001 Dec 15;537(3):999–1008.
  20. Grillner S, Nilsson J, Thorstensson A. Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. *Acta Physiol Scand*. 1978 Jul;103(3):275–83.
  21. Hodges PW, Gandevia SC. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *J Physiol*. 2000 Jan 1;522 Pt 1(Pt 1):165–75.
  22. Kolar P, Sulc J, Kyncl M, Sanda J, Neuwirth J, Bokarius A V., et al. Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. *J Appl Physiol*. 2010;109(4).
  23. Ki C, Heo M, Kim H-Y, Kim E-J. The effects of forced breathing exercise on the lumbar stabilization in chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci*. 2016 Dec;28(12):3380–3.
  24. Goosheh B, Ravanbakhsh M, Salavati M, Ebrahimi Takamjani I, Akhbari B, Kahlaee AH. Attention-demand effects on respiration in chronic low back pain patients. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2016; Dec; DOI: 10.1016/j.jbmt.2016.11.016
  25. Kolář P, Šulc J, Kynčl M, Šanda J, Čákrť O, Andel R, et al. Postural Function of the Diaphragm in Persons With and Without Chronic Low Back Pain. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2012 Apr;42(4):352–62.
  26. Hagins M, Lamberg EM. Individuals with Low Back Pain Breathe Differently Than Healthy Individuals During a Lifting Task. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2011 Mar;41(3):141–8.
  27. Grimstone SK, Hodges PW. Impaired postural compensation for respiration in people with recurrent low back pain. *Exp Brain Res*. 2003 Jul 1;151(2):218–24.
  28. Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, Hermans G, Troosters T, Gayan-Ramirez G. Greater diaphragm fatigability in individuals with recurrent low back pain. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013;188(2):119–23.
  29. Janssens L, Brumagne S, Polspoel K, Troosters T, McConnell A. The Effect of

- Inspiratory Muscles Fatigue on Postural Control in People With and Without Recurrent Low Back Pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 May 1;35(10):1088–94.
30. Beeckmans N, Vermeersch A, Lysens R, Van Wambeke P, Goossens N, Thys T, et al. The presence of respiratory disorders in individuals with low back pain: A systematic review. *Man Ther*. 2016 Dec;26:77–86.
  31. Smith MD, Russell A, Hodges PW. Disorders of breathing and continence have a stronger association with back pain than obesity and physical activity. *Aust J Physiother*. 2006;52(1):11–6.
  32. O’Sullivan PB, Beales DJ. Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: A case series. *Man Ther*. 2007 Aug;12(3):209–18.
  33. Vostatek P, Novák D, Rychnovský T, Rychnovská S. Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. *PLoS One*. 2013;8(3):e56724.
  34. Roussel N, Nijs J, Truijen S, Vervecken L, Mottram S, Stassijns G. Altered breathing patterns during lumbopelvic motor control tests in chronic low back pain: a case–control study. *Eur Spine J*. 2009 Jul 10;18(7):1066–73.
  35. Chaitow L. Breathing pattern disorders, motor control, and low back pain. *J Osteopath Med*. 2004;7(1):33–40.
  36. Perri MA, Halford E, Taylor W, Jenner F. Pain and faulty breathing: a pilot study. *J Bodyw Mov Ther*. 2004 Oct 1;8(4):297–306.
  37. Babina R, Mohanty PP, Pattnaik M. Effect of thoracic mobilization on respiratory parameters in chronic non-specific low back pain: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016 Aug 10;29(3):587–95.
  38. Janssens L, McConnell AK, Pijnenburg M, Claeys K, Goossens N, Lysens R, et al. Inspiratory muscle training affects proprioceptive use and low back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(1):12–9.