UNIVERZITA KARLOVA

2. lékařská fakulta

Doktorský studijní program: Kineziologie a rehabilitace

PhDr. Petr Bitnar

Změna aktivity horního a dolního jícnového svěrače při změně respiračních a posturálních podmínek

Respiration and posture influence on the activity of upper and lower esophageal sphincters

Disertační práce

Školitel: prof. MUDr. Alena Kobesová, Ph.D.

Praha, 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně, a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 5.8.2022

Petr Bitnar

.....

Podpis autora

Poděkování autora:

Děkuji prof. MUDr. Aleně Kobesové, Ph.D. za vedení práce a cenné připomínky k formě i obsahu a v neposlední řadě za publikační spolupráci. Dále celému vedení Kliniky rehabilitace a tělovýchovnému lékařství 2. LF UK a FN Motol za inspiraci a cenné připomínky a náměty. Děkuji oddělení gastroenterologie 1. Interní kliniky FN Motol, jmenovitě MUDr. Janu Šťovíčkovi, Ph.D., MUDr. Štěpánovi Hlavovi a MUDr. Šárce Malé za umožnění výzkumu a endoskopické vyšetření pacientů. Prof. MUDr. Alešovi Hepovi, CSc. a doc. MUDr. Jiřímu Dolinovi, Ph.D. děkuji za spolupráci, konzultaci a výcvik v metodě HRM. Děkuji též prof. Ing. Josefovi Arltovi, CSc. za statistické zpracování dat a Mgr. Jakubovi Novákovi za cennou pomoc s formální úpravou práce a citací. Poděkování patří i mé rodině za podporu a výdrž. V neposlední řadě děkuji všem studentům 2. LF UK oboru fyzioterapie, kteří se podíleli na parciálních výzkumech a rešerších.

Změna aktivity horního a dolního jícnového svěrače při změně respiračních a posturálních podmínek

Abstrakt

Práce se zabývá vlivem posturálně respirační funkce na tlaky v horním jícnovém svěrači (upper esophageal sphincter - UES) a v dolním jícnovém svěrači (lower esophageal sphincter - LES). Pomocí vyšetření high resolution manometry (HRM) byly měřeny tlaky UES a LES. Při elevaci dolních končetin nad podložku vleže na zádech dochází k signifikantnímu zvýšení tlaku v UES a LES. Trakce krční páteře a stabilizace hrudníku v neutrální poloze signifikantně snižuje tlak UES a signifikantně zvyšuje tlak LES. Pomocí senzorů Ohm Belt byla měřena aktivita břišní stěny, tj. nepřímo nitrobřišní tlak (NBT), který ovlivňuje funkci UES a LES. NBT souvisí s polohou těla, tedy s posturou. Cílenými verbálními a manuálními instrukcemi lze probanda instruovat, jak zvýšit aktivitu břišní stěny, a tak regulovat (zvýšit) NBT. Z pěti sledovaných poloh (sed, leh na zádech s flexí DK nad podložkou, "medvěd", dřep a vis) došlo k největšímu nárůstu NBT v poloze medvěda, tj. v poloze na čtyřech s oporou o obě ruce a nohy. Aktivace NBT, která je významně závislá na aktivaci bránice může potencionálně ovlivnit tlaky LES a UES. Na základě provedené systematické rešerše lze konstatovat, že dechová cviční jsou efektivní v terapii symptomů gastroesofageální refluxní choroby (GERD).

Klíčová slova: horní jícnový svěrač, dolní jícnový svěrač, vysokorozlišovací manometrie, krční páteř, bránice, fyzioterapie

Abstract

This work explores the effect of postural respiratory function on pressures in the upper esophageal sphincter (UES) and the lower esophageal sphincter (LES). UES and LES pressures were measured using a high-resolution manometry (HRM). Leg raise in a supine position results in significant pressure increase in the UES and LES. Traction of the cervical spine and chest stabilization maneuver significantly reduces pressure in the UES and significantly increases pressure in the LES. Abdominal wall activity, i.e. intra-abdominal pressure (IAP) affecting UES and LES function, was measured using Ohm Belt sensors. IAP is related to body position, i.e. posture. Using verbal and manual guides, the subject can be instructed to increase abdominal wall activity and thus regulate (increase) IAP. Of the five monitored positions (sitting, lying on the back with leg raise, "bear", squat and hang), the greatest increase in IAP occurred in the bear position, i.e. in the position on all fours with a support on both hands and feet. IAP activation, which is significantly dependent on diaphragm activation, can potentially affect LES pressure and UES pressures. Based on the systematic review, it can be concluded that breathing exercises are effective in the therapy of gastroesophageal reflux disease (GERD) symptoms.

Key words: upper esophageal sphincter, lower esophageal sphincter, high resolution manometry, cervical spine, diaphragm, physiotherapy

Seznam zkratek

AET	acid exposure time (doba působení kyseliny)
BMI	body mass index
CD	crural diaphragm (krurální část bránice)
CNS	centrální nervová soustava
Cp	krční páteř
CPAP	continuous positive airway pressure (ventilační režim neinvazivní mechanické ventilace)
DKK	dolní končetiny
DNS	Dynamická Neuromuskulární Stabilizace
EER	extraezofageální reflux
EGJ	ezofagogastrická junkce
GERD	gastroezofageal reflux disease (gastroezofageální refluxní choroba jícnu)
GERD-HRQL	Gastroesophageal Reflux Disease - Health Related Quality of Life Scale (škála hodnocení kvality života pacientů s GERD)
GIT	gastrointestinální trakt
HAZ	hyperalgesic zone (hyperalgická kožní zóna)
HCl	kyselina chlorovodíková
HPZ	high preessure zone (vysokotlaká zóna jícnu)
HKK	horní končetiny
HRM	high-resolution manometry (vysokorozlišovací jícnová manometrie)
LES	lower exoaphageal sphincter (dolní jícnový svěrač)
LESP	lower exoaphageal sphincter pressure (tlak v dolním jícnovém svěrači)
Lp	lumbální páteř
m.	musculus
mm/Hg	mm rtuťového sloupce = 1 Torr
MII-pH	multikanálová intraluminální impedance kombinovaná s pH-metrií
n.	nervus (nerv)
NBT	nitrobřišní tlak
NERD	nonerosive reflux disease (neerozivní refluxní choroba jícnu)
pH	potential of Hydrogen (míra kyselosti či zásaditosti)
PEmax	maximální expirační tlak maximální inspirační tlak
PImax	maximální inspirační tlak maximální inspirační tlak
PPI	proton pump inhibitors (inhibitory protonové pumpy)
QoL	quality of life (skóre kvality života)
Thp	hrudní páteř
TLESR	Transient lower esophageal sphincter relaxation (transientní relaxace dolního jícnového svěrače)
UES	upper esophageal sphincter (horní jícnový svěrač)
UESP	upper esophageal sphincter pressure (tlak v horním jícnovém svěrači)

Obsah

Úvod 9
1 Literární přehled 10
1.1 Horní jícnový svěrač 10
1.2 Dolní jícnový svěrač 11
1.3 Funkční poruchy horního jícnového svěrače 14
1.3.1 Extraezophageální reflux 14
1.3.2 Globus faryngeus 15
1.3.3 Dysfagie 16
1.4 Funkční poruchy dolního jícnového svěrače 16
1.4.1 Gastroesofageální refluxní choroba 16
1.4.2 Epidemiologie GERD 17
1.4.3 Antirefluxní bariéra 17
1.4.4 Luminální očista a tkáňová rezistence 19
1.4.5 Faktory agresivní 20
1.4.6 Klinický obraz GERD 20
1.4.7 Následky a komplikace GERD 21
1.5 Vyšetřovací postupy u funkčních poruch UES a LES 21
1.5.1 Endoskopie 21
1.5.2 High-resolution manometrie jícnu (HRM) 22
1.5.3 24hodinová pH-metrie 24
1.5.4 Dotazníkové šetření 25
1.6 Terapie funkčních poruch UES a LES 26
1.6.1 Léčba extraesofageálního refluxu 26
1.6.2 Léčba globus faryngeus 28
1.6.3 Léčba dysfagie 29
1.6.4 Léčba GERD 31
1.7 Vliv pohybového aparátu na svěrače jícnu 35
1.7.1 Vliv pohybového aparátu na horní jícnový svěrač 35
1.7.2 Vliv pohybového aparátu na dolní jícnový svěrač 38
2 Část výzkumná 44
2.1 Úvod 44
2.2 Cíle práce 45
2.3 Hypotézy 45
2.4 Metodika 46
2.5 Výsledky 46

2.6 Diskuze 47
2.7 Závěr 50
3 Souhrn 52
3.1 Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review: 52
3.2 Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions: 52
3.3 Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease: 52
3.4 Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial: 53
4 Summary 54
4.1 Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review: 54
4.2 Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions: 54
4.3 Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease: 54
4.4 Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial: 55
5 Literatura 56
6 Seznam publikací 69
7 Přílohy 71

Úvod

Choroby jícnu patří mezi nejčastější příčiny vyšetření pacientů na gastroenterologii. Jednou z nejčastějších diagnóz je GERD, tj. gastroezofageal reflux disease neboli gastroezofageální refluxní choroba jícnu, která je obvykle léčena symptomaticky pomocí farmak, které mohou mít řadu vedlejších účinků. GERD je diagnóza spojená s funkčními poruchami jícnu na úrovni sfinkterů, které jsou z velké části tvořeny kosterní svalovinou, a proto může být jejich funkce ovlivnitelná i postupy fyzioterapie a rehabilitace. Dolní jícnový svěrač je navíc spoluvytvářen bránicí, tj. svalem s kombinovanou funkcí posturální, respirační a také sfinkterovou, které se navzájem ovlivňují. Posturální složka často mění respirační funkce bránice a změna respiračního vzoru často vede k poruchám posturálně-stabilizačním. Cílem předložené disertační práce bylo identifikovat, zda a jak poruchy posturálních a respiračních funkcí ovlivňují sfinkterové funkce v oblasti jícnu a zda lze funkci jícnových svěračů ovlivnit pomocí vybraných technik fyzioterapie. Výsledky předložené práce mohou mít dopad do klinické praxi internistů i rehabilitačních odborníků, ale mohou ovlivnit i interpretaci funkce a poruch funkce jícnu v rámci aplikované fyziologie.

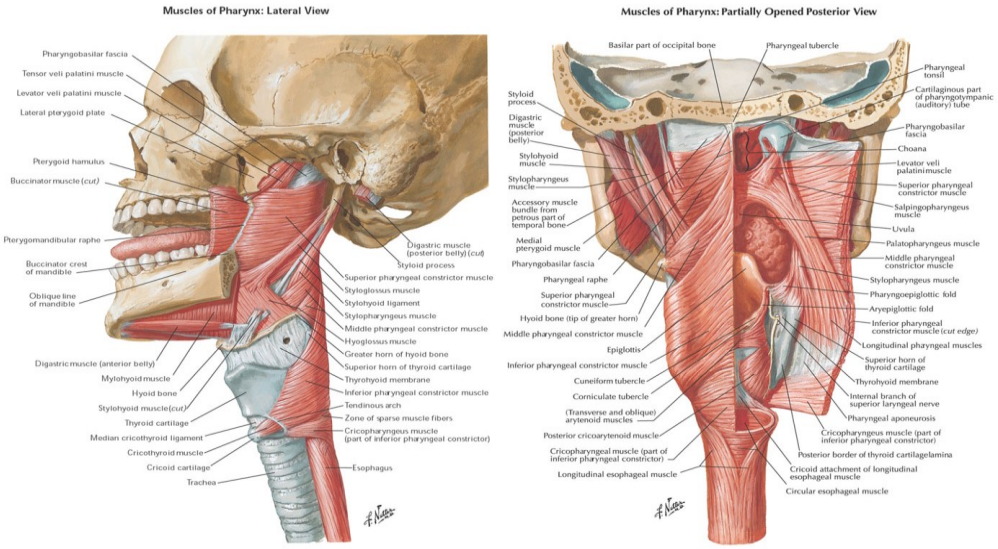
1 Literární přehled

1.1 Horní jícnový svěrač

Horní jícnový svěrač (dále jen UES z anglického upper esophageal sphincter) je muskulokartilaginózní struktura (Obr. 1), která má funkci sfinkterovou a jejíž primární funkcí je ochrana dechových cest před refluxátem z jícnu a žaludku (Sivarao and Goyal, 2000). Jeho hlavní součástí je m. cricopharyngeus, který je svalem příčně pruhovaným. Součástí UES jsou i další struktury (hrtanové chrupavky, m. thyropharyngeus, funkčně i hypoidní svaly). M. cricopharyngeus je sval začínající na dorsolaterálním okraji dolní části chrupavky prstencové, vytváří horizontální svalový pás, který obíhá okolo dolní části hltanu a horního okraje jícnu, kde přechází ve svalovinu krčního jícnu. Kraniálně se nad cricopharyngeálním svalem nachází dolní constricor pharyngu. Sval nemá středovou vazivovou přepážku tzv. raphe a není tak rozdělen na levé a pravé bříško, ale působí jako jeden kompaktní sval (Lang, 2006). M. cricopharyngeus je stále tonicky mírně aktivní, má vysoký stupeň pružnosti a je složen ze směsi pomalých a rychlých svalových vláken (Sivarao and Goyal, 2000). Je to sval příčně pruhovaný, který je složen ze svalových vláken o průměru 25-35 mm. Myofibrily m. cricopharyngeus jsou dvojího typu a to vlákna pomalá oxidační (typ I) a vlákna bílá rychlá glykolytická (typ II). M. cricopharyngeus je tedy tvořen vlákny typickými pro kosterní svalstvo, avšak architektonika těchto vláken není zcela typická (longitudinální upořádání) a vytváří spíše síťovinu, která tak připomíná svalovinu srdeční (Lang, 2006). Tyto vlastnosti umožňují cricopharyngeálnímu svalu udržovat klidové napětí a přitom dynamicky reagovat na polykání a na hyoidní a laryngeální exkurze (Sivarao and Goyal, 2000).

Motorická inervace svalu je zabezpečená cestou pharyngeálních větví bloudivého nervu (n. vagus), která se také někdy nazývají pharyngoesofageální nervem. Senzorická aferentace je z oblasti tohoto svalu zabezpečená cestou glosopharyngeálního nervu a horního laryngálního nervu (nervus laryngeus superior) (Lang, 2006; Čihák, 2016).

Dalším svalem, který doplňuje m. cricopharyngeus a tvoří UES je sval thyropharyngeální (m. thyropharyngeus). Tento sval je anatomicky podobný cricopharyngeálnímu svalu a taktéž jeho inervace a funkce jsou analogické (Sivarao and Goyal, 2000).



Obr.1: Svaly oblasti UES. Převzato z: F. Netter, 2003

Pro umožnění průchodu sousta z hltanu do jícnu je nezbytné, aby se oblast UES včas rozšířila a otevřela a jeho svalovina včas relaxovala. Otevření horního jícnového svěrače je komplexní a kineziologicky složitý akt. Nepodílí se na něm pouze svaly UES ale také svaly suprahyoidní a infrahyoidní. Proto je polykání vždy spojeno s ventrokraniálním pohybem hrtanového komplexu a jazylky. Jako první je během polykacího aktu aktivována elevace hyo-laryngeálního komplexu a to pomocí suprahyoidního svalstva (Cock *et al.*, 2017). Následně o několik desítek až stovek milisekund dochází k relaxaci svalstva dolního jícnového svěrače a to zejména m. cricopharyngeus a přestupu bolusu do oblasti cervikálního jícnu. Relaxace UES také souvisí s pozicí hlavy (Mcculloch, Hoffman and Ciucci, 2010), nebylo ale jednoznačně prokázáno jak. Této problematice se věnujeme v experimentální části práce.

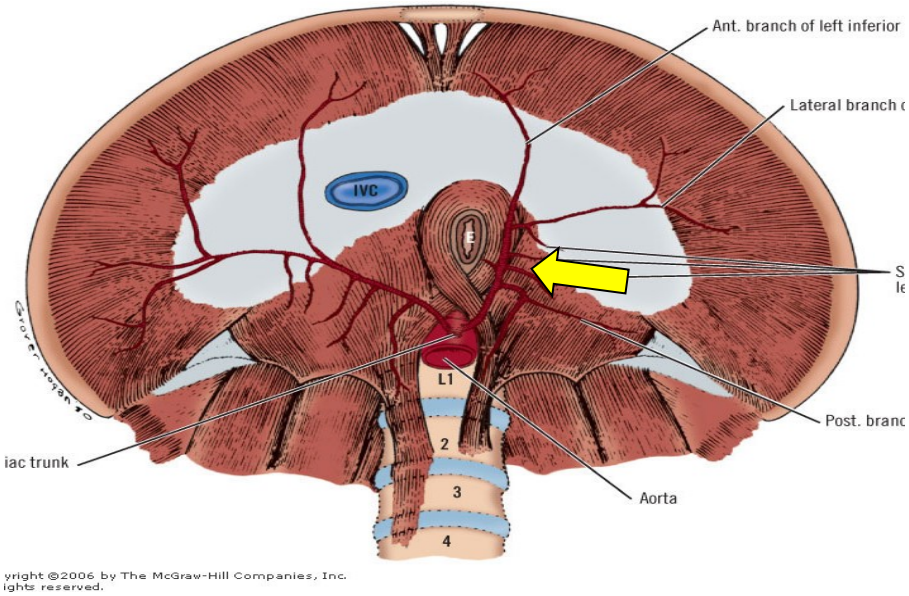
1.2 Dolní jícnový svěrač

Významnou funkci dolního jícnového svěrače má hlavní dechový sval, tj. bránice. Vedle zajištění respirace má bránice u člověka i další dvě významné funkce, a to funkci sfinkterovou (je významnou součástí LES) a funkci posturální. Posturální funkce bránice se projevuje zejména při zajištění trupové stabilizace, ovlivňuje ale i prostřednictvím stabilizační funkce činnost LES. Bránice reaguje na aktivaci trupového svalstva, ale i svalstva v oblasti horních končetin (Hodges and Richardson, 1997). Při aktivaci bránice dochází k nárůstu nitrobřišního tlaku, což je důležitý mechanismus ventrální stabilizace páteře (W Hodges *et al.*, 2005; Kolář *et al.*, 2009). Pro toto tvrzení svědčí i hypertrofie bránice u vzpěračů, která není způsobena zvýšenou nutností respirace, ale extrémními

nároky na trupovou stabilizaci (Al-Bilbeisi and DENNIS McCOOL, 2000). Bránice musí být v rámci funkce posturálně-stabilizační ale i pro plnění funkce LES ve správné koordinaci a koaktivaci s břišními svaly a svaly pánevního dna. Optimální aktivace bránice je závislá na pozici hrudního koše oproti páteři a pánvi. Při tzv. vadném držení těla, dochází mimo jiné i k ovlivnění komplexní, tj. respiračně-stabilizačně-sfinkterové funkce bránice (Kolář *et al.*, 2009). Poruchy postury se tak přímo projevují změnou v aktivaci bránice (Hodges and Richardson, 1997; Hodges and Gandevia, 2000). Tato situace může ovlivnit i funkci LES.

Porušená funkce bránice je častou příčinou VAS i GERD. Smith uvádí, že u pacientů s vertebrogenními poruchami dochází ke zvýšenému výskytu funkčních poruch gastrointestinálního charakteru (Smith, Russell and Hodges, 2008). Sfinkterová funkce bránice je úzce provázána s funkcí posturální a respirační. Z funkčního pohledu můžeme bránici rozdělit na dvě základní části, a to na část sternokostální a zádní část krurální. Každá část má jiný fylogenetický i embryonální původ. Krurální část bránice je fylogeneticky starší, je vyvinuta již u obojživelníků, kde vytváří cirkulární smyčku v oblasti jícnu a má čistě sfinkterovou funkci (např. žáby rodu Xenopus laevis). V průběhu fylogeneze se pak tato cirkulární svalovina jícnu spojila s evolučně novější sternokostální částí bránice a obě části následně splynuly v jeden anatomický a neoddělitelný celek (Pickering and Jones, 2002). Zadní (krurální) část bránice si zachovala funkční vztah k jícnu a i u člověka vytváří svalovou kličku kolem distálního jícnu a má blízký vztah cirkulární hladké svalovině distálního jícnu, se kterým vytváří funkční jednotku tzv. „high pressure zone“ jícnu (dále HPZ). (Liu *et al.*, 2005; Vela *et al.*, 2015)

Krurální část bránice (crural diaphragm - CD) (Obr. 2) musí rychle a přesně reagovat na aktuální stav a potřeby trávicího systému. Při polykání musí dojít k relaxaci CD, což umožní přechod sousta z jícnu do žaludku (Liu *et al.*, 2000). Naopak při zvýšení nitrobřišního nebo intragastrického tlaku se tonus CD zvyšuje a stoupá tak i tlak v oblasti HPZ jícnu. Toto zabraňuje zpětnému toku žaludečního obsahu do jícnu (Shafik *et al.*, 2005). Zadní část bránice se tak podílí na funkci antirefluxní bariéry v oblasti esofagogastrické junkce (Pandolfino *et al.*, 2007). Těsné provázání funkce bránice a gastrointestinálního traktu také vyplývá z toho, že bránice je inervována nejen n. frenicus, ale i bloudivým nervem, stejně jako GIT (Niedringhaus *et al.*, 2008; Young *et al.*, 2010).



Obr.2: Bránice, pohled kaudokraniálním směrem: vztah bránice k ezofagogastrické junkci a k páteři. Žlutá šipka: ukazuje na bráničí hiatus a krurální část bránice, která je zásadní komponentou LES a HPZ. Převzato z: Skandalakis' Surgical Anatomy: the Embryologic and Anatomic Basis of Modern Surgery, 2004

Vliv bránice na změny tlaku v oblasti LES se projevuje během respirace. Klidový tlak LES, jenž se měří na konci expiria, se pohybuje mezi 10 a 30 mmHg (Mittal, Rochester and McCallum, 1988; Weijenborg, Kessing and Smout, 2013). Podle Mittala při maximálním volním nádechu vzroste tlak v LES na 90 mmHg (Mittal, Rochester and McCallum, 1988), Weijenborg uvádí hodnoty tlaku v LES na konci inspiria 30–50 mmHg a při forsírovaném dýchání až 150 mmHg (Weijenborg, Kessing and Smout, 2013). Oblast vysokotlaké zóny jícnu je tedy pod významným vlivem respiračního cyklu a respiračních funkcí. Manometrická křivka (signál) má díky tomu tvar obráceného V a zvýšení tlaku v oblasti LES a aktivita bráničních krur je evidentně synchronizována s nádechem (Nicodème *et al.*, 2013). V průběhu inspiria bránice zdvojnásobí nebo i více zvýší tlak v HPZ jícnu ve srovnání s výdechem (Kwiatek, Pandolfino and Kahrilas, 2011). Dobrá funkce bránice a její optimální respirační funkce je tedy předpokladem dobré funkce (a ideálního tlaku) v oblasti LES. Jako určitou zajímavost můžeme uvést pozorování funkce bránice u aligátora amerického (Alligator mississipensis). U tohoto plaza se tlak v LES během nádechu zvyšuje o 200 až 3000 % oproti výdechu. Zvýšení tlaku až o 3000 % bylo u něj naměřeno během apnoe (Uriona *et al.*, 2005). I tento nález

dokládá důležitost bránice v roli jícnového svěrače. Bránice je zcela nedílnou součástí tzv. dolního jícnového svěrače a brání zpětnému toku obsahu žaludku do jícnu. Má tedy funkci antirefluxní bariéry a chrání tak sliznici jícnu před poškozením (Mittal *et al.*, 1995; Hershcovici, Mashimo and Fass, 2011).

Porucha sfinkterové funkce bránice může být příčnou rozvoje GERD i dalších funkčních poruch v oblasti HPZ. Protože se jedná o funkční poruchu příčně pruhovaného svalu, lze předpokládat, že cílenou terapeutickou intervencí, která bránici aktivuje, je možné dosáhnout změny aktivity v oblasti HPZ jícnu a ovlivnit tak průběh GERD (Ding *et al.*, 2013; Nobre e Souza *et al.*, 2013; Bitnar *et al.*, 2016). Pozitivní efekt respiračního tréninku na symptomy GERD byl prokázán v řadě studií (Carvalho de Miranda Chaves *et al.*, 2012; Eherer *et al.*, 2012; Nobre e Souza *et al.*, 2013). Této problematice se více věnujeme v kapitole popisující možnosti konzervativní terapie GERD.

1.3 Funkční poruchy horního jícnového svěrače

1.3.1 Extraezophageální reflux

Při extraesophageálním refluxu (EER) někdy též nazývaném laryngopharyngeální reflux (LPR), dochází k průniku (duodeno)gastrického obsahu nad úroveň horního jícnového svěrače a ke kontaktu refluxátu s tkáněmi horního aerodigestivního traktu. Patofyziologie EER nebyla zatím jednoznačně vysvětlena (Ali, 2008). Mezi nejčastější příznaky EER patří chrapot, bolest v krku, kašel, zahlenění či globus faryngeus (de Bortoli, 2012), dále pak postižení hrtanu, hltanu, středního ucha a paranazálních dutin (Ali, 2008). EER je nejpravděpodobněji spojen s gastroezofageálním refluxem a s periodami TLESR (transient lower esophageal sphincter relaxation), ale příčinný vztah mezi GERD a jeho extraezofagálními projevy nebyl explicitně prokázán (Kotby *et al.*, 2010). Někteří autoři uvádí, že EER je zcela jiná klinická entita oproti GERD, a to i s ohledem na diagnostikujícího lékaře. Pro diagnózu GERD je klíčovým lékařem gastroenterolog a pro EER je to obvykle ORL specialista (Altman, Prufer and Vaezi, 2011). Klasické projevy a komplikace EER jsou oproti GERD více variabilní a nespecifické. Mohou to být bronchiální projevy jakým je např. astma bronchiale, nebo projevy laryngeální jakými jsou globus, dysfonie, laryngitida s edémem a jiné (Kotby *et al.*, 2010). Například ezofagitidu má endoskopickým vyšetřením prokázanou méně než 50 % pacientů s EER. Epitel horních dýchacích cest je ve srovnání s epitelem jícnu mnohem citlivější na působení refluxu, takže i menší množství refluxátu, který obsahuje HCl a pepsin může

být již dostatečným patogenem pro oblast nad horním jícnovým svěračem a způsobovat lokální zánětlivou reakci (Kotby *et al.*, 2010). Pepsin se u pacientů s EER podařilo prokázat v laryngeálním epitelu, přičemž v běžné populaci zdravých osob se na daném místě nevyskytuje (Ali, 2008).

1.3.2 Globus faryngeus

Globus faryngeus (dále GF) je řazen mezi funkční poruchy trávicího traktu. Dle římské klasifikace (klasifikace ROMA III) jsou jednotlivé funkční poruchy označeny jako souhrn izolovaných symptomů, nebo jejich proměnlivých kombinací bez prokazatelných organických, biochemických, ultrazvukových či endoskopických abnormalit, které postihují trávicí trubici či biliární systém (Lukáš and Hep, 2007). GF patří mezi funkční onemocnění jícnu a je klasifikován pod označením A4. Jde o trvalý nebo intermitentní nebolestivý pocit cizího tělesa v krku nebo uvízlé potravy, či pocit zúženého hrdla, po dobu nejméně dvanácti týdnů, který se vyskytuje mezi jídly a často se po požití potravy zlepší. GF není provázen dysfagickými obtížemi, bolestmi při polykání a nejsou přítomny ani poruchy motility jícnu (Lukáš and Hep, 2007; Cashman and Donnelly, 2010). Mezi diagnostická kritéria GF patří: a) trvalý nebo intermitentní, nebolestivý pocit cizího tělesa v hrdle, b) pocity se objevují mezi jídly; c) průkaz, že gastroezofageální kyselý reflux není příčinou symptomu; d) není prokázána porucha motility jícnu e) není přítomen novotvar. Pro stanovení diagnózy GF je nutné splnění všech výše uvedených podmínek (Lukáš and Hep, 2007). Globus je poměrně častým stavem neznámé etiologie. Se symptomy GF přichází až 4 % nových pacientů ORL klinik (Cashman and Donnelly, 2010). Harar et al uvádí, že mírné formy GF se mohou vyskytovat až u 35 % mužské a u 53 % ženské populace a jsou obvykle spojeny s emočně vypjatými situacemi (Harar *et al.*, 2004). Jednou z možností etiopatogeneze GF jsou chronické změny v napětí m. cricopharyngeus, či afekce jiných složek UES oblasti, hlasivek nebo jícnu (heterotopická žaludeční sliznice v jícnu, hiátová kýla apod.)

Někteří autoři uvádí, že GF vzniká na podkladě zvýšeného bazálního tlaku horního jícnového svěrače, tedy že pocit cizího tělesa v krku souvisí se změnami napětí a funkce UES. Studie však nehovoří jednotně (Lee, 2012). Signifikantní asociaci mezi zvýšeným tlakem v oblasti UES a GF potvrzuje retrospektivní studie Corso et al (Corso *et al.*, 1998), která ale uvádí, že neexistuje souvislost mezi GF a GERD. Oproti tomu Tokashiki et al konstatuje, že GF vzniká v důsledku zvýšeného tlaku v UES v souvislosti s GERD,

přičemž nemusí ale docházet k přímé expozici UES refluxátem, resp. kyselinou (Tokashiki, Funato and Suzuki, 2010). U pacientů s GF byly pomocí HRM též prokázány vyšší výkyvy tlaku v oblasti UES během dechového cyklu, tj. abnormální respirační variabilita tlaku v UES (Kwiatek *et al.*, 2009).

1.3.3 Dysfagie

Jedná se o poruchu polykání, pocit váznutí sousta či překážky v jícnu bez současné bolesti. V těžkých případech dochází až k afagii, tedy neschopnosti polknout. Je-li porucha polykání doprovázena bolestí, označuje se jako odynofagie. Dělí se na orofaryngeální (horní typ) a jícnové dysfagie (dolní typ). Zvláštní jednotkou je paradoxní typ, kdy je porucha polykání tekutiny, zatímco s tuhou stravou nemají pacienti problém (Duda, 2012). Dysfagie je spojena s poruchou otevírání horního jícnového svěrače a může být spojena s neurologickými obtížemi, jako je například Parkinsonský syndrom (Born *et al.*, 1996). Za rozvojem onemocnění stojí nejčastěji porucha relaxace cricopharyngeálního svalu. Následkem této dysfunkce pak bývá rozvoj Zenkerova divertiklu (Tieu and Hunter, 2011). Choroba se může vzácně vyskytnout i u dětí (Jayawardena *et al.*, 2020).

Dysfagie může být i funkčního původu. Choroba je charakterizována pocity abnormálního průchodu bolusu potravy tělem jícnu, tuhého nebo tekutého charakteru. Ke stanovení diagnózy tzv. funkční dysfagie je nejprve nutné vyloučit strukturální léze jícnu, refluxní chorobu jícnu a histopatologicky prokázané onemocnění motility. Diagnostická kritéria musí splňovat všechny následující podmínky: a) pocit, že solidní a/nebo tekuté sousto ulpívá, zůstane uloženo nebo prochází abnormálně jícnem; b) zřejmý důkaz, že gastroezofageální kyselý reflux není příčinou symptomu; c) histopatologicky není prokázáno jícnové onemocnění motility (Lukáš and Hep, 2007).

1.4 Funkční poruchy dolního jícnového svěrače

1.4.1 Gastroesofageální refluxní choroba

Gastrooesophageální refluxní choroba je způsobena abnormálním tokem intragastrického obsahu zpět do lumen jícnu. Tento stav se může vyskytnout u zdravého člověka a do určité míry je normálním fyziologickým procesem, vyskytující se i u zdravých jedinců i vícekrát za den a sloužící zejména k odvodu plynů ze žaludku. Dojde-li však k nepoměru mezi agresivními faktory a obrannými mechanismy, vzniká refluxní choroba

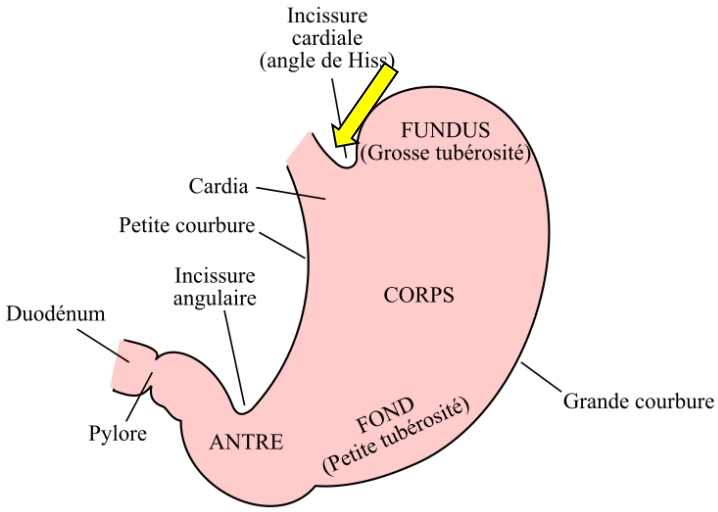
jícnu – GERD (Bureš, 2002). GERD může způsobit poškození jícnu, faryngu, laryngu a respiračního traktu (Lukáš, 2003). Při opakujícím se patologickém refluxu, kdy dojde k porušení všech antirefluxních bariér, hovoříme o refluxní chorobě jícnu. GERD je na rozdíl od prostého refluxu spojena s komplikacemi (Fölsch, KOCHSIEK and SHMIDT, 2000), nejčastěji refluxní oesophagitidou, která je důsledkem prolongovaného kontaktu žaludečního a duodenálního obsahu s jícnovým epitelem. Vznikat mohou jícnové eroze a ulcerace, které předcházejí strikturám a Barrettově jícnu (Lukáš, 1998). Nejčastějším subjektivním symptomem GERD je pyróza.

1.4.2 Epidemiologie GERD

Lidí trpících GERD stále přibývá, což souvisí s pozměněným životním stylem a stravovacími návyky (Matuška J, 2001). Odhad prevalence refluxní choroby jícnu v USA je 18.1% - 27.8%, v Evropě 8.8% -25.9%, ve východní Asii 2.5% - 7.8% na středním východě 8.7% to 33.1%, v Austrálii 11.6% a v jižní Americe 23.0%. Pro UK a USA je udávána incidence 5 pacientů na 1000 obyvatel za rok a 0.84 pro dětskou populaci ve věku 1-17 let. Prevalence GERD stoupá od roku 1995 hlavně v severní Americe a východní Asii (El-Serag *et al.*, 2014). 5–7 % světové populace (muži, ženy, děti) má pyrózu denně (Mashimo and Goyal, 2006). U 15 % endoskopicky vyšetřených pacientů je nalézána oesophagitida (Lukáš, 2003). Prevalence pyrózy, nejčastějšího projevu refluxu, stoupá s věkem. Až 59 % lidí ve věku nad 65 let má pyrózu (Lukáš, 1998).

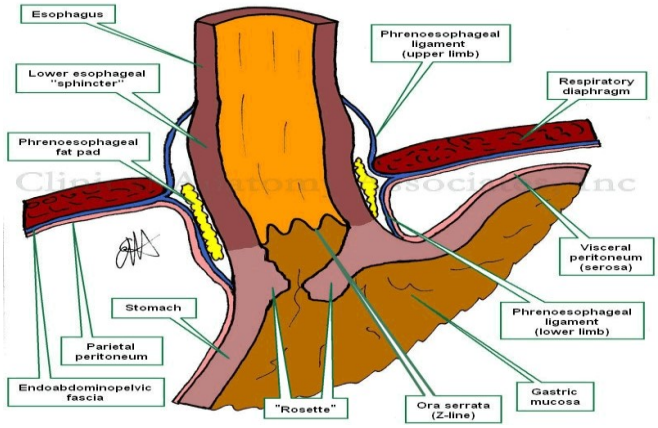
1.4.3 Antirefluxní bariéra

Důležitou roli v prevenci či rozvoji GERD hrají ochranní faktory, tj. antirefluxní bariéra, luminální očista a tkáňová rezistence. Normální antirefluxní bariéru tvoří tři základní komponenty, a to jícnová svalovina, crura bránice a anatomické parametry jícnu a žaludku (Spechler, 2011). Mezi důležité anatomické parametry žaludku patří Hissův úhel (obr. 3), tj. ezofagogastrický úhel, který se nachází na přechodu jícnu do žaludku. Fyziologicky ostrý Hissův úhel funguje jako jednocestný ventil a brání úniku obsahu žaludku do jícnu, naopak otupený úhel, který zjišťujeme např. u hiátové hernie může GERD vyvolávat či zhoršovat (Kala, 2003; Lukáš, 2003).



Obr. 3: Hissův úhel. Převzato z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stomach-fr.svg

Dalšími anatomickými faktory které podporují funkci antirefluxní bariéry jsou fixace jícnu a kardie, mukózní roseta (zesílená cirkulární svalovina distálního jícnu), délka (respektive krátkost) intraabdominální části jícnu a myoskeletální aparát, hlavně krurální část bránice (Kala, 2003). Tyto komponenty označujeme za prvky dolního jícnového svěrače (LES), nebo též zóny zvýšeného tlaku – high pressure zone (HPZ). Hodnota tlaku v oblasti dolního jícnového svěrače se pohybuje v rozmezí 10–30 mmHg a musí být tedy vyšší, než je tlak v žaludku, tj. tlak intragastrický (Spechler, 2011). Tlak v oblasti HPZ jícnu však není setrvalý a konstantní, ale přechodně dochází k jeho fyziologickému poklesu i mimo polykání. Tyto epizody přechodného snížení tlaku nazýváme tranzitivními relaxacemi a je pro ně vžita zkratka TLESR (transient low esophageal sphincter relaxation). TLESR jsou nutné pro fyziologický odvod plynu ze žaludku a jsou ovlivňovány vago-vagálním reflexem s centrem v mozkovém kmeni (Mashimo and Goyal, 2006). U pacientů s GERD jsou však tyto transientní relaxace mnohem častější, a hlavně v daleko delším časovém úseku a řádově trvají desítky sekund (Lukáš, 2003). U postižených refluxní chorobou jícnu při nich nedochází k pouhému odvodu plynu ze žaludku, ale též k současnému přechodu kapalného obsahu žaludku do jícnu. Patologické TLESR se dnes považují za jednu z hlavních příčin patofyziologie refluxní choroby jícnu (Spechler, 2011). Snížení tlaku v LES během TLESR může být způsobeno distenzí fundu žaludku a/nebo aktivací receptorů v jícnu a v hltanu. I pouhá aktivace receptorů v žaludku může způsobit současnou relaxaci LES a únik žaludečních šťáv do jícnu (Pouderoux, Verdier and Kahrilas, 2003).



Obr. 4: Antirefluxní bariéra, HPZ, oblast dolního jícnového svěrače. Převzato z: Miranda EA, Medical terminology daily https://clinicalanatomy.com/mtd

1.4.4 Luminální očista a tkáňová rezistence

Tento ochranný faktor se zapojuje do obranné funkce až po proběhnutí refluxní příhody. Faktory přispívající k luminální očistě zahrnují peristaltiku, gravitaci, sekreci slin a sekreci jícnových slizničních a podslizničních žlázek (Lukáš, 2003). Jako nejvýznamnější z těchto komponent luminální očisty se považuje jícnová peristaltika, která má za úkol posun refluxátu zpět gastrickým, tj. aborálním směrem. U pacientů s GERD byla zjištěna porucha peristaltiky jícnu až ve 48 % případů (Spechler, 2011). Porucha luminální očisty vede k prodloužení doby, po kterou je jícnová sliznice exponována refluxátu, což může vyústit až ve vznik esophagitidy. Boiron et al. potvrdil signifikantně delší transitní jícnový čas pro vlhké i suché polknutí u pacientů s GERD (Boiron *et al.*, 1999), což může platit i pro refluxát, který se u pacientů s GERD delší dobu vrací do žaludku. Nález tedy zapadá do obrazu postižené motility jícnu u lidí s diagnostikovanou refluxní chorobou jícnu. Pro neutralizaci sníženého pH v jícnu po proběhlé refluxní epizodě je nutná ještě luminální očista pomocí slin a neutralizace kyseliny exudátem mukózních žláz jícnu, který obsahuje bikarbonát (Spechler, 2011). Tkáňová rezistence mukózy jícnu je dána schopností jícnových slizničních buněk odolávat agresivitě refluxátu. Obecně ale sliznice jícnu není schopna odolávat dlouhodobé či opakované expozici žaludečním šťávám, které obsahují HCl a enzymy (Mashimo and Goyal, 2006). Následkem pak může být vznik esophagitidy event. i rozvoj prekancerózy, tj. Barretova jícnu, pokud po poškození epitelu refluxátem nedojde k rychlé epiteliální restituci.

1.4.5 Faktory agresivní

Při duodenogastrooesophageálním refluxu se do kontaktu s jícnovou sliznicí dostávají navíc (mimo HCl a gastrických enzymů) pankreatické enzymy a žlučové kyseliny (Lukáš, 1998). Za fyziologických podmínek jsou pankreatické enzymy inaktivovány kyselým prostředím žaludku a žlučové soli jsou v kyselém prostředí žaludku konjugovány. Problém však může nastat u pacientů s dlouhodobě vyšším pH v žaludku, kdy jsou tyto procesy významně sníženy. Mezi tyto jedince patří zejména lidé na dlouhodobé antirefluxní léčbě pomocí inhibitorů protonové pumpy. U těchto pacientů totiž k inaktivaci enymů a ke konjugaci žlučových solí a barviv nedochází v dostatečné míře. (Weijenborg, Kessing and Smout, 2013). Tomu nasvědčují také signifikantně častější nálezy Barretova jícnu u lidí s alkalickým, či smíšeným refluxem (Kala, 2003). Agresivními faktory tedy jsou: kyselina chlorovodíková, žaludeční enzymy (pepsin) a dále nekonjugované žlučové kyseliny a pankreatické enzymy.

1.4.6 Klinický obraz GERD

Symptomatologii refluxní choroby je možné rozdělit na symptomatologii jícnovou a symptomatologii mimojícnovou. Pyróza je nejčastějším a hlavním symptomem GERD. Jedná se o typický jícnový příznak, který se vyskytuje u 73–83 % nemocných (Lukáš, 1998). Pyróza je subjektivní vjem pacienta a je popisována jako palčivý, řezavý až algický pocit za hrudní kostí, který bývá lokalizován v některých případech až do krční oblasti nad manubriem sterni. Někteří pacienti pak udávají i palčivé bolesti zad a ramen. U pacientů s významnou pyrózou je incidence oesophagitidy 50 - 60 % (Lukáš, 2003). Regurgitace (vtok refluxátu až do dutiny ústní) je příznakem 66 % nemocných (Lukáš, 1998). Dalšími příznaky GERD mohou být, těžké a bolestivé polykání, záchvatovité slinění, říhání, zápach z úst a dyspepsie (Lukáš, 2003).

Gastrooesophageální reflux nemusí vždy postihovat pouze trávicí trubici, ale může se manifestovat i v jiných oblastech a strukturách těla. Takovémuto typu refluxu říkáme extraeosphageální reflux. Jeho nejčastějšími klinickými projevy jsou záněty dýchacích cest, astma bronchiale, zvýšená kazivost zubů a u malých dětí též chronické či opakující se záněty středouší. Závažným následkem GERD jsou poruchy kardiálního rytmu (Zeleník, 2013). Poruchy srdečního rytmu jsou způsobeny vagem zprostředkovaným ezofago-kardiálním reflexem. Může tak dojít ke vzniku bradykardie i tachykardie, či k předčasným síňovým i komorovým kontrakcím (Lukáš, 2003).

1.4.7 Následky a komplikace GERD

Při chronické expozici jícnové sliznice žaludečnímu refluxátu, dochází k jejímu zanícení a ke vzniku ezofagitidy. Chronická oesophagitida může probíhat ve formě mikro i makro zánětu. Makroskopický zánět je diagnostikován při endoskopii, o mikroskopickém zánětu rozhoduje až biopsie (Kala, 2003). Chronický zánět má negativní vliv na fyziologii mukózních buněk jícnu, což může vést až k jejich zničení či metaplastické přeměně. Nejtěžšími následky a komplikacemi chronické esophagitidy je jizvení jícnové sliznice, ulcerace, striktury, krvácení, poruchy myenterického plexu (achalázie) nebo Barretův jícen, který je obecně považován za prekancerózní stav. U Barretova jícnu dochází ke změně původního dlaždicového epitelu na epitel cylindrický a tato metaplastická změna je považována za předvoj adenokarcinomu (Mashimo and Goyal, 2006). Barretův jícen má prevalenci 15 % u pacientů s chronickou oesophagitidou (Lukáš, 2003).

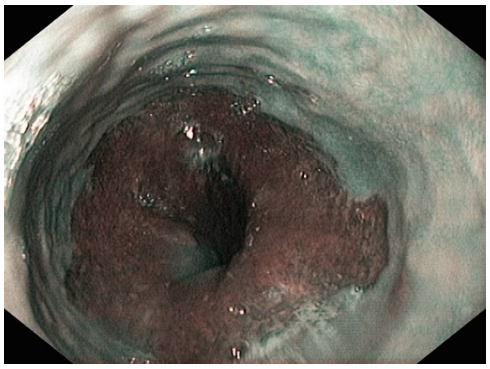
GERD může ovlivňovat i respirační systém s rozvojem příznaků jako je chronický kašel, bronchitida, rekurentní pneumonie, plicní absces, CHOPN, astma bronchiale, laryngitida, chrapot či idiopatická plicní fibróza. Mimojícnovým působením refluxu je často též postižen chrup. Až 47 % pacientů s GERD je nuceno používat kompletní zubní náhradu. Zvýšená kazivost zubů, je způsobená erozivním působením kyseliny chlorovodíkové na zubní sklovinu (Cebrián Carretero and López-Arcas Calleja 2006).

1.5 Vyšetřovací postupy u funkčních poruch UES a LES

1.5.1 Endoskopie

Endoskopické vyšetření (obr. 5) je používáno zejména k prokázání strukturálních změn jícnu, žaludku či dvanáctníku. Endoskopický nález je rozhodující pro zahájení účinné terapie i pro predikci prognózy pacienta (Sami and Ragunath, 2013). Slouží také v rámci diferenciální diagnostiky, k vyloučení rakoviny jícnu a žaludku, eosinofilní ezofagitidy, nebo infekce (Bredenoord, Pandolfino and Smout, 2013). Pomocí endoskopického vyšetření lze identifikovat eroze (narušení kontinuity sliznice a ukládání fibrinu charakteristické pro ezofagitidu), vředy (porušení kontinuity sliznice až do svalové vrstvy), Barrettův jícen a ezofageální stenózy, současné je možné provést tkáňovou biopsii pro následné histologické vyšetření. Pro určení závažnosti endoskopicky diagnostikované ezofagitidy lze využít Los Angeles Classification (Henry, 2014). Škála publikovaná v roce 1999 má čtyři stupně A – D. Jeden či více defektů velikosti do 5 mm

odpovídá stupni A; pokud je zjištěna alespoň jedna slizniční léze větší než 5mm, která nesplývá, jedná se o stupeň B; pokud léze splývá s vrcholy sousedních slizničních řas, ale neobkružuje celou cirkumferenci, pak je takový nález klasifikován jako stupeň C; slizniční defekty, které zasahují minimálně 75 % obvodu jícnu představují stupeň D (Sami and Ragunath, 2013). Endoskopické vyšetření má vysokou specificitu, ale nízkou citlivost pro GERD. Ezofagitida je diagnostikována pouze u 40 % pacientů s GERD a její závažnost nekoreluje s intenzitou příznaků (Henry, 2014). Pacienti s více rizikovými faktory pro vznik adenokarcinomu jícnu, tj. věk nad 50 let, mužské pohlaví, bílá rasa, GERD, hiátová hernie, zvýšené BMI by měli vždy podstoupit endoskopii jako screeningové vyšetření (Badillo, 2014). Biopsie z oblasti gastroezofageální junkce může odhalit Barrettův jícen, který je považován za prekancerózu (Gregar, 2005).

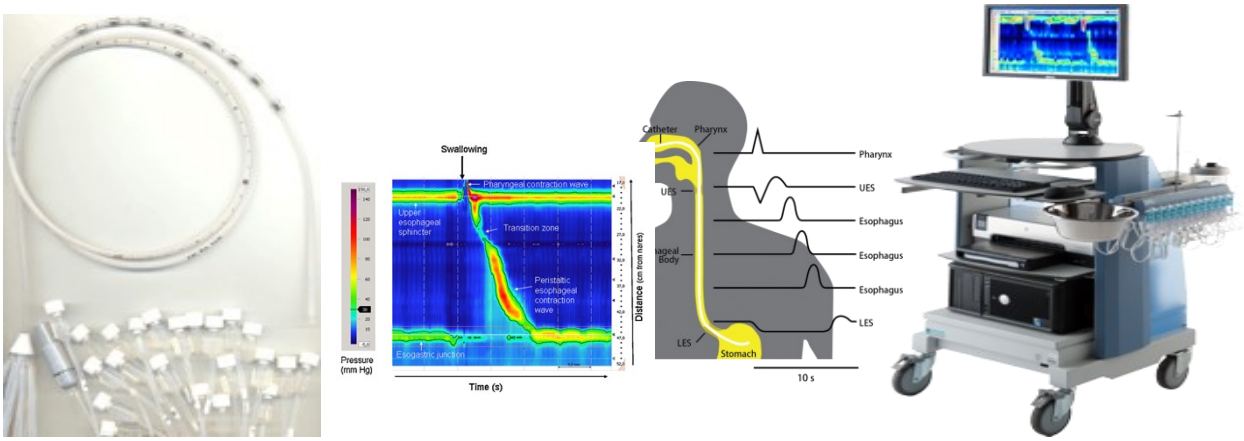


Obr. 5: Endoskopie jícnu. Pohled na esophagogastrickou junkci (shora-aborálně). Autorské foto

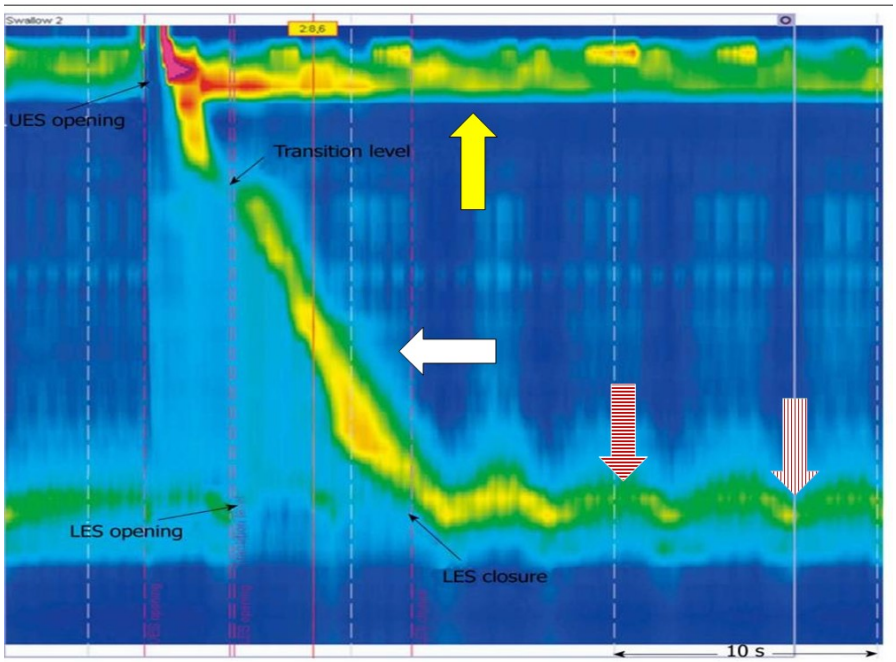
1.5.2 High-resolution manometrie jícnu (HRM)

HRM (obr. 6) je neinvazivní vyšetřovací metoda, která je považována za zlatý standard v diagnostice poruch esofageální motility (Rohof and Bredenoord, 2017). Tato vyšetřovací metoda umožňuje měřit tlaky v LES i UES i v těle jícnu při polknutí. HRM je moderní sofistikovaná metoda vyšetření jícnu, která využívá monitoring až ze 36 tlakových senzorů najednou. Tyto senzory jsou umístěny na tenkém katetru a mohou být doplněny ještě o impedanční senzory, jež slouží pro posouzení chemického složení refluxátu. Naměřená data jsou zpracována počítačovým programem, který převádí číselné údaje do barevných grafických plotrů. Každé tlakové úrovni odpovídá určitá barva. Grafickým zpracováním barevného spektra vzniká výsledná mapa izobarických kontur intraezofageálních tlakových změn v čase (Dolina *et al.*, 2008). Pomocí HRM lze zhodnotit jak peristaltiku jícnu, tak funkci obou jícnových svěračů. Během HRM

vyšetření jsou všechny části jícnu od UES až po LES a proximální část žaludku pozorovatelné současně a v reálném čase (obr. 7).



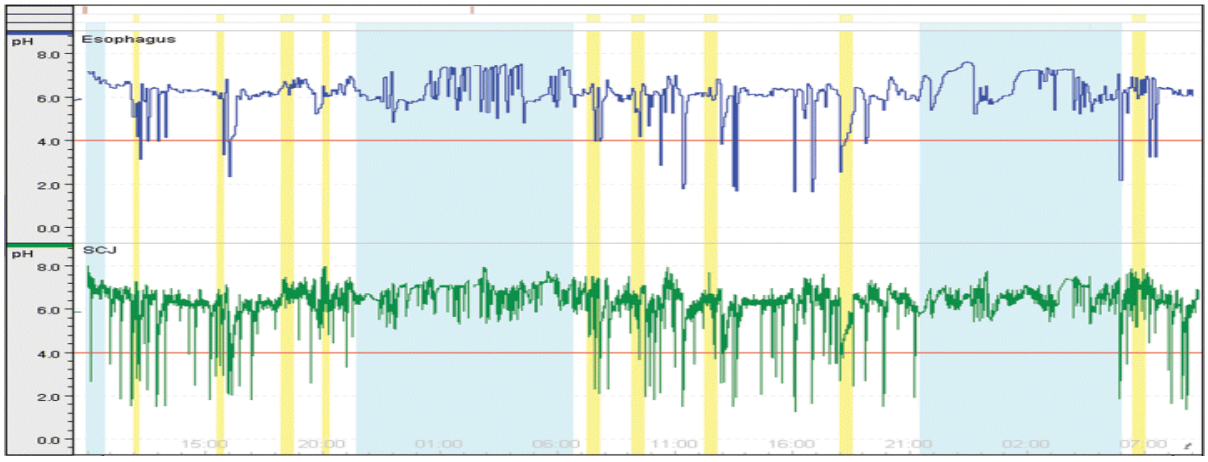
Obr. 6: Technické vybavení a grafické znázornění HRM jícnu. Fotomontáž: autorské foto + zdroj Roman S, Pandolfino J, Mion F. 2009 (DOI:10.1016/j.gcb.2009.06.014) a https://www.ibihealthcare.com/



Obr.7: Fyziologický obraz vyšetření HRM - aktivita jícnu a obou svěračů před, během a po polknutí. Žlutá šipka: aktivita UES; bílá šipka: peristaltická aktivita těla jícnu; červeně šrafované šipky: aktivita LES. Kolísavá „sinusoideální“ aktivita LES je důsledkem dechového cyklu a respirační aktivity bránice. Vodorovně šrafovaná šipka: aktivita LES při výdechu; svisle šrafovaná šipka: aktivita LES během nádechu. Barevné plotry zobrazují tlakové parametry: Čím modřejší barva, tím nižší tlak, čím červenější barva, tím vyšší tlak. Zelená barva odpovídá tlaku 10–20 Torr, žlutá barva = 20–40 Torr. Autorský obrázek

1.5.3 24hodinová pH-metrie

Ambulantní 24hodinová pH-metrie je považována za zlatý standard v diagnostice gastroezofageálního refluxu (Săraru *et al.*, 2021). Je většinou pacientů dobře tolerovaná a má vysokou senzitivitu, kolem 80 % (Zeleník, 2013). pH-metrické vyšetření se provádí běžně ambulantně a pacienti mají katétr zavedený obvykle 24 hodin. Vyšetřujícím jsou ponaučeni, že mají vykonávat standardní denní aktivity a nejlépe ty, které vyvolávají subjektivní symptomy a zhoršení stavu. Vyšetřovaní písemně zaznamenávají denní stravovací rytmus a složení potravy a v neposlední řadě také polohu těla ve které se během dne nacházejí a kdy se symptomy objevily (stoj, sed, leh). Nejčastěji hodnoceným parametrem pro kvantifikaci expozice jícnu refluxátem je procento času, kdy byla hodnota pH nižší než 4. Tak zvaný acid exposure time (AET) je fyziologicky do 4%, hodnoty nad 6% jsou považovány za patologické, při hodnotách mezi 4-6% se jedná o podezření na GERD (Roman *et al.*, 2017; Săraru *et al.*, 2021). Pro analýzu a následnou interpretaci dat získaných během 24-hodinové pH-metrie (obr. 8) se využívá DeMeester skóre (Neto *et al.*, 2019; Săraru *et al.*, 2021), které zohledňuje 6 parametrů: celkový čas kdy bylo pH<4 (v %), % času kdy bylo pH<4 ve svislé poloze, % času kdy bylo pH<4 vleže, počet refluxních epizod během měření, počet refluxních epizod delších než 5 minut a délka trvání nejdelší refluxní epizody. Výsledek se vypočítá dle vzorce a jeho hodnota u zdravých jedinců nepřesahuje 14,7 (Tutuian *et al.*, 2003). Pro zjištění objektivity získaných hodnot je třeba vysadit všechny léky ovlivňující pH žaludku a jeho motilitu 7 dní před vyšetřením (Hrdlička, 2001). Hlavní nevýhodou pH-metrie je, že pH sensory umožňují detekci pouze kyselého refluxu, s pH nižším než 4. Pokud ale pacient užívá PPI medikaci, až dvě třetiny epizod refluxu nejsou kyselé, ale přesto mohou vyvolat symptomy (Bredenoord, Pandolfino and Smout, 2013; Gourcerol *et al.*, 2014; Săraru *et al.*, 2021). Falešně negativní výsledky může též zapříčinit infekce Helicobacter pylori způsobující alkalizaci žaludečního obsahu.



Obr. 8: Grafický záznam 24hodinové pH-metrie. Autorský obrázek

24hodinovou pH-metrii lze kombinovat s multikanálovou intraluminární impedancí (MII-pH), což je metoda, která měří odpor střídavého proudu, tj. impedanci v jícnu. Přítomnost kapaliny v jícnu impedanci snižuje, naopak přítomnost plynu ji zvyšuje. MII-pH je vhodná u pacientů s přetrvávajícími symptomy i přes systematickou PPI terapii (Tutuian *et al.*, 2003). Multikanálová impedance umožňuje monitoring zásaditého a slabě kyselého refluxu a také směr pohybu a výšku refluxu v jícnu. Nevýhodou 24hodinové Ph-metrie či MII-pH je určitý dyskomfort pacientů. Gourcerol et al argumentují, že tříhodinové post-prandiální MII-pH-metrie může být pro diagnostiku GERD dostatečná (Gourcerol *et al.*, 2014).

Pro detailní zobrazení polykacího aktu, především ve fázi orální a faryngeální se používá vyšetření videofluoroskopické. Vyšetření pomáhá zjistit, proč má pacient poruchy polykání, což je důležité pro následné určení vhodné terapie.

1.5.4 Dotazníkové šetření

Pro hodnocení subjektivních příznaků GERD existuje několik dotazníků. Pro typické symptomy GERD, tedy pálení žáhy a regurgitaci, mají dotazníky relativně vysokou citlivost. Avšak specificita dotazníků je nízká, neboť například pyróza se objevuje i u ezofagitidy či achalázie. Bolesti na hrudníku mohou mít i kardiální původ, proto musí být pacienti v případě jakýchkoliv diagnostických rozpaků vyšetřeni na kardiologii k vyloučení ischemické choroby srdeční. Z tohoto důvodu nejsou v běžné praxi dotazníky rutinně využívány, uplatnění nachází spíše v klinických studiích pro sledování výskytu

a závažnosti příznaků. Přesto svůj význam v diagnostice a primární péči o pacienty s GERD dotazníky mají (Vela *et al.*, 2015). Dotazník kvality života u pacientů s GERD (Gastro-oesophageal reflux disease-health-related quality of life = GERD-HRQL) hodnotí pomocí deseti otázek na stupni 0 až 5 pyrózu, dysfagii/odynofagii a vliv medikace. Výhodou tohoto dotazníku je, že je krátký, tudíž rychle vyplněný. Významnou nevýhodou je ale absence položek týkajících se extraezofageálních příznaků (Chassany *et al.*, 2008).

U GERD pacientů se dále užívají dotazníky, které jsou jen upraveny pro potřeby GERD: SF-36 (Short Form), dotazník Quality of Life in Reflux and Dyspepsia (QOLRAD), Gastrointestinal Quality of Life Index (GIQLI), Functional Digestive Disorders Quality of life Questionnaire (FDDQL). Dále existují dotazníky speciálně vytvořené pro refluxní chorobu jícnu: Quality of Life After Anti-reflux Surgery (QOLARS), GER-Dyzer, GERD-QOL - Health-related Quality of Life questionnaire for gastro-oesophageal reflux disease (GERD-QOL), GERD Symptom Assessment Scale (GSAS), Gastro-OEsophageal Reflux Questionnaire (GERQ), Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS), HRQOL-batteries. (Chassany *et al.*, 2008). Dle systematického review Chassanyho, ale žádný z dotazníků nesplňuje potřebná kritéria z hlediska dostatečné spolehlivosti, validity, specificity, hodnocení výsledků terapie a využitelnosti v rámci klinických studií. Dalšími alternativami jsou obecné dotazníky na kvalitu života jako EUROQoL5 či PGWS (Psychological General Well-Being Scale) (Chassany *et al.*, 2008; Vela *et al.*, 2015). Poslední z nich byl použit ve švédské studii, které se zúčastnilo téměř 1500 pacientů a která potvrdila významně nižší kvalitu života pacientů s GERD oproti zdravým jedincům. Kvalita života klesá, jakmile je frekvence pyrózy alespoň 2x týdně o střední intenzitě (Wiklund, Carlsson and Vakil, 2006). Dysfagii a globus lze hodnotit např. pomocí Glasgow Edinburgh Throat Scale (Deary *et al.*, 1995) či Esophageal symptoms questionnaire (Kwiatek *et al.*, 2011). Většina výše jmenovaných dotazníků nebyla ale přeložena do češtiny, standardizována a validizována.

1.6 Terapie funkčních poruch UES a LES

1.6.1 Léčba extraesofageálního refluxu

EER může vzniknout v důsledku sníženého tonu a tlaku UES a na polykání nezávislé abnormální transientní relaxaci UES (Szczesniak, Williams and Cook, 2011; Shaker, Babaei and Naini, 2014; Babaei *et al.*, 2015). Je relativně málo studií a odborné literatury,

či terapeutických postupů, které se na tuto problematiku zaměřují. Jednou z mála možností neinvazivní terapie pro pacienty s EER, kteří mají současně snížený tlak v oblasti UES je léčba pomocí tlakových náhrdelníků, jako je např. Reza Band či Reflux band (obr. 9) (Yadlapati *et al.*, 2022). V podstatě se jedná o tlakový obojek, který se připevňuje na noc do oblasti krku a jugula, který mechanicky zvyšuje tlak v oblasti UES. Jedná se o relativně novou terapeutickou metodu, jejíž účinky nebyly ještě potvrzeny vícečetnými randomizovanými zaslepenými studiemi, nicméně výsledky pilotních studií poukazují na pozitivní efekt v terapii symptomů EER (Babaei *et al.*, 2012, 2014; Shaker, Babaei and Naini, 2014; Silvers, 2014; Vaezi *et al.*, 2014; Yadlapati *et al.*, 2022).

Obr. 9: Tlakový náhrdelník REZA BAND ®. Převzato z: https://www.gdsmedtech.com/reza-band-diagram/

Výskyt EER může být též spojen s apnoickými spánkovými pauzami. Pro asociaci EER se spánkovou apnoe svědčí jak vyšší prevalence EER a GERD u apnoických pacientů, tak také pozitivní reakce v oblasti jícnu na léčbu spánkové apnoe pomocí CPAP masek, kdy u pacientů u kterých byla indikována a aplikována CPAP léčba došlo současně k významnému snížení symptomů EER a GERD a to včetně kyselé expozice pH v jícnu (Zanation and Senior, 2005). U pacientů, kteří mají diagnostikován EER je tedy zapotřebí, aby se vyšetřující zaměřil i na ověření spánkového profilu a léčbu pak skloubil dohromady s léčbou spánkové apnoe. Léčba extraesofageálního refluxu (EER) je svou podstatou zaměřena na primární příčinu tohoto onemocnění a tím je GERD. Principy léčby EER jsou proto do značné míry identické s postupy využívanými v léčbě GERD,

tj. dietní a režimová opatření, indikace medikamentózní terapie, zejména PPI, prokinetik event. indikaci chirurgického řešení ve formě fundoplikace. V rámci terapie rehabilitační je nutný holistický přístup se zaměřením na korekci komplexní posturálně-respiračně-sfinkterové funkce (viz dále).

1.6.2 Léčba globus faryngeus

V současné době je GF považován za funkční onemocnění jícnu (Järvenpää, Arkkila and Aaltonen, 2018), dle některých autorů hlavní roli hraje pharyngoesophageální zánět a iritace (Lechien *et al.*, 2022). Vzhledem k tom, že příčina GF stále není jasná, neexistují ani jasná terapeutická doporučení ve formě guidlines (Kiese-Himmel, 2010).

GF byl v minulosti nazýván též termínem globus hystericus, neboť obvykle nebyla nalezena příčina pacientových obtíží, tj. pocitu cizího tělesa v krku, svírání, váznutí sousta či nemožnosti polknout. Někteří pacienti s diagnózou GF jsou stále interními lékaři odkazováni na léčbu psychologickou a psychiatrickou, neboť některé studie potvrzují, že pacienti s GF vykazují zvýšenou úroveň deprese, úzkosti, či poruch osobnosti (Tawil and Fass, 2018; Bouchoucha *et al.*, 2019; Pang, Sareen and Gorecki, 2021). Pacientům se somatomorfními poruchami a jinými organicky nevysvětlitelnými příznaky v oblasti GIT jako je např. dráždivý tračník, je doporučována v rámci komplexní léčby kognitivně behaviorální terapie (North, 2007). Nejsou však k dispozici studie, které by prokazovaly efekt kognitivně behaviorální terapie konkrétně u pacientů s GF (Karkos and Wilson, 2008; Lee, 2012). Kiebels et al se zaměřili na možnost ovlivnění GF pomocí hypnotické-relaxační terapie. Do studie zařadili 10 pacientů s GF. Léčba byla vedena pouze psychoterapeutem. V terapii byly využívány vizuální metafory a představivost k navození pocitu hluboké relaxace se zaměřením do oblasti krku a jícnu (Kiebles *et al.*, 2010). Po terapii došlo k výraznému snížení závažnosti příznaků GF u 9 pacientů. Manometrické vyšetření následně podstoupilo 8 probandů, ale výsledky vykazovaly vysokou míru variability a při nízkém počtu pacientů ve studii nebyl zjištěn signifikantní vliv terapie na klidový, inspirační a expirační tlak UES. Jedná se o studii s malým počtem probandů, na základě které nelze učinit jakékoliv relevantní závěry. Nicméně publikace nasvědčuje tomu, že využití psychologické intervence u pacientů se zdánlivě refrakterním GF může mít efekt a současně podporuje teorii vlivu CNS na vznik příznaků GF (Kiebles *et al.*, 2010). Z medikace bývají indikována antidepresiva, která mohou být účinná u pacientů

s pocitem knedlíku v krku (GF), kteří mají současně doprovodné duševní onemocnění, či poruchy jakými jsou např. panika, somatizace, deprese nebo agorafobie (Lee, 2012).

Vzhledem k tomu, že GF je často dáván do souvislosti s GERD, resp. je považován za příznak GERD (Tawil and Fass, 2018; Chen and Brady, 2019), může být doporučenou terapií v indikovaných případech i chirurgické řešení. Několik studií prokázalo, že laparoskopické fundoplikace může být účinná ve zmírňování příznaků GF. Wykypiel (Wykypiel *et al.*, 2008) upozorňuje na dobrý efekt částečné zadní laparoskopické fundoplikace na symptomy GF, narozdíl od klasické fundoplikace podle Nissena která podle autorů této studie efekt na GF nemá. Naopak Antoniou et al (Antoniou *et al.*, 2008) uvádí, že u pacientů s GERD refrakterní na medikamentózní terapii, kteří mají příznaky GF, se tyto symptomy signifikantně zmírňují po fundoplikaci dle Nissena. Tým Antoniou hodnotil symptomy na základě standardizovaného dotazníku před operací a 12 měsíců po operaci. Celkové výsledné hodnocení bylo získáno od 30 pacientů. Mezi hlavními příznaky před operací byly řazeny regurgitace (93 %), pálení žáhy (60 %), bolest v epigastriu (47 %) a GF (47 %). Pooperačně u všech pacientů zaniklo pálení žáhy, návaly na zvracení či funkční zvracení a taktéž globus faryngeus. Na druhou stranu se ale u 9 % operovaných probandů objevila dysfagie, a to jako nový symptom. V případě rezistentního GERD a GF, se tedy operační řešení v dolní části jícnu zdá být efektivní léčebnou strategií i pro symptomy v oblasti jícnu cervikálního (Antoniou *et al.*, 2008). Dobrý efekt laparoskopických antirefluxních chirurgických intervencí na příznaky GERD včetně GF též dokumentuje studie Weltz et al. Všechny studie ale zdůrazňují postupy personalizované medicíny, tedy důkladné vyšetření pacientů s pečlivou identifikací těch, kteří jsou indikování k chirurgickému řešení (Weltz *et al.*, 2021).

Jak je uvedeno výše, GF je považován za projev funkční poruchy v oblasti jícnu, a proto mají v terapii své místo i postupy rehabilitace a fyzioterapie, o čemž bude pojednáno níže jak v části teoretické, tak v části experimentální.

1.6.3 Léčba dysfagie

Dysfagie horního typu, tedy dysfagie vznikající z poruchy relaxace UES, se nejčastěji řeší chirurgickou cricotomií. Tento přístup je dominantní v léčbě poruch UES. Rozeznáváme otevřené a uzavřené operativní řešení, přičemž výsledky a úspěšnost obou přístupů zdají se být shodné. V současné době dominuje endoskopický přístup, který je

rychlejší, zkracuje i dobu hospitalizace, a pacienti dříve přistupují k perorálnímu příjmu potravy. Endoskopická intervence vykazuje také nižší míru komplikací (Tieu and Hunter, 2011). Cílem operace je zlepšení polykání a prevence rozvoje Zenkerova divertiklu. U dětí se více používá otevřený operační postup. I u pediatrických pacientů má operační řešení dysfagie dobré výsledky (Jayawardena *et al.*, 2020).

Konzervativní terapie dysfagie je zaměřená na zlepšení orofaryngeálního tranzitu a prevenci aspirace, a to nehledě na etiologii dysfagie (Lim, 2009). Využívány jsou behaviorální intervence, postupy fyzioterapie včetně manévrů podporujících polykání, úprava stravy, krmení sondou, využití protetických pomůcek a postupy logopedie. Fyzioterapie se uplatňuje zejména u pacientů, u kterých dysfagie vznikla v důsledku neurologického postižení (CMP, Parkinsonova choroba, DMO atd.). Fyzioterapie má své místo i v terapii funkční dysfagie a odynofagie, ačkoliv na rozdíl od neurologických diagnóz je vědecká evidence efektu u funkčních poruch polykání výrazně omezená. Z manuálních technik jsou využívány zejména následující manévry a postupy (Chang *et al.*, 2021):

Mendelsohnův manévr: Jedná se o manuální elevaci hrtanového komplexu během polykání. Manévr má pomoci uzavřít epiglottis během polykání a zabránit tak aspiraci potravy do dechových cest.

Supraglotické polykání: Před samotným polknutím pacient provede hluboký nádech, následně 2x za sebou mohutně polkne a následuje volní zakašlání či huffing. Manévr má bránit aspiraci potravy a slouží současně i k očistě dechových cest od případného aspirátu.

Masako manévr: Jedná se o manévr využívaný zejména u pacientů se slabostí jazyka a s omezením elevace jeho kořene. Elevace kořene jazyka je nezbytná jak pro uzavření choan, tak pro elevaci hrtanového komplexu. Technika se provádí tak, že pacient vysune špičku jazyka před řezáky a následně jemným skousnutím zafixuje špičku jazyka mezi předními zuby. Následně trénuje polykání s fixovanou špičkou jazyka. Technika vede k posilování elevace kořene jazyka.

Chin Tuck: Cvik slouží k posilování suprahyoidního svalstva, které je nezbytné pro antero-kraniální pohyb hrtanového komplexu. Pacient umístí malý míček pod bradu

a následně vykonává předkyv hlavou tak, aby míček komprimoval. Cvik opakuje se do únavy.

Shaker cvičení: Je určeno k posílení suprahyoidního i infrahyoidního svalstva, včetně m. cricopharyngeus. Cvičení se využívá u pacientů s GF a EER. Pacient leží na zádech a nacvičuje elevaci hlavy obloukovou flexí krční páteře, tj. bradu tlačí na prsa, provede izometrickou kontrakci v maximální možné flexi Cp a pozici drží 1 minutu. Poté hlavu položí zpět na podložku a 1 minutu odpočívá. Cvičení opakuje 10x. Cílem je posílení jak elevace hrtanového komplexu, tak UES (Logemann *et al.*, 2009).

Mobilizace Cp: Dysfunkce krční páteře může způsobovat či zhoršovat dysfagii a mobilizace Cp může zlepšit polykání (Bautmans *et al.*, 2008; Grgić, 2013). Studie Hepa a Dráské (Hep, 1998), která se zabývala změnou aktivity hltanu před a po manipulaci krční páteře konstatuje, že u pacientů s prodlouženým hltanovým transitním časem, došlo ke zkrácení průchodu bolusu hltanem po mobilizaci krční páteře. Tyto ojedinělé studie poukazují na možné propojení funkčních poruch myoskeletálního aparátu s funkční dysfagií.

1.6.4 Léčba GERD

Nejlogičtější léčbou GERD by mělo být ovlivnění příčiny, tedy zlepšení domykání dolního jícnového svěrače. Mezi hlavní postupy terapie GERD ale patří léčba farmakologická a chirurgická. Oba přístupy jsou doplněny režimovými opatřeními a změnou stravovacích návyků.

Medikamentózní léčba je zaměřená na redukci poškození vznikající refluxem, zejména vlivem kyseliny a pepsinu a na redukci subjektivních obtíží. V léčbě farmaky jsou dnes užívána zejména antacida, prokinetika a antisekretorika (Lukáš, 2004).

Antacida neutralizují kyselinu a přinášejí symptomatickou úlevu, tj. snižují pyrózu asi 20 % pacientů. Jejich používání však v dnešní době klesá, neboť doba jejich účinku je krátká (Spechler, 2011). Antisekretorika suprimující tvorbu HCl jsou t.č. nejužívanější skupinou léčiv. Souvisí to zejména s tím, že jejich účinnost je vysoká, relativně dlouhodobá, a vedlejší účinky nízké. Nicméně se stále nejedná o léčbu kauzální, protože tyto léky neovlivňují tonus dolního jícnového svěrače a postupně se může vyvinout terapeutická rezistence. Antisekretorika představují dvě lékové skupiny, a to antagonisty H2 receptorů

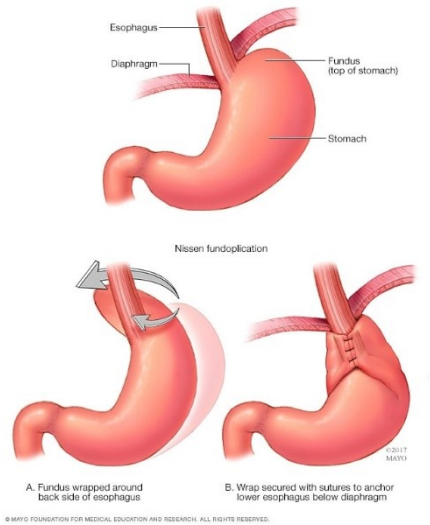
a inhibitory protonové pumpy. Antagonisté H2 receptorů redukují produkci kyseliny chlorovodíkové, snižují tak obsah žaludku a tím i objem refluxátu. Inhibitory protonové pumpy (PPI) jsou v současnosti nejúčinnějším a nejrozšířenějším lékem v léčbě GERD. Léky této skupiny působí prolongovanou 24hodinovou inhibici kyselé sekrece reverzibilní blokádou enzymu H+/K+-ATPázy, označovaného jako protonová pumpa. Tato pumpa, lokalizovaná v parietálních buňkách žaludku, je nutná k uvolnění kyseliny chlorovodíkové do lumen žaludku (Kahrilas, 2003). Většina pacientů nereagujících na léčbu PPI má neerozivní refluxní chorobu (NERD). Mezi důvody nedostatečné reakce u osob s NERD patří slabě kyselý reflux, opožděná motilita, hypersenzitivita jícnu a reflux obsahující žlučové kyseliny (Patrick, 2011). Užití léku 30–60 minut před snídaní se stalo obecným pravidlem užívání inhibitorů protonové pumpy u pacientů s GERD. Dlouhodobé užívání PPI však může vyvolat proliferaci parietálních buněk, což vede k hyperaciditě po vysazení léčby a k závislosti na PPI. Snížení kyselosti žaludečního obsahu znamená odstranění přirozené bariéry proti průniku mikroorganismů z potravy do střeva. Dochází tak ke kolonizaci střeva Helicobacter pylori, Clostridium difficile či ke vzniku atrofické gastritidy (Patrick, 2011). Při léčbě PPI je třeba brát v úvahu také značné riziko vzniku osteoporózy a fraktur zejména u postmenopauzálních žen a omezené vstřebávání železa a vápníku (Kroupa, Ječmenková and Dolina, 2013).

Další skupinou léků jsou prokinetika, která snižují frekvenci epizod gastrooesophageálního refluxu a zkracují kontakt refluxátu se senzitivní sliznicí jícnu. Prokinetika zvyšují bazální tonus LES, zvyšují amplitudu peristaltických kontrakcí jícnu a tím zlepšují clearence. Léky tohoto typu též zrychlují evakuaci žaludku, čímž dochází ke zmenšení žaludeční distenze a následnému snížení provokací k TLESR. Zlepší se i antroduodenální koordinace motility (Bátovský *et al.*, 1999).

Ve strategii léčby GERD se uplatňuje tzv. stupňovitá léčba*,* která má dvě možnosti, tzv. postup směrem nahoru nebo směrem dolů. Léčba směrem nahoru je metodou, při které začínáme nejprve nejlehčí formou léčby, a tou jsou často jen režimová opatření, a posléze přidáváme léky dle potřeb (subjektivních symptomů i objektivních nálezů) pacienta. Léčba směrem nahoru má dva stupně. První stupeň zahrnuje režimová opatření a léčbu antacidy. Druhý stupeň pak obsahuje léčbu pomocí H2 blokátorů, či inhibitorů protonové pump. Léčba směrem dolů je metodou, při které hned od začátku nasadíme nejúčinnější lék (PPI) ve vyšší dávce a tuto dávku postupně snižujeme tak, aby byla udržena remise.

Tuto metodu léčby volíme u pacientů s těžším nástupem a průběhem onemocnění (Bátovský *et al.*, 1999; Lukáš, 2003).

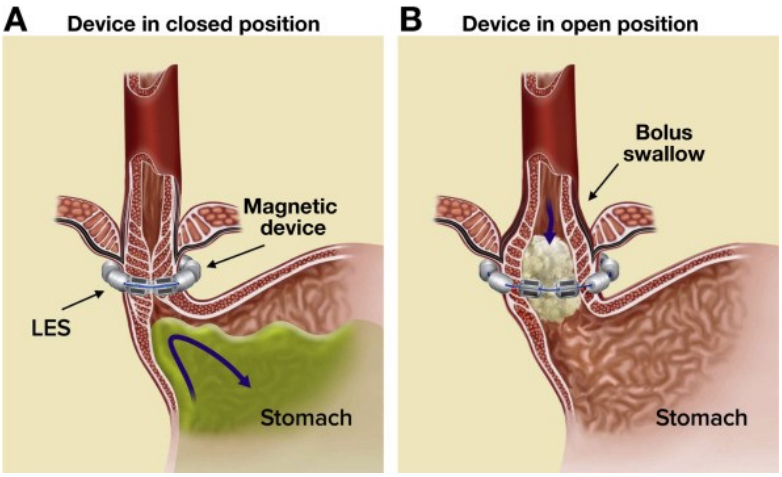
Chirurgická léčba: Je-li konzervativní léčba GERD dlouhodobě neúčinná, je indikována operační léčba, s cílem ovlivnit regurgitaci a obnovit antirefluxní mechanismus mezi jícnem a žaludkem a zlepšit pasáž potravy jícnem do žaludku. Podstatou operace je vytvoření manžety, která zajistí dostatečný tlak v distálním jícnu a obnovení anatomie kardie s restitucí Hissova úhlu. Nejčastěji je prováděna operace je fundoplikace dle Nissena (obr. 10) nebo modfikace dle Nissena-Rossettiho, při které je část fundu žaludku reponována tak, že kompletně obkružuje jícen a vytvoří zónu vysokého tlaku. Operace má dobrý efekt na pyrózu, zlepšuje peristaltiku dolního jícnu a žaludeční vyprazdňování, ale někteří autoři popisují vedlejší účinky, mezi které může patřit dysfagie, pocity plnosti, neschopnost odříhnout a zvracet (Kala, 2003). Úspěšnost operací je vysoká. Drahoňovský popisuje ústup základních příznaků GERD až u 97 % pacientů po 5 letech od operace (Drahoňovský, Vrbenský and Kmeť, 2006). Podle Martínka ale po delším čase dochází k rekurenci příznaků až 50 % pacientů se po 10 letech od operace musí opět léčit farmakologicky (Martínek, 2006). Dle Kaly je postoperační recidiva GERD u světových autorů udávána v rozmezí od 3,5–13 % (Kala, 2003).



Obr.10: Schéma operace dle Nissena. Převzato z: https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/gerd/multimedia/gerd-surgery/img-20006950

Tlak v LES lze také podpořit prostřednictvím magnetického kroužku (obr. 11). Je to alternativní léčba pro pacienty, u kterých terapie PPI přináší jen parciální úspěch, nebo pro pacienty kteří považují fundoplikaci za příliš extenzivní zákrok. Cílem magnetického kroužku je zlepšení funkce LES jako antirefluxní bariéry, aniž by se změnila anatomie hiátu či žaludku nebo narušila schopnost polykání, říhání či zvracení (Mittal, 2013).

Kroužek se implantuje laparoskopicky tak, aby obkružoval distální jícen bez komprese orgánu. Jedná se o náramek tvořený magnetickými titanovými korálky, které jsou mezi sebou spojené tenkými drátky. Magnetická přitažlivost mezi korálky je dostatečně silná pro udržení antirefluxní bariéry, ale neomezuje polykání a průchod stravy. Po 3 letech od operace byla u 87 % operovaných zcela eliminována léčba PPI (Bonavina, DeMeester and Ganz, 2012).



Obr.11: Magnetický kroužek LINX. Převzato z: Clin Gastroenterol Hepatol, 2016. DOI: 10.1016/j.cgh.2015.05.028

Režimová opatření jsou nedílnou součástí léčby GERD a jsou také metodou první volby (Lukáš, 1998). Režimová opatření zahrnují změny stravovacích návyků, dietní opatření a dosažení ideální tělesné hmotnosti (Lukáš, 2003). Mezi nevhodná jídla patří zejména čokoláda, kynuté pečivo (zejména čerstvé), peprmint, cibule, česnek, kořeněná jídla apod. Z nápojů jsou to především káva, alkohol, čaj, kyselé nápoje (džusy) a nápoje sycené kysličníkem uhličitým (Lukáš, 1998; Bureš, 2002; Spechler, 2011). Důležité také je, aby pacienti nejedli velké porce jídel najednou (lépe jíst vícekrát denně) a aby dobře kousali – zkracuje se tak doba pasáže potravy žaludkem a tím epizod TLESR. Poslední jídlo by mělo být konzumováno mezi 17. – 18. hodinou, nikdy však méně než 4 hodiny před ulehnutím k spánku (Bureš, 2002).

Vliv hraje i poloha těla ve smyslu vyvarování se pozic a pohybů, které zvyšují intraabdominální tlak, resp. vyvolávají pyrózu (Kaltenbach, Crockett and Gerson, 2006). Většinou dělá problémy práce v předklonu a zvedání břemen (Lukáš, 2003), ale zhoršovat příznaky GERD může i těsné oblečení a utažený pásek. Pacienti pociťují pyrózu často po ulehnutí na lůžko, protože nedostatečné působení gravitace zhoršuje očistou jícnu (Lukáš, 1998; Bátovský *et al.*, 1999). Pacientům proto radíme zvýšené podložení hlavy

a doporučujeme spát na levém boku (Kaltenbach, Crockett and Gerson, 2006). Stejně jako u mnoha dalších nemocí, stav pacienta zhoršuje kouření (Lukáš, 1998). Lukáš ve své monografii píše, že u 20 % nemocných s refluxem stačí režimová opatření k úpravě stavu (Lukáš, 2003). Kaltebach et al. však zkoumal 2039 studií o refluxu a změně životního stylu (z let 1974–2004) a zjistil, že jen 100 studií je skutečně relevantních, a že není prokazatelné, že by pouze režimová opatření, např. samotné omezení alkoholu a cigaret zlepšovalo průběh a snižovalo tíži GERD. Nejvýznamnější vliv z výše uvedených režimových opatření je připisován zvýšení pozice horní poloviny těla a ležení na levém boku během spánku (Kaltenbach, Crockett and Gerson, 2006).

Léčebná rehabilitace je v poslední době považována za důležitou a rutinní součást komplexní terapie GERD (Zdrhova *et al.*, 2022). Řada studií poukazuje na pozitivní vliv respirační fyzioterapie (Qiu *et al.*, 2020; Zdrhova *et al.*, 2022). Na druhé straně ale nadměrná intenzita či nevhodný fyzický trénink včetně aerobního tréninku jako je cyklistika či běh může vyvolávat zvýšenou frekvenci TLESR a AET a příznaky GERD zhoršovat (Ma, Patel and Yadlapati, 2022). Nelze proto zaměňovat fyzický trénink a aerobní cvičení za rehabilitaci a v rámci rehabilitace je nutné využít postupy, které prokazatelně zvyšují kompetenci LES a redukují příznaky GERD. Pro stanovení efektivního rehabilitačního postupu je nutné brát v úvahu vzájemné provázání postury, funkce hybného systému a funkce GIT, zejména jícnových svěračů. V následující části se v rámci rešerše dostupné vědecké literatury zaměřujeme na vliv hybného systému na funkci jícnových svěračů. Z těchto poznatků pak vychází experimentální část práce, kterou prezentujeme ve formátu 4 publikovaných autorských prací.

1.7 Vliv pohybového aparátu na svěrače jícnu

1.7.1 Vliv pohybového aparátu na horní jícnový svěrač

Vztah hybného systému k funkci, resp. dysfunkcím UES, není doposud zcela jasný z hlediska fyziologie a patofyziologie. Z hlediska strukturálního, byla prokázána úzká korelace mezi GF a výskytem osteofytů krční páteře na úrovni C4-C7 (Ko *et al.*, 2012). Dysfagie může být způsobena ventrálními osteofyty či Forestierovou chorobou (difúzní idiopatická skeletální hyperostóza krční páteře) Byl popsán případ pacienta u kterého se vyvinula akutně dysfagie v důsledku kalcifikující tendinitidy m. longus colli (Abou Dargham *et al.*, 2017). Tyto práce svědčí pro souvislosti mezi krční páteří a funkcí UES.

Z klinické praxe ale víme, že u pacientů, kteří mají pocit bolestivého polykání, či pocit cizího tělesa v krku nacházíme velice často poruchy a bolesti v oblasti krční páteře, ve smyslu poruch funkčních, bez jasné souvislosti s degenerativními či jinými strukturálními změnami na páteři. Vliv funkčních poruch krční páteře na poruchy polykání dokumentuje studie Hepa (Hep, 1998). V této práci byla provedena dynamická scintiagrafie jícnu u 43 pacientů s bolestmi krční páteře a u 37 zdravých asymptomatických osob. Průměrná doba průchodu značené tekutiny (30Mbq S-koloid) jícnem byla u zdravých osob 7,9 s (směrodatná odchylka 1,7s), u skupiny 43 pacientů s cervikalgiemi byl zjištěn průměrný čas 18,1 s (směrodatná odchylka 14,8). Následně bylo ze souboru 43 nemocných 22 pacientů ošetřeno myoskeletálními technikami (manipulace krční páteře, PIR k ošetření bolestivých bodů v krčních svalech, techniky měkkých tkání, edukace autoterapie). Po provedení léčby pomocích technik manuální medicíny došlo u intervenční skupiny 22 pacientů ke zkrácení průměrné doby průchodu značené látky jícnem na 9,5 s (směrodatná odchylka 6,6 s). V porovnání se zdravými kontrolami (MTT 7,9 s) byl sice transitní čas stále delší, avšak rozdíl mezi oběma skupinami již nebyl statisticky významný (Hep, 1998). Výsledky této studie svědčí o úzkém vztahu mezi funkčními poruchami hybného systému a dysfunkcemi v oblasti horní části trávicího traktu.

Studie McCullocha (Mcculloch, Hoffman and Ciucci, 2010) prezentuje vliv postavení hlavy na funkci hltanu a tonus UES. V této práci bylo pomocí 36 kanálové manometrie jícnu monitorováno tzv. vlhké polknutí (opakované polknutí 5 ml vody) u sedmi probandů ve třech odlišných pozicích hlavy, a to v neutrálním postavení hlavy, při rotaci hlavy na stranu zavedeného katetru a při "chin-tuck" pozici ("zastrčení brady"). Analyzována byla oblast velofaryngu a báze jazyka ohledně vytvoření maximálního tlaku, dále rychlost nárůstu tlaku a tlakový gradient. V oblasti horního jícnového svěrače (UES) byla analyzována doba trvání poklesu tlaku (relaxace UES) a dále minimální tlak při otevírání UES a maximální tlaky před a po otevření UES. Při rotaci hlavy přetrvávalo zvýšení tlaku ve velofaryngu oproti výchozí hodnotě, ostatní manévry neměly na velofarynx a bázi jazyka signifikantní vliv. Maximální tlak UES před polknutím byl signifikantně vyšší v neutrálním postavení oproti rotaci hlavy a maximální tlak po polknutí byl výrazně nižší při vtažení brady. Byl zjištěn trend prodloužení doby poklesu tlaku UES při obou manévrech, ale zjištěné rozdíly nebyly signifikantní (Mcculloch, Hoffman and Ciucci, 2010). Tato zjištění odpovídají našemu klinickému

i experimentálnímu pozorování, kdy jsme prokázali, že trakce krční páteře mění klidový tonus UES (Bitnar *et al.*, 2021). Práce McCullocha byla provedena pouze na malém vzorku zdravých jedinců. Není jasné, jak ovlivní rotace hlavy a zasunutí brady, resp. změna polohy hlavy tlaky v UES u pacientů s patologicky změněným UES tonem (dysfagie, GF, EER) nebo u pacientů s bolestmi a dysfunkcí krční páteře.

Babei monitoroval pomocí HRM a pH impedance tlaky UES u 10 dobrovolníků v pozici na levém boku a ve stoje po požití jídla v kalorické hodnotě 1000 kcal. Během transientní relaxace dolního jícnového svěrače (TLESR) došlo ke snížení tonu a tlaku v oblasti UES v pozici vertikální, naopak v horizontální poloze na boku (ležmo), došlo během TLESR k zvýšení tonu UES. Prakticky všechny TLESR (93 %) byly spojeny s jícnovým refluxem (měřeno pH impedancí). Největší relaxace UES byly zaznamenány při plynném refluxu ve vertikální pozici, nejvyšší nárůst tlaku v UES byl změřen při kapalném refluxu v horizontální pozici (Babaei, Bhargava and Mittal, 2010). Při odříhnutí tedy tonus UES klesá, naopak při kapalném refluxu stoupá, cože je důležitý mechanismus zabezpečení ochrany dechových cest a prevence aspirace. Ačkoliv je tato studie provedena na malém vzorku probandů a zaměřená na reakce UES během poruch, či snížení tonu LES (TLESR), tak také dokumentuje reakce UES na změny polohy těla, resp. postury.

Aktivaci a změně tonu (klesnutí tlaku) UES během polykání předchází aktivace submentálního a suprahyoidního svalstva, přičemž během polykání musí být celý hrtanový komplex tažen ventrokraniálně, tak aby došlo k uzavření epiglotis, rozšíření pharyngu a otevření horního jícnového svěrače (Cock *et al.*, 2017). Těchto fyziologických mechanismů, je možno využít také pro posílení polykání u pacientů po cévní mozkové příhodě. Existuje množství cvičebních manévrů a pozic, které zlepšují funkci polykání a ovlivňují funkci UES. Jsou to např. Masako manévr, Mendelsohnův manévr apod. (viz výše). V praxi je často využíváno Shaker cvičení, při kterém se pro posílení polknutí a zlepšení otevření UES využívá posílení submentálních svalů protrahovanou flexí krční páteře v leže na zádech nebo CTAR cvičení, při kterém se mačká balónek umístěný mezi bradou a krkem v pozici v sedě. Obě tato cvičení mají obdobnou účinnost a zlepšují jak polykání, tak i psychický stav jedince (Gao and Zhang, 2017). Obě metody, Shaker a CTAR, využívají aktivaci posturálních svalů ke zlepšení polykání a prokazují, že horní části trávicí soustavy (farynx, UES, horní jícen) reaguje na posturu a že se funkce posturální a GIT navzájem ovlivňují.

Z uvedených studií vyplývá vztah mezi myoskeletálním aparátem a funkcemi horního jícnového svěrače. V žádné z výše uvedených studií ale není použita trakce krční páteře jakožto experimentálního manévru, která přitom patří k základním a velmi rozšířeným terapeutickým technikám. Uvedené studie také nezkoumaly vztah mezi UES a posturální zátěží, jakou je např. elevace dolních končetin nad podložku, či vliv dechového cyklu na tonus UES. Na tuto problematiku jsme se proto zaměřili my v rámci experimentálních prací. Metodika a výsledky jsou uvedeny v přiložených publikovaných studiích níže.

1.7.2 Vliv pohybového aparátu na dolní jícnový svěrač

O vlivu bránice na funkci LES pojednává řada odborných publikací (Sidhu and lopoulos, 2008; Tawil and Fass, 2018). V poslední době též narůstá počet prací, které zkoumají a potvrzují, že tréninkem bránice lze ovlivnit symptomy GERD. Většina prací se zaměřuje na postupy respirační fyzioterapie a možnost ovlivnění kompetence LES pomocí abdominálního, resp. bráničního dýchání (Casale *et al.*, 2016; Qiu *et al.*, 2020; Talley and Zand Irani, 2021).

Eherara (Eherer *et al.*, 2012), zkoumal vliv bráničního dýchání na potlačení symptomů jícnového refluxu u 19 pacientů. Deset pacientů experimentální skupiny provádělo brániční dýchání, které odpovídalo dechovým cvičením využívaným pro trénink operních pěvců pod vedením lektora operního zpěvu. U všech probandů byl reflux diagnostikován pomocí pH-metrie bez manometrické kontroly. Cvičení probíhalo po dobu 4 týdnů pod odborným dohledem a dalších devět měsíců experimentální skupina cvičila doma sama. Výsledky byly posouzeny pomocí dotazníkového šetření a pomocí sníženého počtu užívaných léků (PPI). Ve výsledcích autoři konstatují signifikantní zlepšení subjektivního vnímání symptomů nemoci a snížení množství aplikovaných léků (Eherer *et al.*, 2012). Z našeho pohledu je určitým limitem, že cvičení nezohledňovalo posturální nastavení jedince, stav myoskeletálního aparátu ani posouzení dechového vzoru a posouzení síly bránice pomocí spirometrie. Cvičení nebylo vedeno odborníkem na posturálně-respirační obtíže (fyzioterapeut, rhb lékař), ale operním pěvcem, čímž mohly být výsledky ovlivněny. Lze předpokládat, že personalizovaný trénink rehabilitačním odborníkem, který při terapii zohlední posturu a ošetří případné funkční poruchy myoskeletálního aparátu by mohl vést ještě k významnějším pozitivním výsledkům, a na to jsme se proto my zaměřili v rámci našich experimentů i práce rešeršní. Viz přiložené publikace níže.

Práce brazilských autorů hodnotila změny tlaku LES a změny subjektivního prožívání symptomů GERD u 20 pacientů. Do kontrolní skupiny bylo zařazeno 7 pacientů S GERD. U probandů byla před cvičením, které trvalo 4 týdny vyšetřena celá baterie testů, která zahrnovala: vyšetření heart rate variability, jícnovou manometrii a pH-metrii, posouzení TLESR. Intervence probíhala ve formě čtyřtýdenního cvičení maximálních expiračních a inspiračních manévrů pomocí respiračního aparátku Treshold pětkrát týdně po deseti opakováních v pěti cyklech denně. Výsledky prokázaly signifikantní zvýšení průměrného tlaku v oblasti LES (z 19 mm/Hg na 29 mm/Hg), signifikantní zvýšení tlaku LES na konci maximálního inspiračního manévru, snížení kumulativního počtu TLESR a snížení expozice proximálního jícnu žaludeční kyselinou. Nedošlo ke snížení acidity v abdominální části jícnu, ale došlo ke zlepšení všech subjektivních parametrů a symptomů nemoci v experimentální skupině (Nobre e Souza *et al.*, 2013). Výsledky tedy potvrdily pozitivní vliv inspiračního tréninku bránice na funkci GIT. Limity této práce opět spatřujeme v tom, že v terapii nebyl zohledněn dechový vzor, neboť samotné cvičení s pomůckou Tresholdem nevede automaticky ke zlepšení dechového stereotypu. V uvedené práci nebyla též analyzována a korigována případná posturální porucha a dysfunkce hlubokého stabilizačního systému páteře, což je situace, kterou v klinické praxi často pozorujeme.

Další zajímavou prací, na toto téma, je práce opět brazilských autorů, která ověřovala, zda postupy respirační fyzioterapie mohou zvýšit tlak v dolním jícnovém svěrači u GERD pacientů (Carvalho de Miranda Chaves *et al.*, 2012). Této studie se zúčastnilo 29 probandů s objektivizovaným GERD, přičemž 20 probandů bylo zařazeno do experimentální skupiny a 9 pacientů do kontrolní skupiny. Všichni probandi měli manometricky objektivně snížený klidový tlak LES na 5-10 mm/Hg. Všichni probandi podstoupili měření síly respiračního svalstva během maximální expiračních a inspiračních manévrů (PImax a PEmax) za současné sondáže jícnovým katétrem. Trénink respiračního svalstva probíhal po dobu osmi týdnů a obdobně jako u výše uvedené práce u něj bylo využito respiračního aparátku – Treshold. V experimentální skupině byl odpor Tresholdu progresivně zvyšován, u kontrolní skupiny byl také použit trénink Tresholdem, ale tlak byl udržován po celou dobu 8 týdnů konstantní na 7 mm/Hg. Z výsledků studie vyplývá, že po osmitýdenní terapii u všech pacientů stouply hodnoty PImax a PEmax. U pacientů v experimentální skupině došlo ke zvýšení tlaku v oblasti LES při koncovém respiračním tlaku (end expiratory pressure (EEP) a při středním

respiračním tlaku (mid-respiratory pressure (MRP)). I v kontrolní skupině došlo ke statisticky významnému zvýšení tlaků v LES, i když o něco nižšímu než v experimentální skupině. Meziskupinový rozdíl nebyl signifikantní (Carvalho de Miranda Chaves *et al.*, 2012). Studie potvrdila, že respiračním tréninkem lze u GERD pacientů zvýšit PImax a PEmax a hlavně respirační tlak LES a to v obou skupinách, což by mohlo svědčit pro benefit jakéhokoli respiračního cvičení pro pacienty s GERD. V publikované práci chybí hodnocení efektu terapie pacienty. Není známo, jak subjektivně pacienti vnímali cvičení, zda se u nich snížil počet refluxních epizod, zda došlo k subjektivnímu zmírnění symptomů GERD (kašel, pyróza apod.), ani jestli měla terapie vliv na spotřebu symptomatické medikace (antacida, PPI).

Možnosti léčebně rehabilitační intervence u GERD pacientů hodnotí i další brazilská studie (da Silva *et al.*, 2013). V této práci je posuzován vliv osteopatické intervence na oblast bránice a její vliv na změny tlaků v oblasti dolního jícnového svěrače. U 22 pacientů bylo provedeno čtyřkrát v průběhu čtyř týdnů (tj. jednou týdně) manuální uvolnění bránice dle Costera a Polarise. Při této metodě je proveden manuální strečink bránice ve výdechu po čtyřech hlubokých nádeších umocněných kontaktním dýcháním. U 16 pacientů zařazených do kontrolní skupiny byl proveden falešný manévr, od kterého nebyl očekáván žádný terapeutický efekt. V kontrolním měření bylo u experimentální skupiny, na rozdíl od kontrolní (placebo) skupiny, zjištěno signifikantní zvýšení průměrného respirační tlaku v oblasti LES a maximálního výdechového LES tlaku (MEP-maximal expiratory pressure) (da Silva *et al.*, 2013). Tím autoři prokázali, že i parciální myoskeletální ovlivnění bránice může být efektivní v terapii GERD a že poruchy bránice můžou způsobovat nebo se podílet na vzniku poruch v oblasti LES. Opět bohužel práce nereferuje, zda pacienti po terapii hlásili zmírnění příznaků GERD. Chybí i informace, jak se změnila funkce LES jako celku a zda a jak se změnily ostatní manometrické parametry jakými jsou například klidový tonus svěrače mezi polknutími, tlak svěrače při polknutí, relaxace svěrače atd.

Meta-analýza Casale et al konstatuje, že vedle chirurgických a farmakologických intervencí u pacientů s GERD může být efektivní i trénink a manuální ošetření bránice (Casale *et al.*, 2016). Stejně tak meta-analýza z roku 2020 uvádí, že dechový trénink a dechová cvičení mohou pomoci v léčbě GERD u pacientů s diagnostikovaným jícnovým refluxem (Qiu *et al.*, 2020).

Na základě výše uvedených studií lze tedy konstatovat, že byl prokázán vliv funkce bránice a jejího tréninku na funkci LES a redukci symptomů GERD. Nicméně, většina publikovaných prací se zaměřuje specificky pouze na dechový trénink, s předpokladem, že hlavní roli v patogenezi GERD hraje funkční respirační oslabení bránice. Pouze studie da Silva et al (da Silva *et al.*, 2013) se zaměřuje též na případné myoskeletální příčiny oslabení bránice při vzniku GERD. V žádné z výše uvedených studií není zmíněno možné oslabení krurální části bránice z důvodů posturálních, myalgických či viscerálních. A právě na možné posturální a myoskeletální příčiny oslabení bránice u GERD pacientů se mimo jiné zaměřují naše práce (Bitnar *et al.*, 2016, 2021; Zdrhova *et al.*, 2022)(viz přiložené publikace níže).

Z hlediska fyzioterapie můžeme hovořit o dvou přístupech, a to je posturálně-respirační a viscerálně-peritoneální přístup. Na základě osobní dlouhodobé zkušenosti s terapií pacientů s GERD lze konstatovat, že oba přístupy je v rámci komplexního ošetření pacienta vhodné kombinovat. Stav myoskeletálního aparátu, zásadně ovlivňuje funkci antirefluxní bariéry (Sugimoto *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2016; Imagama *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2019). V rámci posturálně-respiračního přístupu ošetřujeme zejména bránici, hrudník, žebra, hrudní a bederní páteř včetně Th/L přechodu. Funkční změny bránice, jakými je například porušený dechový vzor, oslabení či bolestivé spasmy (TrPs) mohou přímo ovlivňovat funkci dolního jícnového svěrače. Trigger pointy v bránici navíc nejenže mohou ovlivňovat aktivitu krurální části bránice, mohou také imitovat gastrointestinální obtíže včetně abdominální migrény, jícnového refluxu apod (Simons, Travell and Simons, 1999). Stejně tak funkční poruchy žeber a páteře (blokády, rotace atd.) dle našich zkušeností modifikují aktivitu bránice a podporují sníženou funkci antirefluxní bariéry. U pacientů s GERD často nacházíme funkční blokády páteře, a to zejména tzv. extenční blokády s rotací obratlového těla. Změna v postavení hrudníku a páteře zhoršuje stabilizaci začátků bránice na sternu, žebrech a lumbálních obratlích a tím může negativně ovlivnit sílu celé bránice, která se pak nemůže optimálně uplatnit ani jako dechový sval, ani jako jícnový sfinkter. U pacientů s GERD nacházíme často vadný dechový stereotyp, při němž je patrná abnormální aktivita pomocného nádechového svalstva a často též kraniální posun hrudního koše s omezenou možností expanze dolní hrudní apertury. U pacientů s GERD je síla dechových svalů ve srovnání se zdravými kontrolami snížena. Proto by u GERD pacientů měla být pravidelně hodnocena funkce dýchacích svalů a v případě abnormálních nálezů by měla být indikována respirační

fyzioterapie (Neumannova *et al.*, 2020). Z vlastní zkušenosti víme, že napřímení páteře a zlepšení její stability zejména v oblasti ThL přechodu a kaudalizace hrudníku jsou základními pilíři v léčbě jícnového refluxu, což jsme i experimentálně potvrdili (Bitnar *et al.*, 2021).

Kromě změn v napětí bránice a postavení hrudního koše přispívá k vzniku GERD také zvýšený intraabdominální tlak, který může být způsoben buď přetížením břišní stěny a její hypertonií, což vidíme u pacientů s nevhodnými či nadměrnými sportovními aktivitami (Jozkow *et al.*, 2006), či naopak u pacientů s obezitou (Paris *et al.*, 2021), kdy je nitrobřišní tlak zvýšen kumulací tukové tkáně, zejména viscerálního tuku. I v těchto případech je rehabilitace a správně vedené kondiční cvičení ideálním pomocníkem a leckdy jedinou kauzální léčbou u pacientů s GERD.

U pacientů s refluxní chorobou jícnu nacházíme kromě myoskeletálních obtíží také tzv. funkční poruchy trávicího traktu. GERD často doprovázen dyspeptickým syndromem, GF, syndromem dráždivého tračníku, gas-bloat syndromem, obstipacemi, syndromem levator ani a podobně. To tedy znamená, že v rámci vyšetření pacientů s GERD nacházíme velice často orgánové hypertonie a hypotonie a fasciální adheze závěsů orgánů či jizvy v nich. V rámci komprehenzivního přístupu je u pacientů s GRED nutno ošetřit i funkční poruchy a využít postupy tzv. viscerální rehabilitace či viscerální terapie (Barral and Mercier, 2006). U pacientů s GERD při funkčním vyšetření často zjišťujeme změny v napětí dvanáctníku a sekundární změny v napětí břišní stěny, napětí v oblasti kardie, pyloru, duodenogastrické junkce, Treitzova ligamenta a ileocekální junkce. Tyto oblasti jsou většinou palpačně tuhé a citlivé, resp. bolestivé a tento obraz se mění při manuální práci s těmito orgány, dle zásad viscerální rehabilitace. Obdobně jako se zkracuje vazivo v myoskletálním aparátu, můžeme retrakce najít i v oblasti viscerálních orgánů (Barral and Mercier, 2006). Změny v pozici a napětí závěsného aparátu viscerálních orgánů mění jejich anatomické postavení, které má vliv na jejich funkci. V obraze GERD nejčastěji nacházíme změny napětí vaziv v oblasti Leimerovy membrány a Treitzeho ligamenta, které obsahuje též svalové snopce z bránice, a jedná se tedy o velice dynamické ligamentum. Většina viscerálních závěsů je palpačně přístupných a manuálně ošetřitelných, proto se při léčbě refluxní choroby jícnu zaměřujeme i na tuto oblast. V obraze pacienta s GERD jsou také časté obtíže s defekací (Baran *et al.*, 2017; Ahmadipour *et al.*, 2022), v tom případě využíváme v terapii viscerální abdominální

masáž. V neposlední řadě je třeba zmínit aktivní jizvy a adheze, a to nejčastěji po žlučníku, ale též např. po apendectomiích a hysterektomiích. Práce s orgány, jejich napětím a závěsy je tedy v naší práci nedílnou součástí práce s pacienty postiženými refluxní chorobou jícnu.

2 Část výzkumná

V rámci výzkumné části prezentujeme čtyři práce publikované ve vědeckých časopisech. Viz příloha 1-4. Tři práce byly publikovány v časopise s IF, jedna práci v mezinárodním recenzovaném časopisu s Impact Score. V kapitolách 2.1-2.8 jsou stručně uvedeny souhrnně cíle, hypotézy, výsledky a diskuze pro všechny čtyři práce publikované na společné téma. Detaily k metodice, výsledkům a podrobná diskuze ke každé jednotlivé studii jsou uvedeny v přílohách ve formě kopií publikovaných prací.

2.1 Úvod

S ohledem na výše uvedené teoretické poznatky jsme se v rámci zpracování disertační práce soustředili na několik výzkumných otázek a cílů. Vzhledem k roztříštěnosti a nekompletnosti poznatků, které jsou na téma vlivu posturálně-respiračních funkcí na funkci GIT, specificky na funkci UES a LES dostupné, bylo nutné provést kvalitní systematickou rešerši a identifikovat nejlepší způsob vyšetřování pacientů s GERD, který napomůže stanovení optimálního léčebného plánu včetně postupů rehabilitačních ve smyslu nejen respirační fyzioterapie ale i postupů ovlivňujících posturální aktivitu. Z hlediska experimentálního jsme se rozhodli zaměřit na souvislost mezi regulací nitrobřišního tlaku (NBT) a posturou, protože byl prokázáno, že postura, resp. aktivita posturálního svalstva má zásadní vliv na nitrobřišní tlak (Hodges and Gandevia, 2000), který stabilizuje páteř (Arjmand and Shirazi-Adl, 2006). Stabilizace páteře a funkce bránice (O'Sullivan, 2000; Kolář *et al.*, 2012; Kocjan *et al.*, 2017) jsou vzájemné závislé. O kritickém vlivu bránice na funkci UES a LES (Liu *et al.*, 2005; Pandolfino *et al.*, 2007) bylo pojednáno výše. Do současnosti ale nebylo známo, které postury, resp. polohy těla mají na generování nitrobřišního tlaku největší vliv. To je potencionálně důležité pro praxi, protože je známo, že některé polohy reflux vyvolávají, resp. ho zhoršují např. práce v předklonu (Ferguson and DeVault, 2007), jiné naopak obtíže zmírňují, např. pro spánek je doporučováno zvýšení polohy hlavy nebo leh na levém boku (Dagli and Kalkan, 2020). Navíc jsme zjišťovali, zda specifické instrukce podle konceptu Dynamická Neuromuskulární stabilizace (DNS) mohou ovlivnit schopnost aktivace břišní stěny a tím i volně regulovat NBT. Princip edukace pacienta jak správně stabilizovat je pro rehabilitační praxi kriticky důležitý (Stuge, 2019). V další práci jsme se zaměřili na to, jak posturální aktivita, konkrétně zvednutí dolních končetin nad podložku v leže

na zádech přímo ovlivňuje tlaky v UES a LES. Tento experiment je opět důležitý pro rehabilitační praxi, protože rutinně používané rehabilitační techniky zaměřené na trénink posturální aktivity mohu potencionálně ovlivňovat i tlaky v jícnových svěračích. Zajímalo nás tedy, jak specificky tyto manévry tlaky v LES a UES ovlivňují, což napomůže interpretaci, které příznaky UES a LES dysfunkce může nácvik posturální stabilizace aktivace zlepšit, resp. zhoršit. Čtvrtá část výzkumné práce pak byla už konkrétně zaměřena na to, jak specifické postupy fyzioterapie, konkrétně trakce krční páteře a stabilizace hrudníku v neutrální poloze ovlivňuje tlaky v UES a LES. Souhrnně tedy bylo naším cílem analyzovat moderní poznatky o souvislostech mezi posturálně-respirační funkcí a funkcí jícnu a jícnových svěračů, a v navazujících výzkumných projektech zjistit, jak konkrétně posturální aktivita ovlivňuje tlaky v UES a LES a zda lze tlakové poměry v těchto oblastech ovlivnit postupy fyzioterapie.

2.2 Cíle práce

1. Vypracovat systematickou rešerši (systematic review) zkoumající účinnost dechových cvičení u pacientů s GERD a zjistit, identifikovat optimální vyšetřovací postup pro následný léčebný plán včetně terapie rehabilitační.

2. Zjistit, jak poloha těla ovlivňuje nitrobřišní tlak, což má vliv na stabilizaci páteře, a tak nepřímo i na tlaky v LES a UES. Zjistit, zda verbální a manuální instrukce pro aktivaci břišní stěny budou mít vliv na NBT.

3. Zjistit, jak tlak v oblasti horního a dolního jícnového svěrače reaguje na posturální zátěž.

4. Popsat vliv dvou rutinně používaných rehabilitačních technik, tj. trakce krční páteře a stabilizace hrudníku v neutrálním postavení ovlivňuje tlaky v UES a LES.

2.3 Hypotézy

1. Posturální situace, resp. poloha těla signifikantně ovlivňuje nitrobřišní tlak. Manuálními a verbálními instrukcemi podle konceptu DNS lze probanda edukovat, jak aktivovat břišní stěnu a tím ovlivnit NBT.

2. Posturální zátěž signifikantně ovlivňuje tlaky v UES a LES.

3. Trakce krční páteře a stabilizace hrudníku v neutrálním postavení signifikantně ovlivňuje tlaky v UES a LES.

2.4 Metodika

1. Systematická rešerše byla provedena šetřením v databázích Pubmed, Cochrane library a Google Scholar vyhledáváním prací publikovaných v recenzovaných časopisech po roce 2000 podle klíčových slov: reflux; reflux disease GERD gastroesophageal reflux disease diaphragmatic breathing diaphragmatic breathing training breathing exercises respiratory physiotherapy abdominal breathing inspiratory muscle training.

2. Změny NBT v poloze v sedě, vleže na zádech s DKK nad podložkou, v pozici "medvěda" tj, pozice opory o obě dlaně a obě nohy, v poloze dřepu a v poloze závěsu za obě ruce s DKK nad podložkou byly měřeny u 30 zdravých jedinců pomocí senzorů Ohm Belt, které monitorují napětí břišní stěny a tím nepřímo břišní tlak (Novak *et al.*, 2021).

3. Změny jícnových tlaků v oblasti UES a LES během posturální aktivace, tj. zvednutí DKK nad podložku byly měřeny pomocí metody HRM v soboru 58 pacientů s GERD.

4. Změny jícnových tlaků v oblasti UES a LES při provedení trakce krční páteře a během stabilizačního manévru hrudníku byly měřeny pomocí HRM u 54 pacientů s GRERD.

Detaily metodiky jednotlivých prací jsou uvedeny v publikovaných pracích. Viz přílohy č. 1-4.

2.5 Výsledky

1. Na základě systematické rešerše publikované v časopisu Dysphagia (IF_{2021} 2.733) můžeme konstatovat, že současně dostupné studie potvrzují pozitivní efekt dechových cvičení v léčbě GERD; Metoda HRM se jeví jako vhodná, ale zatím ne dostatečně potvrzená, pro správný výběr pacientů a indikaci fyzioterapie u GERD.

2. Manuální a verbální instrukce podle konceptu DNS signifikantně zvyšují aktivaci břišní stěny a tím nepřímo NBT ve srovnání se spontánní aktivací. Z pěti měřených poloh (sed, leh na zádech s DKK nad podložkou, dřep, "medvěd" a vis) byla největší aktivace

zaznamenána v poloze medvěda, tj v poloze opory na obou dlaních a chodidlech. Nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v aktivaci břišní stěny mezi ženami a muži v žádné poloze. Práce bude publikována (*in press*) v časopisu Musculoskeletal Science and Practice (IF_{2021} 2.658).

3. Posturální aktivita vyvolaná zvednutím DKK nad podložku vleže na zádech signifikantně zvyšuje tlak v UES a LES. Nálezy prokazují vliv NBT jak na UESP, tak na LESP u pacientů s GERD. Zvýšení UESP a LESP během posturální aktivace je závislé na klidových LESP a UESP. Zvýšení NBT ovlivňuje intraezofageální tlak. Výsledky studie potvrzují kombinovanou posturální funkci bránice a svěrače. HRM hodnotí nejen funkci svěrače, ale nepřímo i posturální brániční funkci. Práce byla publikována v recenzovaném časopise Journal of Bodywork and Movement Therapies (Impact Score, IS_{2015} 1.46).

4. U pacientů s diagnostikovanou GERD cervikální trakce a stabilizace trupu v neutrálním postavení signifikantně snižují UESP a signifikantně zvyšují LESP. Práce byla publikována v Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics (IF_{2021} = 1.300).

2.6 Diskuze

Funkční poruchy vnitřních orgánů mohou souviset s poruchami pohybového ústrojí. Je-li primární porucha v pohybovém aparátu, která způsobuje dysfunkci vnitřního orgánu, hovoříme o vertebro-viscerálních vztazích. Pokud je tomu naopak, tedy dysfunkce či strukturální porucha vnitřního orgánu vyvolává poruchu myoskeletálního aparátu, hovoříme o viscero-vertebrálním vzoru. Tyto souvislosti vznikají v důsledku toho, že informace z vnitřních orgánů a struktur pohybové soustavy, které jsou inervovány ze stejného míšního segmentu, konvergují na míšních interneuronech a vzájemně se tak ovlivňují. Viscero-vertebrální a vertebro-viscerální vztahy, tedy vzájemný vliv pohybového aparátu a vnitřních orgánů, byly popsány i pro oblast jícnu (Komleva *et al.*, 2017). Ačkoliv je rehabilitace považována za důležitou součást multidisciplinárního přístupu k pacientům s poruchami zažívacího aparátu (Allen *et al.*, 2020), do dnešní doby se rehabilitační techniky omezují hlavně na dechová cvičení u pacientů s GERD (Qiu *et al.*, 2020; Ahmadi *et al.*, 2021). Respirační fyzioterapie se uplatňuje hlavně proto, že ovlivňuje funkci bránice, která je považována za dominantní složku antirefluxní bariéry. Zejména pacienti s lehkou formou GERD a pacienti s NERD z respirační fyzioterapie

profitují (Zdrhova *et al.*, 2022). Zatímco většina autorů reportujících pozitivní efekt respiračních cvičení se soustředila hlavně na nácvik síly dechových svalů (Carvalho de Miranda Chaves *et al.*, 2012; Eherer *et al.*, 2012; Nobre e Souza *et al.*, 2013), my jsme se soustředili i na vliv postury na tlaky v UES a LES (Bitnar *et al.*, 2016, 2021).

Při změně postavení hrudníku a zlepšení jeho stabilizace, došlo k signifikantnímu poklesu UESP a ke zvýšení LEPS při měření pomocí HRM (Bitnar *et al.*, 2021). Změna postavení hrudníku mění postavení bránice a mění se též postavení v oblasti celé dolní a horní hrudní apertury. Tato posturální změna pak vede ke změně dechového stereotypu, snížení práce pomocných nádechových svalů a také ke změně postavení krční páteře a C/Th přechodu. Pacienti, kteří mají GERD vykazují často typickou poruchu postury, kterou lze nazývat syndrom otevřených nůžek (Zdrhova *et al.*, 2022). Tento syndrom v sobě zahrnuje zejména hyperinflační postavení hrudního koše, zvýšenou nestabilitu bederní páteře, významnější zapojení auxiliárního svalstva a fixovanou kyfotizaci hrudní páteře včetně C/Th přechodu (Kolář and Lewit, 2005). Tato neideální „posturálně-respirační" situace pak vede k přetěžování krční páteře. Porucha distribuce svalového tonu v krčním kosterním svalstvu souvisí s tlakem v oblasti UES. GF, dysfagie, a odynofagie jsou stavy u kterých klinicky často zjišťujeme vysoké napětí v krčním svalstvu, TrPs, změnu v posunlivosti měkkých tkání i blokády krční páteře, C/Th přechodu, i sternoklavikulárního a sternoskostálních skloubení. K některým typům dysfagických obtíží může vést i zhoršená relaxace UES v důsledku myoskeletálních poruch v krčním regionu (Hep, 1998). Recentní studie Rumbacha udává, že s nárůstem popularity posilování a vzpírání také narůstá počet klientů s GF, bolestmi v krku a chraptěním (Rumbach *et al.*, 2020). I tento fakt podporuje teorii úzké souvislosti mezi fyzickou aktivitou, resp. posturální aktivací a funkcí laryngeoesofageální. Rumbach uzavírá, že příčiny těchto obtíží nejsou známé (Rumbach *et al.*, 2020). Zajímavé by bylo zjistit, zda obtížemi v oblast krku trpí více ti klienti, kteří při vzpírání a posilování využívají neoptimální posturálně stabilizační vzor. Naše studie potvrdila, že při zlepšení postavení hrudníku dochází ke snížení tonu UES oblasti a též ke zvýšení tlaku v LES oblasti, což považujeme za důsledek zlepšení funkce bránice (Bitnar *et al.*, 2021).

Na UESP má vliv i trakce krční páteře, která UESP snižuje (Bitnar *et al.*, 2021). Z klinického pohledu je tento fakt důležitý, neboť poukazuje na souvislost mezi funkcí krční páteře a funkcí, resp. dysfunkcí UES a také na možnosti rehabilitační intervence

u pacientů s GF či dysfagií, ačkoliv skutečný efekt manuálních technik v oblasti krční páteře na GF, dysfagii, odynofagii a jiné poruchy této oblasti musí teprve být prokázán. Prokázali jsme, že běžný rehabilitační manévr jako je trakce krční páteře neovlivňuje jen funkci krční páteře, ale i funkci esofageální. Vliv postavení hlavy, krční páteře, či hrtanového komplexu na funkci jícnu zkoumal také McCulloch, který prokázal že manévr přitažení brady ("chin tuck") ovlivňuje tonus a reaktivitu horního jícnového svěrače (Mcculloch, Hoffman and Ciucci, 2010). Naše práce a poznatky tuto práci doplňují a výsledky McCullochovy studie potvrzují. I když jsme se v našem experimentu zaměřili jen na změny klidového tlaku, můžeme potvrdit, že UES na změny postavení krční páteře signifikantně reaguje. Pacienti s GF a funkčních dysfagií, tak mohou potencionálně profitovat z myoskeletálního ošetření. Stejně tak pacienti s inkompetencí antirefluxní bariéry mohou kaudalizací hrudníku a nácvikem bráničního dýchání v tomto posturálním zajištění dosáhnout zvýšení LESP, a tak dosáhnout úlevy od symptomů GERD.

Trojflexe DKK nad podložku patří mezi základní prvky nácviku stability bederní páteře. Cvik je hojně využíván v technikách a metodách založených na vývojové kineziologii (Kobesova *et al.*, 2020). Tento manévr, tedy elevace a trojflexe dolních končetin nad podložku v leže na zádech odpovídá tzv. tří měsíčnímu modelu, který vychází z vývojové kineziologie a je jedním z jeho základních kineziologických prvků (Frank, Kobesova and Kolar, 2013). Tento manévr však také vyžaduje zvýšené nároky na stabilitu krční páteře a je obvykle doprovázen zvýšenou aktivitou hlubokého svalstva krčního regionu. Naším cílem bylo tedy zjistit, jak oblast UES a LES reaguje během tohoto posturálně náročného manévru. Z našich výsledků vyplývá, že tonus a tlak v oblasti horního jícnového svěrače, signifikantně narůstá při elevaci dolních končetin nad podložku v leže na zádech. Klinicky je této reakce možné využít pro zvýšení síly a napětí UES u pacientů, kteří mají jeho hypotonii (noční reflux, některé typy aerofagie) (Norton *et al.*, 2021). Při kaudalizaci hrudníku a trakci krční páteře ale UESP naopak klesá. To znamená, že při cvičení s DKK nad podložkou je důležité dbát na posturální zajištění ve smyslu polohy hrudníku a elongace krční páteře. V naší práci zabývající se souvislostí mezi polohou těla a NBT jsme potvrdili, že manuální a verbální instrukce jak správně stabilizovat trup v této poloze podle konceptu DNS vedou k signifikantnímu zvýšení NBT který stabilizuje páteř (Madle *et al.*, 2022). Současně v této poloze stoupá LESP (Bitnar *et al.*, 2016). Při kvalitní koordinaci trupového svalstva a neutrální poloze hrudníku lze tedy tento manévr použít i pro zvýšení LESP s cílem ovlivnit gastroesofageální reflux.

Z hlediska souvislosti mezi polohou těla a NTB jsme zjistili, že k nejvýznamnějšímu nárůstu NBT z pěti monitorovaných pozic dochází v poloze "medvěda" kdy je tělo předkloněno a opírá se o ruce a nohy (Madle *et al.*, 2022). Je to poloha podobná situaci, která často vyvolává reflux, tj. práce v předklonu (Ferguson and DeVault, 2007). Nelze ale tvrdit, že příčinou refluxu v předklonu je zvýšený NBT. Naopak, předpokládáme, že dobrá regulace NBT souvisí s kvalitní funkcí bránice, která refluxu brání. My jsme NBT v předklonu měřili u mladých, zdravých probandů, kteří netrpěli žádnými příznaky viscerální dysfunkce, tedy ani GERD (Madle *et al.*, 2022). Spekulujeme, že u pacientů s GERD by v poloze medvěda ke stejnému navýšení NBT nedošlo, neboť pacienti s GERD mají často insuficientní posturální stabilizaci (Kocjan *et al.*, 2017; Bordoni *et al.*, 2018) a nemusí být tedy schopni adekvátně aktivovat svalstvo trupu a NBT zvýšit. Vzhledem k tomu že i v poloze medvěda při verbálních a manuálních instrukcích, jak správně stabilizovat, došlo k signifikantnímu nárůstu NBT (Madle *et al.*, 2022), lze předpokládat, že cíleným tréninkem posturální stabilizace v předklonu by mohlo být možné i u pacientů s GERD natolik nacvičit trupovou stabilizace, regulaci NBT, potažmo aktivaci LES, že by i tito pacienti mohli přestat trpět refluxem v poloze předklonu. Nicméně, tuto spekulaci je nutné teprve ověřit.

2.7 Závěr

Tato práce vznikla na podkladě dlouhodobé péče o pacienty s jícnovými obtížemi, a to zejména s poruchami polykání a gastroesophageálním refluxem. Zejména GERD je chorobou se stále se zvyšující incidencí u nás i ve světě, tradiční medikamentózní a chirurgická terapie je drahá a má řadu vedlejších účinků. Jícnové svěrače jsou parciálně tvořeny kosterní svalovinou, proto potencionálně ovlivnitelné fyzickou aktivitou a rehabilitačními postupy, které mohou být v indikovaných případech alternativou, či doplňkovou léčbou standardních terapeutických postupů. K objektivizaci jícnových funkcí lze využít semi-invazivních vyšetřovacích metod, zejména HRM a pH-metrii. Pomocí HRM jsme popsali, jak jícnové svěrače reagují na posturálně - respirační změny. Pomocí senzorů Ohm Belt jsme monitorovali aktivitu břišní stěny, tj. nepřímo NBT, který má vliv na funkci UES a LES.

Při relaxaci krčního svalstva během trakce krční páteře a při zlepšení stability hrudníku a Th/L přechodu došlo k signifikantnímu poklesu UESP. Při posturálně náročnějších

podmínkách, jakými je např. elevace dolních končetin nad podložku v leže na zádech, došlo k signifikantnímu nárůstu UESP.

Dolní jícnový svěrač (LES) je funkčně propojen s hybným systémem a bránice je dominantní strukturou tohoto svěrače. Popsali jsme, jak LES reaguje na posturální změny. Změna postavení hrudního koše a zlepšená stabilita dolní hrudní apertury, Th/L přechodu a bederní páteře se projevuje signifikantním zvýšením LESP. Zvýšená posturální aktivita bránice a zvýšená potřeba stability axiálního systému při elevaci a trojflexi dolních končetin nad podložku v leže na zádech vyvolá signifikantní nárůst LESP. Taktéž trakce krční páteře vede k signifikantnímu nárůstu tlaku v oblasti LES.

NBT souvisí s polohou těla, tedy s posturou. Cílenými verbálními a manuálními instrukcemi lze probanda instruovat, jak zvýšit aktivitu břišní stěny, a tak regulovat (zvýšit NBT). Z pěti sledovaných poloh (sed, leh na zádech s flexí DK nad podložkou, "medvěd", dřep a vis) došlo k největšímu nárůstu NBT v poloze medvěda, tj. v poloze na čtyřech s oporou o obě ruce a nohy. Aktivace NBT, která je významně závislá na aktivaci bránice může potencionálně ovlivnit i LESP (UESP).

3 Souhrn

3.1 Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review: Lucie Zdrhova, **Petr Bitnar,** Karel Balihar, Pavel Kolar, Katerina Madle, Milan Martinek, · John Erik Pandolfino, Jan Martinek**.** *Dysphagia. 2022, In press. (IF_{2021} 2.733)*

Systematická rešerše potvrzuje, že dechová cvičení mohou být efektivní v léčbě GERD. Role HRM při výběr pacientů a indikaci fyzioterapeutických postupů není zcela jasná a vyžaduje další výzkum. Budoucí práce by měly směřovat ke sjednocení fyzioterapeutických postupů a k vytvoření guidlines s definicí standardizovaných metod rehabilitace (fyzioterapie) v léčbě GERD. Efekty jednotlivých postupů fyzioterapie u pacientů s GERD musí teprve být hodnoceny a potvrzeny kvalitními studiemi.

3.2 Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions: Katerina Madle, Petr Svoboda, Martin Stribrny, Jakub Novak, Pavel Kolar, Andrew Busch, Alena Kobesova, **Petr Bitnar**. *Musculoskeletal Science and Practice. 2022, In press. (IF_{2021} 2.658).*

Měření aktivity břišní stěny pomocí přístroje Ohmbelt potvrzuje výrazně vyšší aktivitu ve spontánně zaujaté poloze vleže na zádech se zvednutím DKK nad podložku a v poloze medvěda ve srovnání s polohou v sedě. Práce potvrzuje, že je možné volně modifikovat aktivitu břišní stěny, tedy nepřímo NBT. Specifickými verbálními a manuálními instrukcemi podle principů DNS lze signifikantně zvýšit aktivitu břišní stěny ve čtyřech sledovaných polohách (vleže na zádech se zvednutím DKK, medvěd, vis a dřep). Největší aktivace břišní stěny byla zjištěna v poloze medvěda jak pro spontánní, tak pro instruované situace.

3.3 Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease: Petr Bitnar, Jan Stovicek, Ross Andel, Josef Arlt, Marketa Arltova, Milan Smejkal, Pavel Kolar, Alena Kobesova
Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2015 (Impact Score, IS_{2015} 1.46). http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

Nálezy prokazují vliv intraabdominálního tlaku jak na LESP, tak na UESP u pacientů s GERD. Úroveň zvýšení LESP a UESP během posturální aktivace závisí na klidových LESP a UESP. Výsledky ilustrují vliv zvýšeného nitrobřišního tlaku na intra-ezofageální tlak, a potvrzují kombinovanou posturální a sfinkterovou funkci bránice. HRM hodnotí nejen funkci svěrače, ale nepřímo i posturální brániční funkci. Zjištění mohou pomoci při funkčním vyšetření pacientů s GERD a ke stanovení postupu konzervativní léčby jedinců

s poruchami motility jícnu, ale také s poruchami dýchání a bolestmi zad, kde může být společným jmenovatelem narušená kombinovaná funkce bránice.

3.4 Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial: Petr Bitnar, Jan Stovicek, Stepan Hlava, Pavel Kolar, Josef Arlt, Marketa Arltova, Katerina Madle, Andrew Busch, Alena Kobesova. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 2021 (IF_{2021} = 1.300). https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2021.01.004*

Cervikální manuální trakce a stabilizační manévr trupu snižují tlak horního jícnového svěrače (UESP) a zvyšují tlak dolního jícnového svěrače (LESP). Rehabilitace a manuální terapie mohou být vhodnou součástí komplexního léčebného přístupu k pacientům s GERD, dysfagií a dalšími gastroezofageálními symptomy souvisejícími s abnormální regulací UESP a LESP.

4 Summary

4.1 Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review: Lucie Zdrhova, **Petr Bitnar,** Karel Balihar, Pavel Kolar, Katerina Madle, Milan Martinek, · John Erik Pandolfino, Jan Martinek**.** *Dysphagia. 2022, In press. (IF_{2021} 2.733)*

Current knowledge suggests the potential of breathing exer- cises in the treatment of GERD; however, long-term efficacy, patient selection, and the role of HRM in tailoring physio- therapeutic approaches requires further research. Future work should also aim to unify physiotherapeutic procedures to obtain a standardized method in GERD treatment, allowing for the better assessment of procedural effects in GERD patients.

4.2 Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions: Katerina Madle, Petr Svoboda, Martin Stribrny, Jakub Novak, Pavel Kolar, Andrew Busch, Alena Kobesova, **Petr Bitnar**. *Musculoskeletal Science and Practice. 2022, In press. (IF_{2021} 2.658).*

Measuring AWT using the Ohmbelt device confirms significantly higher activity in the spontaneously adopted supine position with leg raise and bear position relative to a sitting position. This work also confirms that it is possible to change AWT voluntarily. With specific verbal and manual instructions following Dynamic Neuromuscular Stabilization principles, the amount of AWT significantly increased in four monitored positions (supine with leg raise, bear, hang and squat). The greatest abdominal wall activation was achieved in the bear position both for spontaneous and instructed situations.

4.3 Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease: Petr Bitnar, Jan Stovicek, Ross Andel, Josef Arlt, Marketa Arltova, Milan Smejkal, Pavel Kolar, Alena Kobesova
Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2015 (Impact Score, IS_{2015} 1.46). http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

The findings demonstrate the influence of intra-abdominal pressure both on LESP and UESP in patients with GERD. We also found that the amount of LESP and UESP increase during postural activation depended on resting LESP and UESP. The results illustrate the influence of increased intra-abdominal pressure on intraesophageal pressure, confirming combined diaphragmatic postural and sphincter function. HRM evaluates not only sphincter, but indirectly also postural diaphragmatic function. This may aid in the design of functional assessment and conservative treat- ment of individuals with

esophageal motility disorders, but also respiratory disorders and back pain where compromised combined diaphragmatic function maybe a common denominator.

4.4 Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial: **Petr Bitnar**, Jan Stovicek, Stepan Hlava, Pavel Kolar, Josef Arlt, Marketa Arltova, Katerina Madle, Andrew Busch, Alena Kobesova. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 2021 (IF_{2021} = 1.300). https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2021.01.004*

The findings suggest that cervical manual traction, and trunk stabilization maneuver may decrease upper esophageal sphincter pressure (UESP) and increase lower esoph- ageal sphincter pressure (LESP). Rehabilitation and manual therapy may be an appropriate part of complex treatment approach to patients with GERD, dysphagia, and other gastroesophageal symptoms related to abnormal UESP and LESP regulation.

5 Literatura

1. Abou Dargham, H. *et al.* (2017) ‘A rare cause of acute dysphagia: acute calcific tendonitis of the longus colli muscle’, *BMJ Case Reports*, p. bcr-2017-219684. Available at: https://doi.org/10.1136/bcr-2017-219684.

2. Ahmadi, M. *et al.* (2021) ‘Different Effects of Aerobic Exercise and Diaphragmatic Breathing on Lower Esophageal Sphincter Pressure and Quality of Life in Patients with Reflux: A Comparative Study’, *Middle East Journal of Digestive Diseases*, 13(1), pp. 61–66. Available at: https://doi.org/10.34172/mejdd.2021.205.

3. Ahmadipour, S. *et al.* (2022) ‘Co-occurrence of childhood functional constipation and gastroesophageal reflux disease (GERD)’, *Annals of Medicine and Surgery*, 74, p. 103302. Available at: https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103302.

4. Al-Bilbeisi, F. and DENNIS McCOOL, F. (2000) ‘Diaphragm Recruitment during Nonrespiratory Activities’, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 162(2), pp. 456–459. Available at: https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.2.9908059.

5. Ali, M.E.-S. (2008) ‘Laryngopharyngeal reflux: diagnosis and treatment of a controversial disease’, *Current Opinion in Allergy & Clinical Immunology*, 8(1), pp. 28–33. Available at: https://doi.org/10.1097/ACI.0b013e3282f3f44f.

6. Allen, J. *et al.* (2020) ‘Aspects of the assessment and management of pharyngoesophageal dysphagia’, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1482(1), pp. 5–15. Available at: https://doi.org/10.1111/nyas.14456.

7. Altman, K.W., Prufer, N. and Vaezi, M.F. (2011) ‘The Challenge of Protocols for Reflux Disease: A Review and Development of a Critical Pathway’, *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 145(1), pp. 7–14. Available at: https://doi.org/10.1177/0194599811403885.

8. Antoniou, S.A. *et al.* (2008) ‘Symptom-focused results after laparoscopic fundoplication for refractory gastroesophageal reflux disease—a prospective study’, *Langenbeck’s Archives of Surgery*, 393(6), pp. 979–984. Available at: https://doi.org/10.1007/s00423-008-0294-6.

9. Arjmand, N. and Shirazi-Adl, A. (2006) ‘Role of intra-abdominal pressure in the unloading and stabilization of the human spine during static lifting tasks’, *European Spine Journal*, 15(8), pp. 1265–1275. Available at: https://doi.org/10.1007/s00586-005-0012-9.

10. Babaei, A. *et al.* (2012) ‘480 Efficacy of a Novel “UES Assist Device” in Management of Supraesophageal Complications of Reflux Disease: the Results of a Limited Clinical Trial’, *Gastroenterology*, 142(5), p. S-102. Available at: https://doi.org/10.1016/S0016-5085(12)60385-0.

11. Babaei, A. *et al.* (2014) ‘Tu1855 Correlation of Externally Applied Cricoid Pressure With Luminal Upper Esophageal Sphincter Pressure Augmentation; Effect of Posture

and Technique', *Gastroenterology*, 146(5), p. S-856. Available at: https://doi.org/10.1016/S0016-5085(14)63110-3.

12. Babaei, A. *et al.* (2015) 'Impaired Upper Esophageal Sphincter Reflexes in Patients With Supraesophageal Reflux Disease', *Gastroenterology*, 149(6), pp. 1381–1391. Available at: https://doi.org/10.1053/j.gastro.2015.07.007.

13. Babaei, A., Bhargava, V. and Mittal, R.K. (2010) 'Upper esophageal sphincter during transient lower esophageal sphincter relaxation: effects of reflux content and posture', *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 298(5), pp. G601–G607. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.00486.2009.

14. Badillo, R. (2014) 'Diagnosis and treatment of gastroesophageal reflux disease', *World Journal of Gastrointestinal Pharmacology and Therapeutics*, 5(3), p. 105. Available at: https://doi.org/10.4292/wjgpt.v5.i3.105.

15. Baran, M. *et al.* (2017) 'The overlap of gastroesophageal reflux disease and functional constipation in children: the efficacy of constipation treatment', *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 29(11), pp. 1264–1268. Available at: https://doi.org/10.1097/MEG.0000000000000979.

16. Barral, J.P. and Mercier, P. (2006) *Viscerální terapie*. Kroměříž: Zapletal Stanislav nakladatelství - Poznání s.r.o.

17. Bátovský, M. *et al.* (1999) 'Poruchy Gastrointestinálnej Motility a Prokinetiká', pp. 39–77.

18. Bautmans, I. *et al.* (2008) 'Dysphagia in elderly nursing home residents with severe cognitive impairment can be attenuated by cervical spine mobilization', *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40(9), pp. 755–760. Available at: https://doi.org/10.2340/16501977-0243.

19. Bitnar, P. *et al.* (2016) 'Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease', *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20(3), pp. 518–524. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002.

20. Bitnar, P. *et al.* (2021) 'Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial', *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 44(4), pp. 344–351. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2021.01.004.

21. Boiron, M. *et al.* (1999) 'Esophageal Swallowing Phase Assessed by Audiosignal Recording (Relationship with Manometry in Gastroesophageal Reflux Disease Patients)', *Digestive Diseases and Sciences*, 44(3), pp. 529–535. Available at: https://doi.org/10.1023/A:1026649205827.

22. Bonavina, L., DeMeester, T.R. and Ganz, R.A. (2012) 'LINX™ Reflux Management System: magnetic sphincter augmentation in the treatment of gastroesophageal reflux disease', *Expert Review of Gastroenterology & Hepatology*, 6(6), pp. 667–674. Available at: https://doi.org/10.1586/egh.12.47.

23. Bordoni, B. *et al.* (2018) ‘Low back pain and gastroesophageal reflux in patients with COPD: the disease in the breath’, *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, Volume 13, pp. 325–334. Available at: https://doi.org/10.2147/COPD.S150401.

24. Born, L.J. *et al.* (1996) ‘Cricopharyngeal dysfunction in Parkinson’s disease: Role in dysphagia and response to myotomy’, *Movement Disorders*, 11(1), pp. 53–58. Available at: https://doi.org/10.1002/mds.870110110.

25. de Bortoli, N. (2012) ‘How many cases of laryngopharyngeal reflux suspected by laryngoscopy are gastroesophageal reflux disease-related?’, *World Journal of Gastroenterology*, 18(32), p. 4363. Available at: https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i32.4363.

26. Bouchoucha, M. *et al.* (2019) ‘Clinical and psychological characteristics of patients with globus’, *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology*, 43(5), pp. 614–622. Available at: https://doi.org/10.1016/j.clinre.2019.01.006.

27. Bredenoord, A.J., Pandolfino, J.E. and Smout, A.J. (2013) ‘Gastro-oesophageal reflux disease’, *The Lancet*, 381(9881), pp. 1933–1942. Available at: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)62171-0.

28. Bureš, J. (2002) ‘Refluxní choroba jícnu. Doporučené postupy pro praktické lékaře’.

29. Carvalho de Miranda Chaves, R. *et al.* (2012) ‘Respiratory physiotherapy can increase lower esophageal sphincter pressure in GERD patients’, *Respiratory Medicine*, 106(12), pp. 1794–1799. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rmed.2012.08.023.

30. Casale, M. *et al.* (2016) ‘Breathing training on lower esophageal sphincter as a complementary treatment of gastroesophageal reflux disease (GERD): a systematic review’, *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 20(21), pp. 4547–4552.

31. Cashman, E.C. and Donnelly, M.J. (2010) ‘The Natural History of Globus Pharyngeus’, *International Journal of Otolaryngology*, 2010, pp. 1–4. Available at: https://doi.org/10.1155/2010/159630.

32. Cebrián Carretero, J.L. and López-Arcas Calleja [, J.M. (2006) ‘Gastrooesophageal reflux diagnosed by occlusal splint tintion’.

33. Chang, M.C. *et al.* (2021) ‘Comparison of three different types of exercises for selective contractions of supra- and infrahyoid muscles’, *Scientific Reports*, 11(1), p. 7131. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-021-86502-w.

34. Chassany, O. *et al.* (2008) ‘Systematic review: health-related quality of life (HRQOL) questionnaires in gastro-oesophageal reflux disease’, *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 27(11), pp. 1053–1070. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2008.03683.x.

35. Chen, J. and Brady, P. (2019) ‘Gastroesophageal Reflux Disease: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment’, *Gastroenterology Nursing*, 42(1), pp. 20–28. Available at: https://doi.org/10.1097/SGA.0000000000000359.

36. Čihák, R. (2016) *Anatomie*. 3rd edn. Praha: Grada.

37. Cock, C. *et al.* (2017) 'Modulation of Upper Esophageal Sphincter (UES) Relaxation and Opening During Volume Swallowing', *Dysphagia*, 32(2), pp. 216–224. Available at: https://doi.org/10.1007/s00455-016-9744-4.

38. Corso, M.J. *et al.* (1998) 'Globus Sensation Is Associated with Hypertensive Upper Esophageal Sphincter but Not with Gastroesophageal Reflux', *Digestive Diseases and Sciences*, 43(7), pp. 1513–1517. Available at: https://doi.org/10.1023/A:1018862814873.

39. Dagli, U. and Kalkan, I.H. (2020) 'The role of lifestyle changes in gastroesophageal reflux diseases treatment', *The Turkish Journal of Gastroenterology*, 28(Supp1), pp. S33–S37. Available at: https://doi.org/10.5152/tjg.2017.10.

40. Deary, I.J. *et al.* (1995) 'Globus pharyngis: Development of a symptom assessment scale', *Journal of Psychosomatic Research*, 39(2), pp. 203–213. Available at: https://doi.org/10.1016/0022-3999(94)00104-D.

41. Ding, Z. *et al.* (2013) '[Therapeutic mechanism of diaphragm training at different periods in patients with gastroesophageal reflux disease]', *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 93(40), pp. 3215–3219.

42. Dolina, J. *et al.* (2008) 'Impedance a pH-metrie jícnu–staronová vyšetřovací metoda?', *folia Folia Gastroenterol Hepatol*, 6.

43. Drahoňovský, V., Vrbenský, L. and Kmeť, L. (2006) 'Laparoskopická antirefluxní operace dle Nissen-Rossetiho – výsledky u 100 operovaných po 2 a 5 letech ve srovnání s předchozím stavem', (2), pp. 17–25.

44. Duda, M. (2012) *Jícen: pohled z mnoha úhlů v zrcadle zkušeností olomoucké jícnové školy*. 2nd edn. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

45. Eherer, A.J. *et al.* (2012) 'Positive Effect of Abdominal Breathing Exercise on Gastroesophageal Reflux Disease: A Randomized, Controlled Study', *American Journal of Gastroenterology*, 107(3), pp. 372–378. Available at: https://doi.org/10.1038/ajg.2011.420.

46. El-Serag, H.B. *et al.* (2014) 'Update on the epidemiology of gastro-oesophageal reflux disease: a systematic review', *Gut*, 63(6), pp. 871–880. Available at: https://doi.org/10.1136/gutjnl-2012-304269.

47. Ferguson, D.D. and DeVault, K.R. (2007) 'Medical management of gastroesophageal reflux disease', *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 8(1), pp. 39–47. Available at: https://doi.org/10.1517/14656566.8.1.39.

48. Fölsch, U., KOCHSIEK, K. and SHMIDT, R. (2000) *Pathophysiologie*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

49. Frank, C., Kobesova, A. and Kolar, P. (2013) 'Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation', *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(1), pp. 62–73.

50. Gao, J. and Zhang, H.-J. (2017) ‘Effects of chin tuck against resistance exercise versus Shaker exercise on dysphagia and psychological state after cerebral infarction’, *Eur J Phys Rehabil Med*, 53(3), pp. 426–432. Available at: https://doi.org/10.23736/s1973-9087.16.04346-x.

51. Gourcerol, G. *et al.* (2014) ‘Can multichannel intraluminal pH-impedance monitoring be limited to 3 hours? Comparison between ambulatory 24-hour and post-prandial 3-hour recording: Three-hour pH-impedance monitoring’, *Diseases of the Esophagus*, 27(8), pp. 732–736. Available at: https://doi.org/10.1111/dote.12161.

52. Gregar, I. (2005) ‘Nemoci jícnu a žaludku’, *Postgraduální medicína: odborný časopis pro lékaře.* [Preprint].

53. Grgić, V. (2013) ‘[Cervicogenic dysphagia: swallowing difficulties caused by functional and organic disorders of the cervical spine]’, *Lijecnicki Vjesnik*, 135(3–4), pp. 92–99.

54. Harar, R.P.S. *et al.* (2004) ‘Management of globus pharyngeus: review of 699 cases’, *The Journal of Laryngology & Otology*, 118(7), pp. 522–527. Available at: https://doi.org/10.1258/0022215041615092.

55. Henry, M.A.C. de A. (2014) ‘Diagnosis and management of gastroesophageal reflux disease’, *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, 27(3), pp. 210–215. Available at: https://doi.org/10.1590/S0102-67202014000300013.

56. Hep, A. (1998) ‘Poruchy motility jícnu při vertebropatiích’, *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, (4), pp. 131–135.

57. Hershcovici, T., Mashimo, H. and Fass, R. (2011) ‘The lower esophageal sphincter: The lower esophageal sphincter’, *Neurogastroenterology & Motility*, 23(9), pp. 819–830. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2011.01738.x.

58. Hodges, P.W. and Gandevia, S.C. (2000) ‘Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm’, *Journal of Applied Physiology*, 89(3), pp. 967–976. Available at: https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.3.967.

59. Hodges, P.W. and Richardson, C.A. (1997) ‘Relationship between limb movement speed and associated contraction of the trunk muscles’, *Ergonomics*, 40(11), pp. 1220–1230. Available at: https://doi.org/10.1080/001401397187469.

60. Hrdlička, L. (2001) ‘Čtyřiadvacetihodinová jícnová pH-metrie v diagnostice GERD’, pp. 17–22.

61. Imagama, S. *et al.* (2019) ‘Increase in lumbar kyphosis and spinal inclination, declining back muscle strength, and sarcopenia are risk factors for onset of GERD: a 5-year prospective longitudinal cohort study’, *European Spine Journal*, 28(11), pp. 2619–2628. Available at: https://doi.org/10.1007/s00586-019-06139-2.

62. Järvenpää, P., Arkkila, P. and Aaltonen, L.-M. (2018) ‘Globus pharyngeus: a review of etiology, diagnostics, and treatment’, *European Archives of Oto-Rhino-*

Laryngology, 275(8), pp. 1945–1953. Available at: https://doi.org/10.1007/s00405-018-5041-1.

63. Jayawardena, A.D.L. *et al.* (2020) 'Modified external approach to the pediatric cricopharyngeal myotomy: A case series', *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 132, p. 109899. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.109899.

64. Jozkow, P. *et al.* (2006) 'Gastroesophageal Reflux Disease and Physical Activity':, *Sports Medicine*, 36(5), pp. 385–391. Available at: https://doi.org/10.2165/00007256-200636050-00002.

65. Kahrilas, P. (2003) 'GERD pathogenesis, pathophysiology, and clinical manifestations', *Cleveland Clinic journal of medicine*, 70 Suppl 5, pp. S4-19. Available at: https://doi.org/10.3949/ccjm.70.Suppl_5.S4.

66. Kala, Z. (2003) *Refluxní choroba jícnu*. Praha: Grada-avicenum.

67. Kaltenbach, T., Crockett, S. and Gerson, L.B. (2006) 'Are Lifestyle Measures Effective in Patients With Gastroesophageal Reflux Disease?: An Evidence-Based Approach', *Archives of Internal Medicine*, 166(9), pp. 965–971. Available at: https://doi.org/10.1001/archinte.166.9.965.

68. Karkos, P.D. and Wilson, J.A. (2008) 'The diagnosis and management of globus pharyngeus: our perspective from the United Kingdom', *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 16(6). Available at: https://journals.lww.com/co-otolaryngology/Fulltext/2008/12000/The_diagnosis_and_management_of_globus_pharyngeus_.8.aspx.

69. Kiebles, J.L. *et al.* (2010) 'Do patients with globus sensation respond to hypnotically assisted relaxation therapy? A case series report', *Diseases of the Esophagus*, 23(7), pp. 545–553. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1442-2050.2010.01064.x.

70. Kiese-Himmel, C. (2010) 'Die Globussensation: Eine klinische Übersichtsarbeit', *HNO*, 58(6), pp. 586–594. Available at: https://doi.org/10.1007/s00106-009-2065-2.

71. Kim, Y.M. *et al.* (2019) 'Association between skeletal muscle attenuation and gastroesophageal reflux disease: A health check-up cohort study', *Scientific Reports*, 9(1), p. 20102. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-019-56702-6.

72. Ko, M.-T. *et al.* (2012) 'Do Cervical Degenerative Diseases Associate with Foreign Body Sensation of the Pharynx?', *Dysphagia*, 27(1), pp. 88–93. Available at: https://doi.org/10.1007/s00455-011-9342-4.

73. Kobesova, A. *et al.* (2020) 'Functional postural-stabilization tests according to Dynamic Neuromuscular Stabilization approach: Proposal of novel examination protocol', *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(3), pp. 84–95. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.01.009.

74. Kocjan, J. *et al.* (2017) 'Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review', *Advances in Respiratory Medicine*, 85(4), pp. 224–232. Available at: https://doi.org/10.5603/ARM.2017.0037.

75. Kolář, P. *et al.* (2009) 'Analysis of diaphragm movement, during tidal breathing and during its activation while breath holding, using MRI synchronized with spirometry', *Physiological Research*, pp. 383–392. Available at: https://doi.org/10.33549/physiolres.931376.

76. Kolář, P. *et al.* (2012) 'Postural Function of the Diaphragm in Persons With and Without Chronic Low Back Pain', *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(4), pp. 352–362. Available at: https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3830.

77. Kolář, P. and lewit, K. (2005) 'Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží', (5), pp. 270–275.

78. Komleva, N.E. *et al.* (2017) 'The novel approaches to the rehabilitation of the patients presenting with gastroesophageal reflux disease and co-morbid pathology', *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kul'tury*, 94(2), p. 20. Available at: https://doi.org/10.17116/kurort201794220-23.

79. Kotby, M.N. *et al.* (2010) 'Gastroesophageal reflux/laryngopharyngeal reflux disease: a critical analysis of the literature', *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 267(2), pp. 171–179. Available at: https://doi.org/10.1007/s00405-009-1176-4.

80. Kroupa, R., Ječmenková, M. and Dolina, J. (2013) 'Terapie refluxní nemoci jícnu', (4), pp. 87–91.

81. Kwiatek, M.A. *et al.* (2009) 'Hyperdynamic Upper Esophageal Sphincter Pressure: A Manometric Observation in Patients Reporting Globus Sensation', *The American Journal of Gastroenterology*, 104(2), pp. 289–298. Available at: https://doi.org/10.1038/ajg.2008.150.

82. Kwiatek, M.A. *et al.* (2011) 'Esophageal Symptoms Questionnaire for the assessment of dysphagia, globus, and reflux symptoms: initial development and validation: Esophageal symptom questionnaire validation', *Diseases of the Esophagus*, 24(8), pp. 550–559. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1442-2050.2011.01202.x.

83. Kwiatek, M.A., Pandolfino, J.E. and Kahrilas, P.J. (2011) '3D-high resolution manometry of the esophagogastric junction: 3D-HRM of the esophagogastric junction', *Neurogastroenterology & Motility*, 23(11), pp. e461–e469. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2011.01733.x.

84. Lang, I.M. (2006) 'Upper esophageal sphincter', (1). Available at: https://doi.org/doi:10.1038/gimo12.

85. Lechien, J.R. *et al.* (2022) 'History of Otolaryngology: Globus Pharyngeus as "Globus Hystericus"', *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, p. 019459982210935. Available at: https://doi.org/10.1177/01945998221093517.

86. Lee, B.E. (2012) ‘Globus pharyngeus: A review of its etiology, diagnosis and treatment’, *World Journal of Gastroenterology*, 18(20), p. 2462. Available at: https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i20.2462.

87. Lim, J.-H. (2009) ‘Conservative Treatment of Dysphagia’, *Brain & Neurorehabilitation*, 2(2), p. 108. Available at: https://doi.org/10.12786/bn.2009.2.2.108.

88. Liu, J. *et al.* (2000) ‘Evidence for a peripheral mechanism of esophagocrural diaphragm inhibitory reflex in cats’, *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 278(2), pp. G281–G288. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.2000.278.2.G281.

89. Liu, J. *et al.* (2005) ‘Crural diaphragm inhibition during esophageal distension correlates with contraction of the esophageal longitudinal muscle in cats’, *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 288(5), pp. G927–G932. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.00353.2004.

90. Logemann, J.A. *et al.* (2009) ‘A Randomized Study Comparing the Shaker Exercise with Traditional Therapy: A Preliminary Study’, *Dysphagia*, 24(4), p. 403. Available at: https://doi.org/10.1007/s00455-009-9217-0.

91. Lukáš, K. (1998) *Refluxní choroba diagnostika a léčba pro praxi*. Triton.

92. Lukáš, K. (2003) *Refluxní choroba jícnu*. Praha: Karolínum.

93. Lukáš, K. (2004) ‘Hiátová hernie = refluxní choroba jícnu?.’, (3), pp. 110–115.

94. Lukáš, K. and Hep, A. (2007) *Roma classification III -CESKA A SLOVENSKA GASTROENTEROLOGIE A HEPATOLOGIE*.

95. Ma, S.D., Patel, V. and Yadlapati, R. (2022) ‘Factors that Impact Day-to-Day Esophageal Acid Reflux Variability and Its Diagnostic Significance for Gastroesophageal Reflux Disease’, *Digestive Diseases and Sciences*, 67(7), pp. 2730–2738. Available at: https://doi.org/10.1007/s10620-022-07496-7.

96. Madle, K. *et al.* (2022) ‘Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions’.

97. Martínek, J. (2006) ‘Laparoskopická operace dle Nissena-Rossetiho’, *Česká a Slovenská Gastroenterologie a Hepatologie* [Preprint], (3).

98. Mashimo, H. and Goyal, R.K. (2006) ‘Physiology of esophageal motility’.

99. Mcculloch, T.M., Hoffman, M.R. and Ciucci, M.R. (2010) ‘High-Resolution Manometry of Pharyngeal Swallow Pressure Events Associated with Head Turn and Chin Tuck’, *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 119(6), pp. 369–376. Available at: https://doi.org/10.1177/000348941011900602.

100. Mittal, R.K. *et al.* (1995) ‘Influence of breathing pattern on the esophagogastric junction pressure and esophageal transit’, *American Journal of*

Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 269(4), pp. G577–G583. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.1995.269.4.G577.

101. Mittal, R.K. (2013) 'Esophageal Sphincter Device/Antireflux Surgery: Who Needs It?', *Gastroenterology*, 145(3), pp. 679–681. Available at: https://doi.org/10.1053/j.gastro.2013.07.030.

102. Mittal, R.K., Rochester, D.F. and McCallum, R.W. (1988) 'Electrical and mechanical activity in the human lower esophageal sphincter during diaphragmatic contraction.', *Journal of Clinical Investigation*, 81(4), pp. 1182–1189. Available at: https://doi.org/10.1172/JCI113433.

103. Neto, R.M.L. *et al.* (2019) 'Does DeMeester score still define GERD?', *Diseases of the Esophagus*, 32(5), p. doy118. Available at: https://doi.org/10.1093/dote/doy118.

104. Neumannova, K. *et al.* (2020) 'Respiratory muscle function in patients with gastroesophageal reflux disease with extraesophageal symptoms', in *Physiotherapists*. European Respiratory Society, p. 2883. Available at: https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2020.2883.

105. Nicodème, F. *et al.* (2013) 'Esophagogastric Junction pressure morphology: comparison between a station pull-through and real-time 3D-HRM representation', *Neurogastroenterology & Motility*, 25(9), pp. e591–e598. Available at: https://doi.org/10.1111/nmo.12168.

106. Niedringhaus, M. *et al.* (2008) 'Dorsal motor nucleus of the vagus: a site for evoking simultaneous changes in crural diaphragm activity, lower esophageal sphincter pressure, and fundus tone', *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 294(1), pp. R121–R131. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpregu.00391.2007.

107. Nobre e Souza, M.Â. *et al.* (2013) 'Inspiratory muscle training improves antireflux barrier in GERD patients', *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 305(11), pp. G862–G867. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.00054.2013.

108. North, C.S. (2007) 'Relationship of functional gastrointestinal disorders and psychiatric disorders: Implications for treatment', *World Journal of Gastroenterology*, 13(14), p. 2020. Available at: https://doi.org/10.3748/wjg.v13.i14.2020.

109. Norton, P. *et al.* (2021) 'The upper esophageal sphincter in the high-resolution manometry era', *Langenbeck's Archives of Surgery*, 406(8), pp. 2611–2619. Available at: https://doi.org/10.1007/s00423-021-02319-1.

110. Novak, J. *et al.* (2021) 'Intra-abdominal pressure correlates with abdominal wall tension during clinical evaluation tests', *Clinical Biomechanics*, 88, p. 105426. Available at: https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2021.105426.

111. O'Sullivan, P.B. (2000) 'Masterclass. Lumbar segmental "instability": clinical presentation and specific stabilizing exercise management', *Manual Therapy*, 5(1), pp. 2–12. Available at: https://doi.org/10.1054/math.1999.0213.

112. Pandolfino, J.E. *et al.* (2007) 'High-Resolution Manometry of the EGJ: An Analysis of Crural Diaphragm Function in GERD', *Official journal of the American College of Gastroenterology | ACG*, 102(5). Available at: https://journals.lww.com/ajg/Fulltext/2007/05000/High_Resolution_Manometry_of_the_EGJ__An_Analysis.22.aspx.

113. Pang, L., Sareen, R. and Gorecki, A. (2021) 'Medical and psychiatric differential diagnoses of pediatric globus sensation: A case study with review discussion', *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 26(4), pp. 1053–1061. Available at: https://doi.org/10.1177/13591045211026046.

114. Paris, S. *et al.* (2021) 'Obesity and its effects on the esophageal mucosal barrier', *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 321(3), pp. G335–G343. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.00199.2021.

115. Patrick, L. (2011) 'Gastroesophageal reflux disease (GERD): a review of conventional and alternative treatments', *Alternative Medicine Review: A Journal of Clinical Therapeutic*, 16(2), pp. 116–133.

116. Pickering, M. and Jones, J.F.X. (2002) 'The diaphragm: two physiological muscles in one', *Journal of Anatomy*, 201(4), pp. 305–312. Available at: https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2002.00095.x.

117. Pouderoux, P., Verdier, E. and Kahrilas, P.J. (2003) 'Patterns of esophageal inhibition during swallowing, pharyngeal stimulation, and transient LES relaxation', *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 284(2), pp. G242–G247. Available at: https://doi.org/10.1152/ajpgi.00301.2002.

118. Qiu, K. *et al.* (2020) 'The effect of breathing exercises on patients with GERD: a meta-analysis', *Annals of Palliative Medicine; Vol 9, No 2 (March 2020): Annals of Palliative Medicine* [Preprint]. Available at: https://apm.amegroups.com/article/view/38240 (Accessed: 1 January 2020).

119. Rohof, W.O.A. and Bredenoord, A.J. (2017) 'Chicago Classification of Esophageal Motility Disorders: Lessons Learned', *Current Gastroenterology Reports*, 19(8), p. 37. Available at: https://doi.org/10.1007/s11894-017-0576-7.

120. Roman, S. *et al.* (2017) 'Ambulatory reflux monitoring for diagnosis of gastro-esophageal reflux disease: Update of the Porto consensus and recommendations from an international consensus group', *Neurogastroenterology & Motility*, 29(10), p. e13067. Available at: https://doi.org/10.1111/nmo.13067.

121. Rumbach, A.F. *et al.* (2020) 'Laryngeal Symptoms in Weightlifting Athletes', *Journal of Voice*, 34(6), p. 964.e1-964.e10. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.06.004.

122. Sami, S. and Ragunath, K. (2013) 'The Los Angeles Classification of Gastroesophageal Reflux Disease', *Video Journal and Encyclopedia of GI Endoscopy*, 1(1), pp. 103–104. Available at: https://doi.org/10.1016/S2212-0971(13)70046-3.

123. Săraru, E.-R. *et al.* (2021) ‘Advances in the diagnosis of GERD’, *Romanian Journal of Internal Medicine*, 59(1), pp. 3–9. Available at: https://doi.org/10.2478/rjim-2020-0027.

124. Shafik, A. *et al.* (2005) ‘On the pathogenesis of gastroesophageal reflux: The concept of gastroesophageal dyssynergia’, *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 130(2), pp. 401–407. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2004.08.048.

125. Shaker, R., Babaei, A. and Naini, S.R. (2014) ‘Prevention of esophagopharyngeal reflux by augmenting the upper esophageal sphincter pressure barrier’, *The Laryngoscope*, 124(10), pp. 2268–2274. Available at: https://doi.org/10.1002/lary.24735.

126. Sidhu, A.S. and lopoulos, G.T. (2008) ‘Neuro-regulation of lower esophageal sphincter function as treatment for gastroesophageal refl ux disease’, *World Journal of Gastroenterology*, 14(7), p. 985. Available at: https://doi.org/10.3748/wjg.14.985.

127. da Silva, R.C.V. *et al.* (2013) ‘Increase of lower esophageal sphincter pressure after osteopathic intervention on the diaphragm in patients with gastroesophageal reflux’, *Diseases of the Esophagus*, 26(5), pp. 451–456. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1442-2050.2012.01372.x.

128. Silvers, S.L. (2014) ‘Nonrandomized Prospective Study of an Upper Esophageal Sphincter (UES) Assist Device for Treating Laryngopharyngeal Reflux’, *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 151(1_suppl), pp. P44–P44. Available at: https://doi.org/10.1177/0194599814541627a50.

129. Simons, D.G., Travell, J.G. and Simons, L.S. (1999) *Travell & Simons’ myofascial pain and dysfunction: upper half of body*. 1st edn.

130. Sivarao, D.V. and Goyal, R.K. (2000) ‘Functional anatomy and physiology of the upper esophageal sphincter’, *The American Journal of Medicine*, 108(4), pp. 27–37. Available at: https://doi.org/10.1016/S0002-9343(99)00337-X.

131. Smith, M.D., Russell, A. and Hodges, P.W. (2008) ‘How Common Is Back Pain in Women With Gastrointestinal Problems?’, *The Clinical Journal of Pain*, 24(3), pp. 199–203. Available at: https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e31815d3601.

132. Spechler, S.J. (2011) ‘American Gastroenterological Association Medical Position Statement on the Management of Barrett’s Esophagus’, *Gastroenterology*, 140(3), pp. 1084–1091. Available at: https://doi.org/10.1053/j.gastro.2011.01.030.

133. Stuge, B. (2019) ‘Evidence of stabilizing exercises for low back- and pelvic girdle pain – a critical review’, *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(2), pp. 181–186. Available at: https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.11.006.

134. Sugimoto, M. *et al.* (2016) ‘Improvement of gastroesophageal reflux disease in Japanese patients with spinal kyphotic deformity who underwent surgical spinal correction’, *Digestive Endoscopy*, 28(1), pp. 50–58. Available at: https://doi.org/10.1111/den.12543.

135. Sun, X. *et al.* (2016) ‘Short-term and long-term effect of diaphragm biofeedback training in gastroesophageal reflux disease: an open-label, pilot, randomized trial: DBT for treatment of GERD’, *Diseases of the Esophagus*, 29(7), pp. 829–836. Available at: https://doi.org/10.1111/dote.12390.

136. Szczesniak, M.M., Williams, R.B. and Cook, I.J. (2011) ‘Mechanisms of Esophago-Pharyngeal Acid Regurgitation in Human Subjects’, *PLoS ONE*. Edited by W. El-Rifai, 6(7), p. e22630. Available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022630.

137. Talley, N.J. and Zand Irani, M. (2021) ‘Optimal management of severe symptomatic gastroesophageal reflux disease’, *Journal of Internal Medicine*, 289(2), pp. 162–178. Available at: https://doi.org/10.1111/joim.13148.

138. Tawil, J. and Fass, R. (2018) ‘Globus: Current Concepts and Dilemmas’, *Journal of Clinical Gastroenterology*, 52(10), pp. 845–852. Available at: https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001129.

139. Tieu, B.H. and Hunter, J.G. (2011) ‘Management of Cricopharyngeal Dysphagia With and Without Zenker’s Diverticulum’, *Thoracic Surgery Clinics*, 21(4), pp. 511–517. Available at: https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2011.08.008.

140. Tokashiki, R., Funato, N. and Suzuki, M. (2010) ‘Globus sensation and increased upper esophageal sphincter pressure with distal esophageal acid perfusion’, *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 267(5), pp. 737–741. Available at: https://doi.org/10.1007/s00405-009-1134-1.

141. Tutuian, R. *et al.* (2003) ‘Multichannel intraluminal impedance in esophageal function testing and gastroesophageal reflux monitoring’, *J Clin Gastroenterol*, 37, pp. 206–215.

142. Uriona, T.J. *et al.* (2005) ‘Structure and function of the esophagus of the American alligator(*Alligator mississippiensis*)’, *Journal of Experimental Biology*, 208(16), pp. 3047–3053. Available at: https://doi.org/10.1242/jeb.01746.

143. Vaezi, M.F. *et al.* (2014) ‘725 A Multi-Center Prospective Study of the Upper Esophageal Sphincter (UES) Assist Device for the Treatment of Extraesophageal Reflux’, *Gastroenterology*, 146(5), p. S-128. Available at: https://doi.org/10.1016/S0016-5085(14)60457-1.

144. Vela, M. *et al.* (2015) *Refluxní choroba jícnu - GERD*. Praha: Grada Publishing.

145. W Hodges, P. *et al.* (2005) ‘Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine’, *Journal of Biomechanics*, 38(9), pp. 1873–1880. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.08.016.

146. Weijenborg, P.W., Kessing, B.F. and Smout, A.J.P.M. (2013) ‘Gastroesophageal Reflux Disease: Pathophysiology’, pp. 3–25.

147. Weltz, A.S. *et al.* (2021) ‘The impact of laparoscopic anti-reflux surgery on quality of life: do patients with atypical symptoms benefit?’, *Surgical Endoscopy*, 35(6), pp. 2515–2522. Available at: https://doi.org/10.1007/s00464-020-07665-7.

148. Wiklund, I., Carlsson, J. and Vakil, N. (2006) ‘Gastroesophageal Reflux Symptoms and Well-Being in a Random Sample of the General Population of a Swedish Community’, *Official journal of the American College of Gastroenterology | ACG*, 101(1). Available at: https://journals.lww.com/ajg/Fulltext/2006/01000/Gastroesophageal_Reflux_Symptoms_and_Well_Being_in.7.aspx.

149. Wykypiel, H. *et al.* (2008) ‘Laparoscopic partial posterior (Toupet) fundoplication improves esophageal bolus propagation on scintigraphy’, *Surgical Endoscopy*, 22(8), pp. 1845–1851. Available at: https://doi.org/10.1007/s00464-007-9719-5.

150. Yadlapati, R. *et al.* (2022) ‘Upper Esophageal Sphincter Compression Device as an Adjunct to Proton Pump Inhibition for Laryngopharyngeal Reflux’, *Digestive Diseases and Sciences*, 67(7), pp. 3045–3054. Available at: https://doi.org/10.1007/s10620-021-07172-2.

151. Young, R.L. *et al.* (2010) ‘Sensory and Motor Innervation of the Crural Diaphragm by the Vagus Nerves’, *Gastroenterology*, 138(3), pp. 1091-1101.e5. Available at: https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.08.053.

152. Zanation, A.M. and Senior, B.A. (2005) ‘The relationship between extraesophageal reflux (EER) and obstructive sleep apnea (OSA)’, *Sleep Medicine Reviews*, 9(6), pp. 453–458. Available at: https://doi.org/10.1016/j.smrv.2005.05.003.

153. Zdrhova, L. *et al.* (2022) ‘Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review’, *Dysphagia* [Preprint]. Available at: https://doi.org/10.1007/s00455-022-10494-6.

154. Zeleník, K. (2013) ‘Definice základních pojmů, historie a epidemiologie.’, in. Havlíčkův Brod: Tobiáš., pp. 18–23.

6 Seznam publikací

Původní vědecké práce, které jsou podkladem této disertační práce

1. Zdrhova L, **Bitnar P**, Balihar K, Kolar P, Madle K, Martinek M, Pandolfino JE, Martinek J. Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review: Dysphagia. 2022, In press. (**IF_{2021} 2.733**).
2. Madle K, Svoboda P, Stribrny M, Novak J, Kolar P, Busch A, Kobesova A, **Bitnar P** Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions: Musculoskeletal Science and Practice. 2022, In press. **(IF_{2021} 2.658)**
3. **Bitnar P**, Stovicek J, Hlava S, Kolar P, Arlt J, Arltova M, Beranova K, Busch A, Kobesova A. Manual cervical traction and trunk stabilization cause significant changes in upper and lower esophageal sphincter: A randomized trial. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. 2021 May;44(4):344-351. doi: 10.1016/j.jmpt.2021.01.004. **IF_{2021} = 1.300**
4. **Bitnar P**, Stovicek J, Andel R, Arlt J, Arltova M, Smejkal M, Kolar P, Kobesova A. Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease. J Bodyw Mov Ther. 2016 Jul;20(3):518-24. doi:10.1016/j.jbmt.2015.12.002. (**Impact Score, IS_{2015} 1.46**).

Původní vědecké a pedagogické práce, které nejsou podkladem disertační práce

Kapitoly v zahraničních monografiích

1. Kolář P, Kobesová A, Valouchová P, **Bitnar P**. Dynamic Neuromuscular Stabilization: assessment methods In: Chaitow L., et al., Recognizing and Treating Breathing Disorders, USA: Elsevier Books, 2013, ISBN: 070-204-98-08
2. **Bitnar P**. autor a spoluautor kapitol In: Kolář, P ed. Clinical rehabilitation, Alena Kobesová, 2013., ISBN: 978-80-905438-0-5

Kapitoly v českých monografiích

1. **Bitnar P**. Hlavní spoluautor a autor kapitol In: Kolář P., et al. Rehabilitace v klinické praxi. 1st ed, Praha, Galén, 2020. ISBN: 978-80-7492-500-9
2. **Bitnar P**. Viscerální rehabilitace. In: Höschl C., Rokyta R. Bolest a regenerace v medicíně, Praha, Axonite, 2016 ISBN: 978-80-88046-03-5
3. **Bitnar P**, Kolář P, Gáboríková M. Rehabilitace u funkčních poruch dolního trávicího traktu In: Škába R., Dětská proktologie pro praxi. Praha: Mladá Fronta, 2019 ISBN: 978-80-204-5514-7
4. **Bitnar P**, Šulc J. Rehabilitace u gastroesofageální refluxní choroby jícnu. In : Pohunek P, Koťátko P, Tuková J. Dětská pneumologie, Praha: Mladá Fronta, 2018 ISBN: 978-80-204-4912-2.
5. **Bitnar P**. Bolesti na hrudi z pohledu fyzioterapeuta In: Lukáš K, Kautzner J, Hoch, J. Bolest na hrudi, Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3099-3

Abstrakta s impakt faktorem:

1. **Bitnar P,** Hlava Š, Štovíček J, Kobesová A. Diaphragm in the role of esophageal sphincter and possibilities of treatment of esophageal reflux disease using physiotherapeutic procedures. Conference: 28th International Congress of the European-Respiratory-Society (ERS). EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL Volume: 52 Supplement: 62 Meeting Abstract: PA2446 Published: SEP 15 2018. **IF 12,244**
2. Bitnar P, Šulc J, Smejkal M, Šnajdauf J, Slabý K, Kolář P. Serial study on lung function in adolescents before and after the repair of chest wall deformities, Conference: 23th International Congress of the European-Respiratory-Society (ERS). EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL Volume: 42 Supplement: 57 Meeting Abstract: PA 2657 Published: 2013 . **IF 12,244**
3. **Bitnar P**, Smejkal M, Dolina J, Šťovíček J, Hep A, Brandtl P, Kolář P. Crural diaphragm function monitoring in the lower esophageal sphincter area Conference : 11th World Congress of OESO, Como, Italy September 1-4, 2012 . J Clin Gastroenterol 47/; 2013. **IF 2,72**

Recenzované časopisy ČJ:

1. Smejkal M, **Bitnar P**, Adámek S, Šťovíček J, Polanecký P, Lischke R. Rehabilitace a moderní přístup v léčbě syndromu solitárního rektálního vředu /Rehabilitation and modern approaches to the treatmentof solitary rectal ulcer syndrome/. Gastroent Hepatol, 2014; 68(5): 451–455 ISSN 1804-7874

Popularizační práce

1. **Bitnar P**. Bolesti břicha v dětském věku, Umění fyzioterapie (odborný časopis), Praha, 2019 ISSN 2464-6784
2. **Bitnar P.** Bolesti hlavy a vybrané ne zcela typické trigger pointy, Umění fyzioterapie (odborný časopis), Praha, 2020 ISSN 2464-6784
3. **Bitnar P.** Vybrané kapitoly myofasciálního bolestivého syndromu v oblasti pánve, Umění fyzioterapie (odborný časopis), Praha, 2022 ISSN 2464-6784

Výukové videomateriály - DVD

1. Bitnar P. Diagnostika a terapie vnitřních orgánů. FYZIOWEB: PRŮVODCE LÉČBOU A PREVENCÍ PORUCH HYBNÉHO SYSTÉMU Autoři: PaedDr. Jiří Vlček a PhDr. Miroslav Dobeš. www. fyzioweb.cz

7 Přílohy

Příloha 1: Publikace

Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review: Lucie Zdrhova, **Petr Bitnar,** Karel Balihar, Pavel Kolar, Katerina Madle, Milan Martinek, · John Erik Pandolfino, Jan Martinek**.** *Dysphagia. 2022, In press. (IF_{2021} 2.733)*

Příloha 2: Publikace

Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions: Katerina Madle, Petr Svoboda, Martin Stribrny, Jakub Novak, Pavel Kolar, Andrew Busch, Alena Kobesova, **Petr Bitnar.** *Musculoskeletal Science and Practice. 2022, In press. (IF_{2021} 2.658).*

Příloha 3: Publikace

Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease: **Petr Bitnar,** Jan Stovicek, Ross Andel, Josef Arlt, Marketa Arltova, Milan Smejkal, Pavel Kolar, Alena Kobesova
Journal of Bodywork and Movement Therapies, 2015 (Impact Score, IS_{2015} 1.46). http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

Příloha 4: Publikace

Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial: **Petr Bitnar,** Jan Stovicek, Stepan Hlava, Pavel Kolar, Josef Arlt, Marketa Arltova, Katerina Madle, Andrew Busch, Alena Kobesova. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 2021 (IF_{2021} = 1.300). https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2021.01.004*

Příloha 1

Dysphagia
https://doi.org/10.1007/s00455-022-10494-6

REVIEW

Breathing Exercises in Gastroesophageal Reflux Disease: A Systematic Review

Lucie Zdrhova[1,2] · Petr Bitnar[3] · Karel Balihar[1] · Pavel Kolar[2,3] · Katerina Madle[2] · Milan Martinek[4] · John Erik Pandolfino[5] · Jan Martinek[6]

Received: 22 January 2022 / Accepted: 1 July 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2022

Abstract
The pathogenesis of gastroesophageal reflux disease (GERD) is multifactorial. The severity of abnormal reflux burden corresponds to the dysfunction of the antireflux barrier and inability to clear refluxate. The crural diaphragm is one of the main components of the esophagogastric junction and plays an important role in preventing gastroesophageal reflux. The diaphragm, as a skeletal muscle, is partially under voluntary control and its dysfunction can be improved via breathing exercises. Thus, diaphragmatic breathing training (DBT) has the potential to alleviate symptoms in selected patients with GERD. High-resolution esophageal manometry (HRM) is a useful method for the assessment of antireflux barrier function and can therefore elucidate the mechanisms responsible for gastroesophageal reflux. We hypothesize that HRM can help define patient phenotypes that may benefit most from DBT, and that HRM can even help in the management of respiratory physiotherapy in patients with GERD. This systematic review aimed to evaluate the current data supporting physiotherapeutic practices in the treatment of GERD and to illustrate how HRM may guide treatment strategies focused on respiratory physiotherapy.

Keywords Diaphragmatic breathing training · Gastroesophageal reflux disease · High-resolution manometry

Introduction

Gastroesophageal reflux disease (GERD) is a global health issue affecting a significant part of our population. Traditionally, GERD has been considered a disease of middle-aged adults and the elderly, but in the last decade, there has been an increase in the prevalence of GERD in younger patients—probably due to the rise in obesity [1]. A combination of multiple risk factors, most of which are related to lifestyle, usually contributes to the development of reflux symptoms [2].

In addition to lifestyle changes (including dietary changes, weight reduction, and smoking cessation), antisecretory treatment with proton pump inhibitors (PPIs) remains the main therapeutic approach that improves both symptoms and quality of life in most patients with GERD—especially in those with reflux esophagitis. However, this treatment does not target the mechanisms of reflux, as it does not strengthen the antireflux barrier or promote esophageal refluxate clearance. Thus, long-term antisecretory treatment is often necessary. Patients who do not adequately respond to pharmaceutical interventions should undergo upper endoscopy and esophageal testing—specifically, pH metry with impedance to phenotype the GERD and optimize patient treatment [3]. Endoscopy and high-resolution esophageal manometry (HRM) help define the integrity of the antireflux barrier and the anatomy of the gastroesophageal flap valve. HRM may also assess peristaltic function, which is important for

✉ Lucie Zdrhova
zdrhoval@fnplzen.cz

1 First Department of Internal Medicine, Pilsen University Hospital, Charles University in Prague, Alej Svobody 80, Pilsen 304 06, Czech Republic

2 Pavel Kolar's Centre of Physical Medicine, Prague, Czech Republic

3 Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2nd Faculty of Medicine, Charles University in Prague and Motol University Hospital, Prague, Czech Republic

4 Faculty of Physical Education and Sport, Charles University in Prague, Prague, Czech Republic

5 Division of Gastroenterology and Hepatology, Feinberg School of Medicine, Northwestern University, Evanston, USA

6 Department of Hepatogastroenterology, Institute for Clinical and Experimental Medicine, IKEM, Prague, Czech Republic

Published online: 16 July 2022

refluxate clearance. Currently, the only standard therapeutic procedure that results in the recovery of the antireflux barrier is antireflux surgery. Laparoscopic fundoplication not only restores the anatomical properties of esophagogastric junction (EGJ), but also reduces the frequency of transient lower esophageal sphincter relaxation (TLESr), including reflux-associated TLESr, which is considered the main pathophysiological mechanism of GERD [4, 5]. Conversely, endoscopic techniques (for example, controlled delivery of radiofrequency energy [Stretta] at the level of lower esophageal sphincter [LES] or devices intended for transoral incisionless fundoplication [Esophyx, MUSE]) mainly affect the distensibility of the EGJ and do not target hiatus hernia or the crural defect [6].

Respiratory physiotherapy to strengthen inspiratory muscles, especially the diaphragm, can improve the function of the antireflux barrier [7–9]. This approach is a comprehensive procedure leading to an improvement of chest expansivity, airway clearance, and the enhancement of respiratory muscles. Breathing exercises or diaphragmatic breathing training (DBT), using various techniques to increase the muscle tone of the diaphragm, are part of this procedure, but specific devices with controllable resistance of inhaled air can also be used. Besides DBT, effective physiotherapeutic techniques involving visceral manipulation might improve the function of myofascial tissue and respiratory muscles, as a result. However, breathing exercises are still not recognized as a standard means for GERD management because scientific evidence is lacking in this area. Moreover, the selection of patients who might benefit from respiratory physiotherapy is not well understood.

This systematic review aimed to assess the effectiveness of breathing exercises in patients with GERD and demonstrate the usefulness of HRM in GERD treatment guidance. Moreover, we characterized specific respiratory techniques, using visual documentation, which may be of practical benefit to both gastroenterologists and physiotherapists in understanding how breathing exercises affect the antireflux barrier

Role of the Diaphragm as an Antireflux Barrier

The diaphragm is a striated flat muscle separating the thoracic and abdominal cavities, and is considered to be the main inspiratory muscle. It also serves as a postural stabilizer, and the crural diaphragm (CD) is an important component of the antireflux barrier [10, 11]. Studies quantifying the CD within the EGJ concluded that approximately 85% of overall EGJ contractility is attributable to the diaphragm [12]. As a skeletal muscle, the diaphragm is partially under voluntary control and its dysfunction can be improved by various techniques of respiratory physiotherapy. Strengthening the diaphragm may also have beneficial effects on the other components of the antireflux barrier—not only the EGJ.

Ideal involvement of the diaphragm in these functions requires maintenance of the caudal position of the chest, which is ensured by the balanced activity of the abdominal and pectoral muscles, and upper chest fixators [10]. Most patients with GERD typically have an imbalance in the auxiliary respiratory muscles, with their chest taking the inspiratory position that is labeled “open scissors syndrome” among respiratory physiotherapists (Fig. 1) [11]. Open scissors syndrome posture is an example of impaired lumbar spine stabilization, with the disturbed position of the thoracic and pelvic planes. This subsequently leads to a change in breathing pattern, with reduced activity of the CD. Moreover, it may also result in LES-CD separation, which is considered a significant risk factor for GERD, further leading to the development of hiatus hernia [13]. On the other hand, all activities that increase the diaphragm's demands on its postural function, such as coughing, the Valsalva maneuver, or lifting the limbs, may lead to a reflexive increase in LES tone [6, 14]. Additionally, due to the increased activity of the diaphragm, both EGJ competence and relaxation change. Reduced EGJ compliance forces the esophagus to exert greater contractile vigor during swallowing. Thus, improved diaphragmatic function may result in better esophageal peristalsis, which is an essential component of the antireflux barrier [15–17].

HRM as a Useful Tool in the Management of Respiratory Physiotherapy

HRM has become a crucial part of the diagnostic procedure in patients with PPI refractory symptoms. Evaluation of the morphology and integrity of the EGJ has become a priority in the new version of the Chicago classification [12]. HRM not only provides parameters assessing the function of the antireflux barrier, but also allows the evaluation of the esophageal reserve, using various provocation maneuvers [13, 18]. Basal LES tone, presence of LES-CD separation, or esophageal contractile vigor are the main parameters describing the integrity and function of the antireflux barrier. HRM, and especially three-dimensional HRM, has enabled detailed imaging of the EGJ and provided insight into the functional contribution of indiviual EGJ components. This reveals a number of new parameters, such as the EGJ contractile integral (EGJ-CI), which also have predictive value in assessing the severity of GERD [19, 20]. Moreover, a number of these parameters directly reflect diaphragmatic function, especially LES-CD separation or inspiratory augmentation [16], supporting the importance of focusing on the diaphragm in the therapeutic approach to GERD.

HRM may be a very useful tool in guiding respiratory physiotherapy itself, since various respiratory techniques

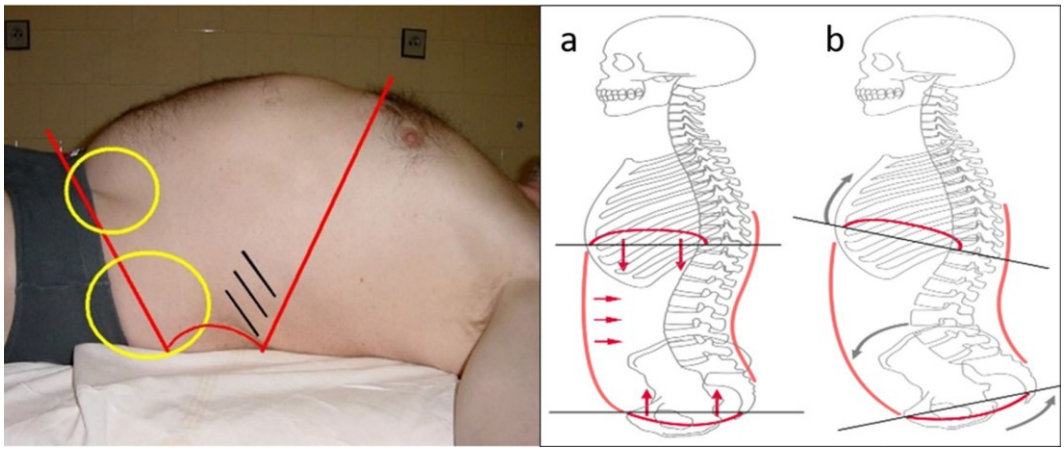


Fig. 1 Open scissors syndrome. *Left:* An example of impaired lumbar spine stabilization. The red lines represent the plane of the chest (diaphragm) and pelvis (with their incorrect positions), and lordotization of the lumbar spine in the so-called "open scissors syndrome." The yellow circles indicate a loss of abdominal muscle function. The black lines represent a defect in the position of the lower ribs. *Right:* Schematic representation of the ideal and disturbed positions of the planes of the chest, pelvis, and lumbar spine. **a** Ideal position, with the planes of the diaphragm and pelvis placed horizontally above each other; **b** instability of the lumbar spine, with incorrect position of individual body segments corresponding to open scissor posture *(reprinted with permission of Petr Bitnar)*

performed during manometric examination may reveal not only EGJ dysfunction (Fig. 2), but also esophageal reserves (Fig. 3) that may not be apparent from standard assessments. This may help to understand the mechanism of reflux in a particular patient, creating a more appropriate therapeutic approach, as well as determine the appropriate load of breathing exercises. Signs indicating a more severe degree of antireflux barrier incompetence (for example, hypotensive LES or hiatus hernia), should further influence the therapeutic process. Moreover, patients who undergo DBT during treatment need to be motivated, since only regularly performed exercises have the potential to improve the antireflux barrier over time. HRM objectively and very clearly demonstrates the exact changes in EGJ function and esophageal clearance, obvious to patients themselves (Figs. 4 and 5). Therefore, HRM has the potential to be used as a method for biofeedback treatment for GERD patients. Halland and colleagues have used this approach in patients with rumination syndrome [21]. The researchers used postprandial HRM not only for diagnosis, but also for DBT in patients suffering from rumination. The study demonstrated both good tolerance of HRM during training, as well as its beneficial effect in reducing the disturbed gastroesophageal pressure gradient that is responsible for rumination.

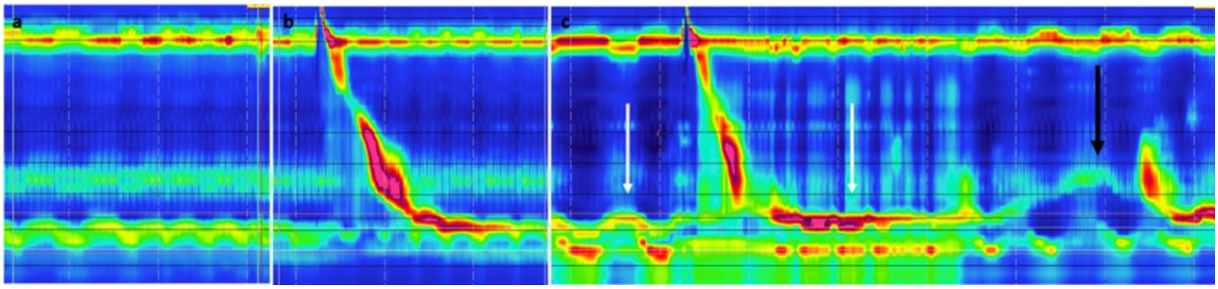


Fig. 2 Esophagogastric junction (EGJ) dysfunction revealed during contraction of the abdominal muscles in the manometric study. Increased EGJ compliance may not be apparent until intra-abdominal pressure has increased. Various physical activities performed during manometric examination may reveal EGJ dysfunction. In this case, an abdominal strengthening exercise with leg raises showed the disruption of the EGJ (**c**) with lower esophageal sphincter-crural diaphragm separation of a size of 2.5 cm (white arrows), and by apparent transient lower esophageal sphincter relaxation (black arrow). EGJ dysfunction was visible neither during the resting phase (**a**) nor during swallowing (**b**)

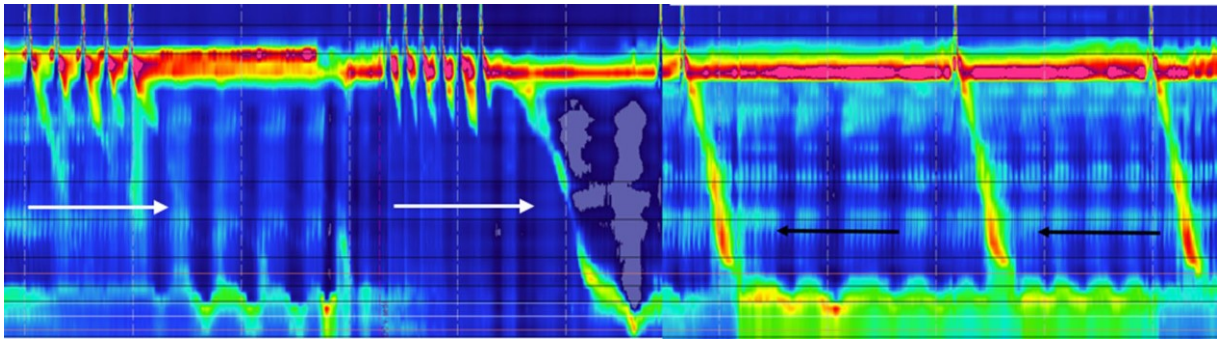


Fig. 3 Increase in esophageal contractility during diaphragmatic breathing training (DBT). Provocative tests such as multiple rapid swallow or rapid drink challenge are used to determine the contractile reserve of the esophageal body during manometry. An increase in the tonic activity of the crural diaphragm during DBT leads to a decrease in esophagogastric junction (EGJ) relaxation during deglutition. Reduced EGJ relaxation represents some degree of obstruction in EGJ flow that is accompanied by an increase in esophageal contractility (black arrows). Therefore, application of DBT may demonstrate contractile reserve of the esophageal body that is not apparent when using the provocative tests during standard manometry studies (white arrows indicate where we usually expect augmented peristalsis)

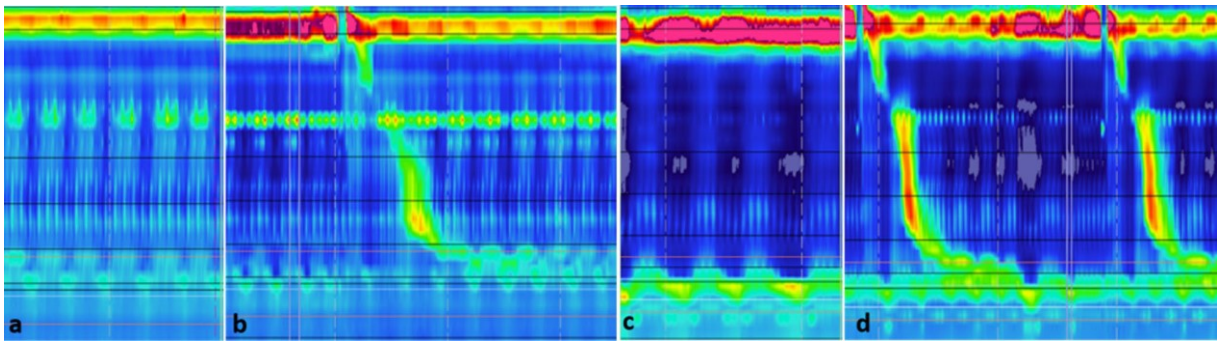


Fig. 4 High-resolution manometry (HRM) before and after respiratory physiotherapy in a case of hypotensive lower esophageal sphincter (LES). The finding on HRM shows an increase in the tone of the LES after respiratory physiotherapy was applied in a patient with initial hypotensive LES. *Left:* Evaluation in the landmark (**a**) and in a swallow (**b**) before respiratory physiotherapy (mean LES pressure 7.9 mmHg). *Right:* Evaluation in the landmark (**c**) and in a swallow (**d**) after respiratory physiotherapy (mean LES pressure 33.3 mmHg)

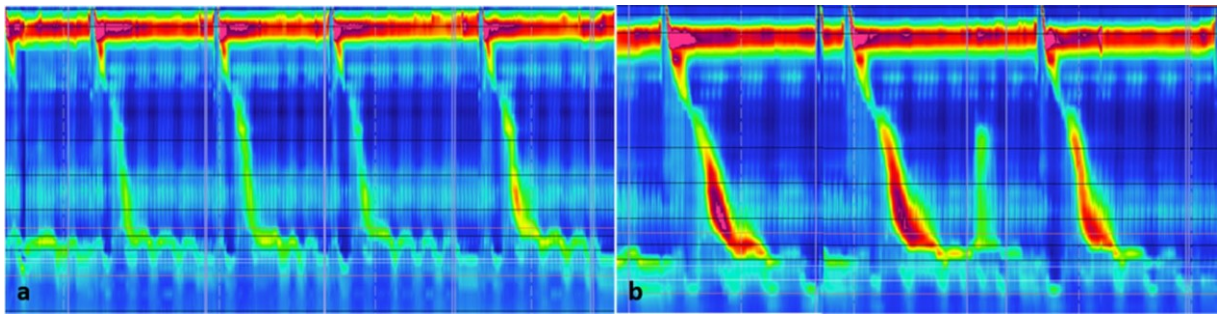


Fig. 5 High-resolution manometry (HRM) before and after respiratory physiotherapy in a case of ineffective esophageal motility (IEM). The finding on HRM shows an increase in the contractile vigor of the esophagus after respiratory physiotherapy was applied in a patient with initial IEM (assessed according Chicago classification v3.0). **a** Evaluation of esophageal contractility before respiratory physiotherapy (mean distal contractile integral [DCI] 632 mmHg.cm.s; half of all swallows were weak); **b** Evaluation of esophageal contractility after respiratory physiotherapy (mean DCI 1620 mmHg.cm.s; no swallows were weak)

Respiratory Physiotherapy in Patients with GERD

Although respiratory physiotherapy includes various techniques focused particularly on improving diaphragmatic function, there are many ways to perform breathing exercises. The main goal is to change the breathing pattern from thoracic to abdominal, where abdominal breathing is the ideal breathing pattern. For optimal activation of the diaphragm during DBT, caudal position of the chest is necessary [10, 11]. The caudalization of the chest itself will increase the involvement of the diaphragm in the EGJ, as showed in Fig. 6. Chest caudalization may also reduce esophageal shortening—one of the key events leading to EGJ opening during TLESr [5]. The manual contact of the therapist helps not only to maintain the correct position of the chest during breathing exercises, but enables the patient to focus on activating all parts of the diaphragm, i.e., to breath into the ventral, lateral, and dorsal parts of the abdominal cavity. Greater involvement of the diaphragm is achieved by increasing diaphragmatic postural activity, through various maneuvers [6, 10]. As shown in Fig. 6, triflexion of the lower limbs, used by physiotherapists for ideal co-activation of trunk muscles, increases the postural demands on diaphragm, resulting in higher diaphragmatic involvement in EGJ pressure. Triflexion of the lower limbs also enables the gradual increase in exercise load, which is very important in patients with suspected higher order EGJ dysfunction. Despite the more severe degree of dysfunction of the antireflux barrier, DBT is a suitable form of regular physical activity that can improve physical condition, in addition to improving GERD symptoms [22]. DBT can also prevent, for example, the development of lower back pain, since this condition is highly associated with open scissor syndrome [11].

The role of physiotherapists for patients with GERD is not only in guiding physiotherapy. Physiotherapists also help treat another musculoskeletal system dysfunctions, such as reduced back muscle strength, scoliosis and kyphosis, or cervical vertebropathy, which are closely related to GERD [23–25]. Patients with GERD are generally less active than those without GERD [26]; however, strenuous physical activity in individuals with EGJ dysfunction may be predisposed to exercise-induced reflux. Increased EGJ compliance presents in GERD patients (even in those without hiatus hernia) and is likely to be partially responsible for the reflux that occurs during increased intra-abdominal pressure [27].

Methods

We performed an online search to identify relevant clinical trials regarding the effect of respiratory physiotherapy in patients with GERD. English language databases (Pubmed, Cochrane library, Google scholar) were used for the search, with the following keywords: “reflux”, “reflux disease”, “GERD”, “gastroesophageal reflux disease”, AND “diaphragmatic breathing”, “diaphragmatic breathing training”, “breathing exercises”, “respiratory physiotherapy”, abdominal breathing”, “inspiratory muscle training”. Only studies published in peer-reviewed journals since 2000 were included. Inclusion criteria were applied to adult patients diagnosed with GERD, based on typical symptoms confirmed by endoscopic examination or 24 h esophageal pH measurement. The study interventions were techniques of respiratory physiotherapy aimed at increasing the activity of diaphragmatic function, while control groups were treated only pharmacologically or underwent sham breathing exercises. The primary outcomes were reflux symptoms, quality of life (QoL) evaluated by standardized questionnaires, consumption of antireflux medication, and objective parameters of antireflux barrier function demonstrated on esophageal manometry or esophageal pH metry. The exclusion criteria

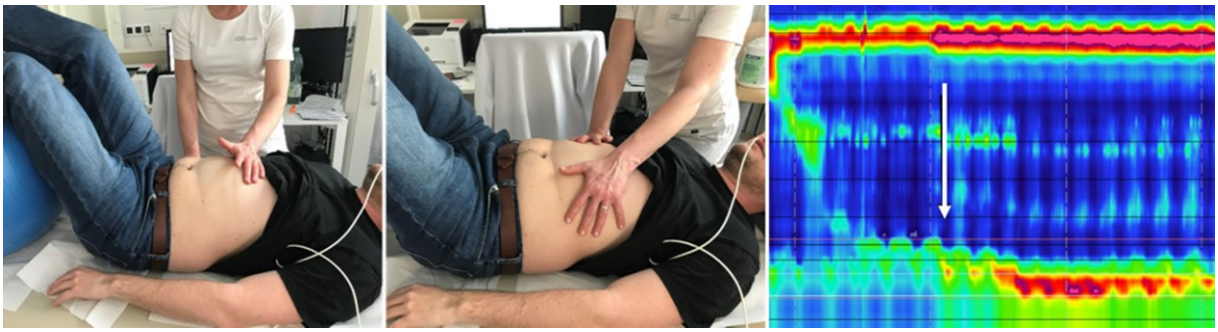


Fig. 6 The caudalization of the chest during respiratory physiotherapy. For ideal involvement of the diaphragm during breathing exercises, manual correction of the chest to the caudal position is usually necessary before respiratory physiotherapy. The greater engagement of the diaphragm in the function of the esophagogastric junction after this adjustment is evident, using high-resolution manometry (HRM; white arrow) *(photo taken with permission of the patient)*

included a different publication format from the clinical study (i.e., review, letter, or case report), duplicate studies, studies in the pediatric population, inappropriate study groups such as patients suffering from a disease other than GERD, and inconvenient interventions use or outcomes in the study (i.e., parameters not corresponding to GERD).

Results

Our literature search (performed by LZ and KB) identified 163 studies. After examining the titles and abstracts, we excluded 146 irrelevant studies, while the remaining 17 studies underwent full text reading. Additionally, six articles were discarded due to inapproprite study group use or outcomes, or they were duplicates. Eleven eligible studies were included in our systematic review. The flow diagram of literature searching is shown in Fig. 7.

In a randomized controlled trial, Eherer and colleagues [28] studied the effect of breathing exercises in patients with nonerosive reflux disease (NERD) and healed esophagitis. QoL, pH metry, and on-demand PPI usage were assessed at baseline and after 4 weeks of training. Patients in the training group practiced abdominal breathing techniques for 30 min per day. QoL and PPI usage were also evaluated after 9 months of continual training. A significant reduction in acid exposure time (AET) was found in the trained group compared to controls. QoL also improved, and PPI use decreased to one third of the initial dose after 9 months in patients who continued practicing breathing exercises.

Da Silva et al. [29] performed a randomized controlled study using 38 patients with GERD, where 22 patients underwent osteopathic techniques and 16 were in the placebo group. The osteopathic techniques included respiratory maneuvers, using manual contact of the physiotherapist on the lower part of the thoracic cage during deep respiration. An average respiratory pressure and maximum expiratory pressure of the LES were measured by manometry before and immediately after the osteopathy. An increase of 9–27% in LES pressure was observed in patients who performed the osteopathic maneuver.

Carvalho de Miranda Chaves et al. [30] performed a prospective, sham-controlled study in GERD patients with hypotensive LES. The researchers evaluated the effect of inspiratory muscle training (IMT), using a specific device with controllable resistance of inhaled air on esophageal manometry and pulmonary function, after 8 weeks of training. Patients in the experimental group used a threshold device twice a day with progressive loading, while the threshold for sham-treated patients was stable for the whole period. The mid-respiratory pressure (MRP) increased in 75% of patients in the experimental group, with average increase of 46.6%. MRP increased in 66% of patients in the sham group, with an average increase of 26.2%. The researchers concluded that IMT increases LES pressure in patients with GERD, regardless of the resistence load.

Nobre e Souza et al. [31] prospectively assessed the impact of IMT on pH metry, manometry, and autonomic function in GERD patients. The patients entered a 5 days a week training program under progressive inspiratory

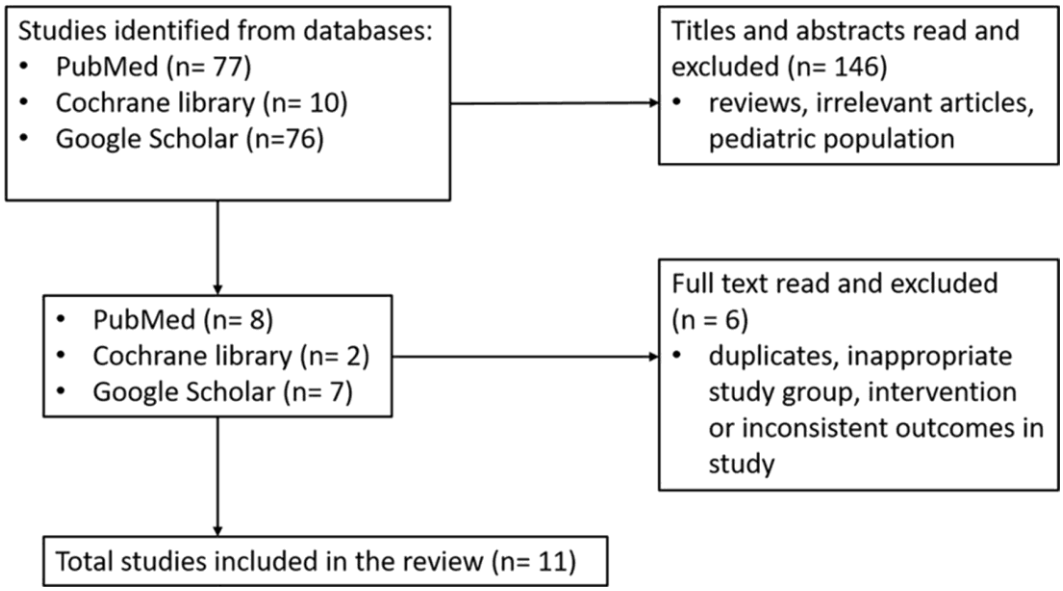


Fig. 7 Flow diagram of literature screening

resistence, using a threshold IMT device. The authors showed that IMT increased average EGJ pressure, decreased the number and cumulative duration of TLESrs, and also decreased the proximal progression of reflux. Heartburn and regurgitation scores decreased significantly after 2 months of training.

Sun et al. [32] investigated the effectiveness of diaphragm biofeedback training in 40 patients with GERD, in short-term and long-term follow-up. Patients were randomized to receive breathing exercises and PPI treatment (rabeprazole), or rabeprazole alone. The diaphragm biofeedback training/rabeprazole group showed significant improvement in reflux symptoms and EGJ pressure after 8 weeks compared to baseline values. Acid suppressing drug use significantly decreased at the 6-month mark, where 82% of patients in the study group (diaphragm biofeedback training/rabeprazole) had ceased PPI use after breathing exercises, while only 6.2% of patients in the control group (rabeprazole only) had ceased PPI use.

In a study by Ong et al. [33], the effect of diaphragmatic breathing was assessed in GERD patients who exhibited a dominant symptom of supragastric belching. Fifteen patients were enrolled in the training group, while 21 controls were placed on a waitlist. Patients underwent four weekly sessions over a period of 4 weeks. After training, 80% of participants in the treatment group, compared to only 19% of participants in the control group, had a significantly reduced belching frequency, measured via a Visual Analog Scale score. Reflux symptoms and QoL scores also significantly increased in training group, and these changes were sustained 4 months post treatment.

Moffa et al. [34] performed a prospective study in 21 patients with NERD and evaluated reflux symptoms and laryngoscopic findings before and after IMT. Nineteen patients completed the training program, which consisted of modified breathing exercises in supine and sitting positions performed twice a day for 4 weeks. The questionnaire scores of esophageal and extraesophageal symptoms (GERD esophageal symptomatology [GERDQ], extra-esophageal GERD symptomatology [RSI], GERD-Health-Related Quality of Life Questionnaire [GERD-HRQL]) significantly reduced after treatment, and laryngeal endoscopy scores greatly improved.

Martinez-Hurtado et al. [35] aimed to demonstrate whether diaphragmatic myofascial release (MFR) had any effect on the symptoms, QoL, and use of antisecretory medication in patients with NERD. The researchers randomized 30 patients into either an MFR or a sham group. Patients in the study group received MFR treatment comprising four sessions—each lasting 25 min, twice a week, for 2 weeks. The experienced physiotherapist applied a three-dimensional, low-load pressure to the fascial tissue in the corresponding area to restore the myofascial properties of the CD. The sham group received exactly the same type of contact treatment but without any fascial stimulation or pressure. All variables were assessed at the baseline, 1 week, and 4 weeks after the end of the treatment. At week 4, patients receiving MFR techniques showed significant improvements in reflux symptoms, QoL, and PPI usage compared to the sham group.

The effect of osteopathic visceral treatment in patients with GERD was evaluated in a study by Eguaras et al. [36]. Sixty patients were equally randomized in a study and control group. Reflux symptoms were assessed 1 week after the first intervention, which was performed by an osteopath for 5 min. Cervical mobility and C4 spinosus process pressure pain threshold were assessed after the second intervention, after 2 weeks. The application of osteopathic manual treatment produced significant improvements in all assessed variables in the study group compared to the control group.

Halland et al. [37] studied the effect of diaphragmatic breathing in GERD patients with upright reflux and aimed to determine the impact of postprandial breathing maneuvers on reflux, LES, and gastric pressure. Thirty-three subjects were enrolled in the study. During high-resolution impedance manometry, 23 study patients received a standardized meal and were randomized to a DBT or sham group. After, patients underwent 48 h of pH-impedance monitoring, with another randomization to postprandial DBT on the second day. The postprandial breathing training reduced the number of postprandial reflux events in patients and healthy controls and decreased reflux episodes on day two compared to day one observations in all subjects. Comparing the DBT group with the sham group, total AET on day two was not significantly different, but AET in the two-hour window after standardized meal administration was significantly reduced on day two versus day one. According to the authors, DBT reduces postprandial reflux by increasing the difference between LES and gastric pressure.

Ahmadi et al. [38] compared the effect of diaphragmatic breathing and aerobic exercise (AE) on LES pressure and QoL in patients with moderate to severe GERD. Patients were randomized into three equal groups. The control group received 20 mg of omeprazole per day, while the other groups received DBT or AE in addition to antireflux medication. Patients in the DBT group performed DBT with deep respiration into the abdomen, 5 days a week and with five sessions each day. Patients in the AE group ran for 20 min per day, achieving 70% of maximum heart rate, for five sessions a week. QoL and LES pressure were measured before and after the study. DBT improved both LES pressure and QoL in patients with reflux, where DBT had more of an effect on QoL than AE did.

The results of all selected studies are summarized in Table 1.

Table 1 Clinical studies evaluating the effect of respiratory physiotherapy in patients with GERD

Authors *Journal (Year)*	Region	Study design	Patients (number/characteristics)	Therapy training/control	Exercises time/follow-up	Parameters	Results
Eherer et al. *The American Journal of Gastroenterology (2012)*	Austria	Prospective randomized controlled study	19 patients with NERD or healed esophagitis (10 in training group/mean age 48 ± 4 years, mean BMI 22.0 kg/m^2; 9 in control group/mean age 55 ± 4 years, mean BMI 24.9 kg/m^2)	Abdominal breathing exercises + on-demand PPI/on-demand PPI	4 weeks training/9 months	pH-metry, QoL, on-demand PPI usage	Significant decrease in pH < 4.0 (9.1 ± 1.3 to 4.7 ± 0.9), significantly improved QoL, and significant decrease in PPI usage after 9 months (98 ± 34 to 25 ± 12 mg/week)—only in study group
Da Silva RCV et al. *Diseases of the Esophagus (2012)*	Brazil	Prospective randomized controlled study	38 patients (22 in study group/mean age 49.4 ± 15 years, mean BMI 25.7 kg/m^2; 16 in placebo group/mean age 50.5 ± 16, mean BMI 23.52 kg/m^2)	Osteopathy (diaphragm stretching technique)/placebo technique		ARP and MEP on esophageal manometry before and just after osteopathy	Increase of 9–27% in LES pressure only in study group (9.2% increase in ARP; 21.0% increase in MEP)
Chaves RCM et al. *Respiratory Medicine (2012)*	Brazil	Prospective study	29 consecutive patients (20 in study group/mean age 50.1 years; 9 in control group/mean age 51.3 years)	IMT using threshold/respiratory exercises with minimal inspiratory load	8 weeks	MRP and EEP on esophageal manometry	Significant increase in MRP and EEP in both study group (46.6% and 34.8%, respectively) and control group (26.2% and 15.0%, respectively)
Souza MA et al. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol (2013)*	Brazil	Prospective study	12 patients with GERD and 7 healthy volunteers	IMT with threshold	2 months	Average EGJ pressure, inspiratory EGJ pressure during respiratory maneuvers, assesment of TLESr on manometry, pH-metry, autonomic function	Improved EGJ pressures (19.7 ± 2.4 to 29.5 ± 2.1 mmHg), decreased number and duration of TLESr (8.5 to 7 events/hour, 199.1 ± 23.5 to 156.8 ± 25.9 min), reduced GERD proximal progression, decreased GERD symptoms

Table 1 (continued)

Authors *Journal (Year)*	Region	Study design	Patients (number/characteristics)	Therapy training/control	Exercises time/follow-up	Parameters	Results
Sun et al. *Diseases of the Esophagus (2016)*	China	Prospective randomized controlled study	40 patients (20 patients in training group/mean age 48.9 ± 2 years, mean BMI 27.9 kg/m^2; 20 patients in control group/mean age 50.5 ± 2 years, mean BMI 26.4 kg/m^2)	Diaphragm biofeedback training + PPI (Rabeprazole)/Rabeprazole only	8 weeks/6 months	Consumption of PPI, GERD symptoms, QoL, esophageal motility on HRM	Improved GERD symptoms and QoL at 8 weeks; decreased PPI use at 6 months (82.3% of patients in the study group ceased PPI use; 6.2% of patients in control group ceased PPI use), increased CD pressure (16.81 ± 1.08 to 25.27 ± 1.31 mmHg) and EGJ pressure (23.21 ± 1.28 to 31.76 mmHg), observed only in study group
Ong et al. *Clinical Gastroenterology and Hepatology (2018)*	Singapore	Prospective study	36 consecutive GERD patients with excessive belching (15 patients in training group/mean age 44.9 ± 15.7 years; 21 patients in control group/mean age 46 ± 10.4 years)	Diaphragmatic breathing exercises/no exercises	4 weeks/4 months	Belching VAS score, GERD symptoms, QoL	Decreased belching VAS score, reduced GERD symptoms, increased QoL only in study group
Moffa et al. *Acta Otorrinolaringol Esp. (2019)*	Italy, Spain	Prospective study	21 patients with NERD	Modified inspiratory muscle training	4 weeks	GERD symptoms, QoL, laryngeal endoscopy	Improved GERD symptoms and QoL, improved laryngeal endoscopy score
Martinez-Hurtado et al. *Scientific Reports (2019)*	Spain	Prospective randomized controlled study	30 patients with GERD (15 patients in study group/mean age 49.9 ± 14 years, mean BMI 25.6 kg/m^2; 15 patients in control group/mean age 46.9 ± 15 years, mean BMI 27.3 kg/m^2)	Diaphragmatic MFR techniques/gentle contact techniques	2 weeks/4 weeks	GERD symptoms, QoL, PPI consumption	Improved GERD symptoms and QoL; reduced PPI usage by week 4 (88 mg/week to 33 mg/week), observed only in study group

Table 1 (continued)

Authors *Journal (Year)*	Region	Study design	Patients (number/characteristics)	Therapy training/control	Exercises time/follow-up	Parameters	Results
Eguaras et al. *Journal of Clinical Medicine (2019)*	Spain	Randomized double-blinded controlled study	60 patients with GERD (31 patients in experimental group/mean age 48.19 years, mean BMI 24.7 kg/m^2; 29 patients in control group/mean age 49.45 years, mean BMI 24.81 kg/m^2)	Osteopathic techniques for LES/manual contact mimicked the osteopathic techniques	1 week/2 weeks	GERD symptoms, CROM, C4 PPTs	Significant improvement in GERD symptoms in 1 week; C4 PPTs and CROM improved in 2 weeks
Halland et al. *Am J Gastroenterol (2021)*	USA	Randomized controlled study	23 patients with GERD and 10 controls (GERD patients/mean age 58 ± 12 years, BMI 29.98 kg/m^2; healthy controls/mean age 44 ± 10 years, mean BMI 28.32 kg/m^2)	DBT/no exercises	2 days	Effect of DBT on reflux (48 h pH-impedance monitoring), LES, and gastric pressure on HRM	Reduced postprandial reflux events on day 2 by increased LES—gastric pressure difference (percentage of acid exposure time decreased from 11.8 ± 6.4 to 5.2 ± 5.1 on day 2)
Ahmadi et al. *Middle East Journal of Digestive Disease (2021)*	Iran	Randomized controlled study	75 patients with GERD (25 patients in aerobic group/mean age 37 ± 9 years, mean BMI 24 kg/m^2; 25 patients in breathing group/mean age 42.6 ± 8 years, mean BMI 23.6 kg/m^2; 25 patients in control group/mean age 40.3 ± 7 years, mean BMI 23.43 kg/m^2)	AE/DBT/no exercises	8 weeks	Effect of AE and DBT on QoL and LES pressure	After 8 weeks, DBT had more beneficial effects on LES pressure (16.6 ± 6.29 to 24.3 ± 4.61 mmHg) and QoL than did AE; AE did not change LES pressure, but improved QoL

NERD nonerosive reflux disease, *BMI* body mass index, *PPI* proton pump inhibitor, *QoL* quality of life, *ARP* average respiratory pressure, *MEP* maximum expiratory pressure, *LES* lower esophageal sphincter, *IMT* inspiratory muscle training, *MRP* Mid-respiratory pressure, *EEP* end expiratory pressure, *EGJ* esophagogastric junction, *TLESr* transient lower esophageal sphincter relaxation, *GERD* gastroesophageal reflux disease, *DBT* diaphragmatic breathing training, *HRM* high resolution manometry, *CD* crural diaphragm, *VAS* visual analogue Scale, *MFR* myofascial releas, *CROM* cervical range of motion, *PPT* pressure pain threshold, *AE* aerobic exercise

Discussion

GERD is a global health issue with an increasing incidence. Antisecretory medications remain the main therapeutic approach to controlling reflux symptoms in most GERD patients; however, antisecretory medications do not affect reflux mechanisms. Furthermore, patients themselves become aware of the possible adverse effects of PPIs, creating reluctance in taking these medications over extended periods. The second most often applied treatment in GERD is surgical fundoplication, which is often considered too invasive a procedure. The gap between these two main treatment approaches principally consists of endoscopic methods that are not recognized as standard treatments and, moreover, are not available to patients in many countries [39].

Respiratory physiotherapy is an approach providing therapeutic relief in some GERD patients, since the diaphragm (which is the target of breathing exercises) is considered the dominant component of the antireflux barrier.

The effect of various respiratory physiotherapy techniques was evaluated in selected studies examining both GERD symptoms and QoL, with objective parameters such as EGJ function and reflux parameters. The authors mostly used validated questionnaires (GERDQ, RSI, GERD-HRQL), whose scores, in general, significantly improved in relation to reflux symptoms and QoL after the administration of respiratory physiotherapy training. Moreover, the studies assessing PPI consumption before and after breathing exercise training demonstrated a significant reduction in PPI usage after breathing exercise training. All studies assessing objective parameters showed overall improvement in GERD outcomes. The measured parameters of EGJ function included an increase in LES or EGJ pressure, decreased AET, decreased number or duration of TLESr or reduced postprandial reflux events.

The majority of patients in these studies suffered from NERD or mild reflux disease (i.e., reflux esophagitis grade A or B), but in a few studies, the GERD phenotype was undefined, or patients were diagnosed based on typical symptoms (such as responding to PPIs only). These studies may have included patients with functional heartburn or esophageal hypersensitivity—not GERD. The beneficial effect of breathing exercises found in these patients could have been the result of reduced hypersensitivity or hypervigilance. On the contrary, four studies demonstrated the effect of respiratory physiotherapy in patients with moderate to severe GERD, or an even greater degree of EGJ dysfunction (e.g., hypotensive LES and hiatus hernia), which highlights the potential of respiratory physiotherapy in a broader spectrum of patients with GERD [30, 31, 33, 38].

Conventional manometry and pH metry without impedance were used in most of the studies for objective evaluation of the EGJ and for determining the presence of reflux events. These methods could have influenced the accuracy of EGJ function assessment, since the sensitivity of conventional manometry in evaluating diaphragmatic function is not adequate [40]. Equally, pH metry is not suitable for evaluating PPI refractory patients, since weak acid reflux and proximal mixed episodes are responsible for persistent symptoms in those patiens. The majority of patients enrolled in those studies were symptomatic, despite treatment with PPIs. As impedance detects approximately 20% more reflux episodes, using pH metry with impedance would have been of greater benefit due to the increased sensitivity impedance brings [41].

Most study outcomes were evaluated after a relatively short time. Only a few studies had a long-term follow-up over several months, where long-term follow-up was better in demonstrating the changes on antireflux barrier function induced by regular breathing exercise training. Appropriate diaphragmatic function depends on the restoration of the ideal position of the body, which requires a longer time to achieve; thus, the assessment of DBT effects, after only a few weeks of use, on GERD symptoms may have been underestimated.

Besides breathing exercises, MFR was applied in two of the studies. Manipulation of the myofascial tissues, which form a network throughout the body, affects the function of muscles, bones, and visceral tissues, leading to the reduction of pain and improvement of muscle strength and range of motion. Mechanical stimulation of the diaphragm can increase its contractility and proprioception, and thus its participation in EGJ competence. Moreover, visceral manipulation releases increased tension within the abdominal cavity, which may favorably affect the abdomino-thoracic pressure gradient. This pressure gradient, together with the dysfunction of the antireflux barrier, is considered a critical point in the development of gastroesophageal reflux [42].

There were several limitations among the analyzed studies. Some studies included small numbers of patients. Most of the studies did not have blinding and lacked effective implementation control of the recommended exercises for patients. Furthermore, studies differed in terms of the specific physiotherapeutic technique under examination. Despite these limitations, the studies were prospective and controlled, and all but four were randomized. Although the studies generally showed an improvement in reflux symptoms, QoL, and EGJ contractility (including the reduction of reflux episodes after treatment), the studies were often heterogenous in their design, study outcomes, and particularly study interventions. Thus, it would be difficult to assess these the data in a meta-analysis.

DBT may be a useful therapeutic method in a large spectrum of GERD patients, as demonstrated by the presented studies. Patients who are symptomatic despite lifestyle

modifications and the use of antisecretory medication should consider practicing DBT, since it may improve antireflux barrier function and thus allow reduced PPI consumption. We suggest that DBT should be part of the therapeutic approach for all GERD phenotypes, including patients with varying degrees of hiatus hernia. The use of HRM as a biofeedback therapy also allows the adjustment of ideal treatment positions or techniques in patients with more severe antireflux barrier dysfunction. Therefore, we do not assume that some groups of patients are contraindicated to practice DBT. There are no data evaluating the effect of DBT in patients who are indicated for or have undergone antireflux surgery. However, due to the possible effect of DBT on esophageal contractility, we hypothesize improved surgical outcomes in patients who practice DBT before surgery. This hypothesis must be confirmed by future clinical studies.

Conclusion

Current knowledge suggests the potential of breathing exercises in the treatment of GERD; however, long-term efficacy, patient selection, and the role of HRM in tailoring physiotherapeutic approaches requires further research. Future work should also aim to unify physiotherapeutic procedures to obtain a standardized method in GERD treatment, allowing for the better assessment of procedural effects in GERD patients.

Author contributions LZ and KB performed the literature search. LZ drafted and revised the article based on the comments of KB and JM. PB drafted the physiotherapeutic sections of the article. PK, KM, and MM contributed to the final approval of the article. JEP helped revise the final manuscript version and reviewed the HRM studies.

Funding This work was supported by the Cooperatio Program, research area Internal Disciplines and by Grant number GAUK 118221.

Declarations

Conflict of interest The authors declare no conflict of interest or professional disclosures relevant to the synthesis of this paper.

References

1. Yamasaki T, Hemond C, Eisa M, Ganocy S, Fass R. The changing epidemiology of gastroesophageal reflux disease: are patients getting younger? J Neurogastroenterol Motil. 2018;24:559–69. https://doi.org/10.5056/jnm18140.
2. Cameron AJ, Lagergren J, Henriksson C, Nyren O, Locke GR, Pedersen NL. Gastroesophageal reflux disease in monozygotic and dizygotic twins. Gastroenterology. 2002;122:55–9. https://doi.org/10.1053/gast.2002.30301.
3. Gyawali CP, Kahrilas PJ, Savarino E, et al. Modern diagnosis of GERD: the Lyon Consensus. Gut. 2018;67:1351–62. https://doi.org/10.1136/gutjnl-2017-314722.
4. Kessing BF, Conchillo JM, Bredenoord AJ, Smout AJPM, Masclee AAM. Review article: the clinical relevance of transient lower oesophageal sphincter relaxations in gastro-oesophageal reflux disease. Aliment Pharmacol Ther. 2011;33:650–61. https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2010.04565.x.
5. Pandolfino JE, Zhang Q, Ghosh SK, Han A. Transient lower esophageal sphincter relaxations and reflux: mechanistic analysis using concurrent fluoroscopy and high-resolution manometry. Gastroenterology. 2006;131:1725–33. https://doi.org/10.1053/j.gastro.2006.09.009.
6. Mittal RK, Goyal RK. Sphincter mechanisms at the lower end of the esophagus. GI Motil Online. 2006. https://doi.org/10.1038/gimo14.
7. De Miranda Chaves RC, Navarro-Rodriguez T. Respiratory physiotherapy in gastroesophageal reflux disease: A review article. Worl J Respirol. 2015;5:28–33. https://doi.org/10.5320/wjr.v5.i1.28.
8. Casale M, Sabatino L, Moffa A, Capuano F, Luccarelli V, Vitali M, Ribolsi M, Cicala M, Salvinelli F. Breathing training on lower esophageal sphincter as a complementary treatment of gastroesophageal reflux disease (GERD): a systematic review. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2016;20:4547–52.
9. Qiu K, Wang J, Chen B, Wang H, Ma Ch. The effect of breathing exercises on patients eith GERD: a meta-analysis. Ann Palliat Med. 2020;9:405–13. https://doi.org/10.21037/apm.2020.02.35.
10. Bitnar P, Hlava S, Stovicek J, Kobesová A. Diaphragm in the role of esophageal sphincter and possibilities of treatment of esophageal reflux disease using physiotherapeutic procedures. Eur Respir J. 2018;52(Suppl 62):2446. https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2018.PA2446.
11. Kolar P. Clinical rehabilitation, 1st edition, Prague: Galén, 2009. 713 s., ISBN 978-80-7262-657-1
12. Kahrilas PJ, Mittal RK, Bor S, Kohn GP, Lenglinger J, Mittal SK, Pandolfino JE, Serra J, Tatum R, Yadlapati R. Chicago Classification update (v4.0): Technical review of high-resolution manometry metrics for EGJ barrier function. Neurogastroenterol Motil. 2021;33:e14113. https://doi.org/10.1111/nmo.14113.
13. Tolone S, Cassan CD, Bortoli ND, Roman S, Galeazzi F, Salvador R, Marabotto E, Furnari M, Zentilin P, Marchi S, Bardini R, Sturniolo GC, Savarino V, Savarino E. Esophagogastric junction morfology is associated with a positive impedance-pH monitoring in patiens with GERD. Neurogastroenterol Motil. 2015;27:1175–82. https://doi.org/10.1111/nmo.12606.
14. Bitnar P, Stovicek J, Andel R, Arlt J, Arltova M, Smejkal M, Kolar P, Kobesova A. Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease. J Bodyw Mov Ther. 2016;20(3):518–24. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002.
15. Mittal RK, Shaffer HA, Parollisi S, Baggett L. Influence of breathing pattern on the esophagogastric junction pressure and esophageal transit. Am J Physiol. 1995;269:G577–83. https://doi.org/10.1152/ajpgi.1995.269.4.G577.
16. Pandolfino JE, Kim H, Ghosh SK, Clarke JO, Zhang Q, Kahrilas PJ. High-resolution manometry of the EGJ: an analysis of crural diaphragm function in GERD. Am J Gastroenterol. 2007;102:1056–63. https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2007.01138.x.
17. Lin S, Li H, Fang X. Esophageal motor dysfunction in gastroesophageal reflux disease and therapeutic perspestives. J Neurogastroenterol Motil. 2019;25:499–507. https://doi.org/10.5056/jnm19081.
18. Masuda T, Mittal SK, Kovacs B, Csucska M, Bremner RM. Simple manometric index for comprehensive esophagogastric junction barrier competency against gastroesophageal reflux. J Am Coll Surg. 2020;230:744-755.e3. https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2020.01.034.

19. Nicodéme F, Pipa-Muniz M, Kahrilas PJ, Pandolfino JE. Quantifying esophagogastric junction contractility with a novel HRM topographic metric, the EGJ-Contractile Integral: normative values and preliminary evaluation in PPI non-responders. Neurogastroenterol Motil. 2014;26:353–60. https://doi.org/10.1111/nmo.12267.
20. Tolone S, De Bortoli N, Marabotto E, de Cassan C, Bodini G, Roman S, Furnari M, Savarino V, Docimo L, Savarino E. Esophagogastric junction contractility for clinical assessment in patients with GERD: a real added value? Neurogastroenterol Motil. 2015;27:1423–31. https://doi.org/10.1111/nmo.12638.
21. Halland M, Parthasarathy G, Bharucha AE, Katzka DA. Diaphragmatic breathing for rumination syndrom: efficacy and mechanisms of action. Neurogastroenterol Motil. 2016;28:384–91. https://doi.org/10.1111/nmo.12737.
22. Festi D, Scaioli E, Baldi F, Vestito A, Pasqui F, Di Biase AR, Colecchia A. Body weight, lifestyle, dietary habits and gastroesophageal reflux disease. World J Gastroenterol. 2009;15:1690–701. https://doi.org/10.3748/wjg.15.1690.
23. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B, Caiazzo P, Castagna R. Low back pain and gastroesophageal reflux in patients with COPD: the disease in the breath. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2018;13:325–34. https://doi.org/10.2147/COPD.S150401.
24. Imagama S, Hasegawa Y, Wakao N, Hirano K, Hamajima N, Ishiguro N. Influence of lumbar kyphosis and back muscle strength on the symptoms of gastroesophageal reflux disease in middle-aged and elderly people. Eur Spine J. 2012;21:2149–57. https://doi.org/10.1007/s00586-012-2207-1.
25. Hep A, Vanakova E, Tosnerova V, Prásek J, Vízďa J, Dite P, Ondrousek L, Dolina J. Radionuclide oesophageal transit scintigraphy: a useful method for verification of oesophageal dysmotility by cervical vertebropathy. Dis Esophagus. 1999;12:47–50. https://doi.org/10.1046/j.1442-2050.1999.00008.x.
26. Martinucci I, de Bortoli N, Savarino E, Nacci A, Romeo SO, Bellini M, Savarino V, Fattori B, Marchi S. Optimal treatment of laryngopharyngeal reflux disease. Ther Adv Chronic Dis. 2013;4:287–301. https://doi.org/10.1177/2040622313503485.
27. Matsuzaki J, Suzuki H, Masaoka T, Tanaka K, Mori H, Kanai T. Influence of regular exercise on gastric emptying in healthy men: a pilot study. J Clin Biochem Nutr. 2016;59:130–3. https://doi.org/10.3164/jcbn.16-29.
28. Eherer AJ, Netolitzky F, Hogenauer C, Puschnig G, Hinterleitner TA, Scheidl S, Kraxner V, Krejs GJ, Hofmann KM. Positive effect of abdominal breathing exercise on gastroesophageal reflux disease: a randomized controlled study. Am J Gastroenterol. 2012;107:372–8. https://doi.org/10.1038/ajg.2011.420.
29. da Silva RCV, de Sá CC, Pascual-Vaca ÁO, de Souza Fontes LH, Herbella Fernandes FAM, Dib RA, Queiroz RA, Navarro-Rodriguez T. Increase of lower esophageal sphincter pressure after osteopathic intervention on the diaphragm in patients with gastroesophageal reflux. Dis Esophagus. 2013;26:451–6. https://doi.org/10.1111/j.1442-2050.2012.01372.x.
30. de Miranda Chaves RC, Suesada M, Polisel F, de Sá CC, Navarro-Rodriguez T. Respiratory physiotherapy can increase lower esophageal sphincter pressure in GERD patients. Respir Med. 2012;106:1794–9. https://doi.org/10.1016/j.rmed.2012.08.023.
31. Souza MAN, Lima MJV, Martins GB, Nobre RA, Souza MHLP, de Oliviera RB, dos Santos AA. Inspiratory muscle training improves antireflux barrier in GERD patients. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol. 2013;305:G862–7. https://doi.org/10.1152/ajpgi.00054.2013.
32. Sun X, Shang W, Wang Z, Liu X, Fang X, Ke M. Short-term and long-term effect of diaphragm biofeedback training in gastroesophageal reflux disease: an open-label pilot, randomized trial. Dis Esophagus. 2016;29:829–36. https://doi.org/10.1111/dote.12390.
33. Ong AML, Chua LTT, Khor ChJL, Asokkumar R, Namasivayam V, Wang YT. Diaphragmatic breathing reduces belching and proton pump inhibitory refractory gastroesophageal reflux symptoms. Clin Gastroenterol Hepatol. 2018;16:407–16. https://doi.org/10.1016/j.cgh.2017.10.038.
34. Moffa A, Oliveto G, Di Matteo F, Baptista P, Cárdenas A, Cassano M, Casale M. Modified inspiratory muscle training (m-IMT) as promising treatment for gastro-oesophageal reflux disease (GERD). Acta Otorrinolaringol Esp. 2020;71:65–9. https://doi.org/10.1016/j.otorri.2019.01.003.
35. Martinez-Hurtado I, Arguisuelas MD, Almela-Notari P, Cortés X. Effects of diaphragmatic myofascial release on gastroesophageal reflux disease: a preliminary randomized controlled trial. Sci Rep. 2019;9:7273. https://doi.org/10.1038/s41598-019-43799-y.
36. Eguaras N, Rodriguez-Lopez ES, Lopez-Dicastillo O, Franco-Sierra MA, Ricard F, Oliva-Pascual-Vaca Á. Effect of osteopathic visceral treatment in patients with gastroesophageal reflux: a randomized controlled trial. J Clin Med. 2019;8:1738. https://doi.org/10.3390/jcm8101738.
37. Halland M, Bharucha AE, Crowell MD, Ravi K, Katzka DA. Effects of diaphragmatic breathing on the pathophysiology and treatment of upright gastroesophageal reflux: a randomized controlled trial. Am J Gastroenterol. 2021;116:86–94. https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000000913.
38. Ahmadi M, Amiri M, Rezaeian T, Abdollahi I, Rezadoost AM, Sohrabi M, Bakhshi E. Different effect of aerobic exercise and diaphragmatic breathing on lower esophageal sphincter pressure and quality of life in patients with reflux: a comparative study. Middle East J Dig Dis. 2021;13:61–6. https://doi.org/10.34172/mejdd.2021.205.
39. Weusten BLAM, Barret M, Bredenoord AJ, Familiari P, Gonzalez JM, van Hooft JE, Lorenzo-Zúñiga V, Louis H, Martinek J, van Meer S, Neumann H, Pohl D, Prat F, von Renteln D, Savarino E, Sweis R, Tack J, Tutuian R, Ishaq S. Endoscopic management of gastrointestinal motility disorders—part 2: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline. Endoscopy. 2020;52:600–14. https://doi.org/10.1055/a-1171-3174.
40. Mello M, Gyawali CP. Esophageal manometry in gastroesophageal reflux disease. Gastroenterol Clin North Am. 2014;43:69–87. https://doi.org/10.1016/j.gtc.2013.11.005.
41. Karamanolis G, Kotsalidis G, Triantafyllou K, Polymeros D, Gaglia A, Fessatou S, Triantafyllou M, Papanikolaou I, Ladas SD. Yield of combined impedance-pH monitoring for refarctory reflux symptoms in clinical practise. J Neurogastroenterol Motil. 2011;17:158–63. https://doi.org/10.5056/jnm.2011.17.2.158.
42. Ghost SK. Biomechanics of the esophagogastric junction in gastroesophageal reflux disease. Curr Gastroenterol Rep. 2008;10:246–51. https://doi.org/10.1007/s11894-008-0051-6.

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Lucie Zdrhova MD

Petr Bitnar PhD

Karel Balihar MD, PhD

Pavel Kolar Prof

Katerina Madle PT

Milan Martinek PT

John Erik Pandolfino MD

Jan Martinek MD, Prof

Příloha 2

Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions

Musculoskeletal Science and Practice. 2022, ***In press.***

Authors: Katerina Madle[1]*, Petr Svoboda[1], Martin Stribrny[1], Jakub Novak[1], Pavel Kolar[1], Andrew Busch[2], Alena Kobesova[1], Petr Bitnar[1]

[1]Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Second Faculty of Medicine, Charles University and University Hospital Motol, Prague, Czech Republic

[2]Department of Health and Human Kinetics, Ohio Wesleyan University, Delaware, OH

***Corresponding author:** Katerina Madle, P.T. Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Second Medical Faculty, Charles University and University Hospital Motol, V Uvalu 84, Prague 5 - Motol, 150 06, Czech Republic. Phone: + 420 22443 9264; fax: +420 22443 9220. Email address: katerina.madle@gmail.com

Declarations of interest: none

Ethics Committee: This study was approved by Institutional ethics committee University Hospital Motol, Prague, Czech Republic

Acknowledgment: We would like to thank Dr. Miroslav Navratil for providing the research team with the sensors.

Funding: This study was supported by the Foundation "Movement without Help", Prague, Czech Republic, and by grant GAUK 118221 and GAUK 340220.

Abdominal wall tension increases using Dynamic Neuromuscular Stabilization principles in different postural positions

Abstract

Background: Intra-abdominal pressure (IAP) is an important mechanism stabilizing the spine and trunk. IAP regulation depends on the coordination of abdominal muscles, diaphragm and pelvic floor muscles.

Objective: To determine the differences in abdominal wall tension (AWT) of various postural positions, first without any correction, then after verbal and manual instructions according to Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) principles.

Methods: In a cross-sectional observational study, thirty healthy individuals (mean age = 22.73 ± 1.91 years) were fitted with two Ohmbelt sensors contralaterally above the inguinal ligament and in the upper lumbar triangle. AWT was measured during five postural positions: sitting, supine with legs raised, squat, bear and hang position. First, spontaneous AWT was measured, then again after manual and verbal instructions following DNS principles.

Results: AWT increased significantly with DNS instructions compared to spontaneous activation. Both sensors recorded significant increases ($p < 0.01$; Cohen's d = -1.13 to -2.06) in all observed postural situations. The increase in activity occurred simultaneously on both sensors, with no significant differences noted in pressure increases between the sensors. The greatest activation for both sensors occurred in the bear position. Significant increases in activity were identified for both sensors in the supine leg raise position and in the bear position compared to spontaneous activation in sitting ($p < .001$). There were no statistically significant differences (for both sensors) between women and men in any position.

Conclusion: The amount of AWT significantly increases after verbal and manual instructions according to DNS. The greatest abdominal wall activation was achieved in the bear position.

Key words: postural stabilization, intra-abdominal pressure, abdominal wall tension, pressure sensors, Dynamic Neuromuscular Stabilization

1.Introduction

Optimal spinal stabilization is dependent on the balanced coordination between the diaphragm, pelvic floor and abdominal muscles to regulate intra-abdominal pressure (IAP). IAP provides ventral spinal stabilization (Stokes et al., 2010), reduces compressive loads on the spine (Cholewicki et al., 1999; Stokes et al., 2010) and works in coordination with lumbar paraspinal muscles to secure spinal stabilization dorsally (Cholewicki et al., 1999). Spinal stabilization is closely related to respiratory stereotype (Hodges and Gandevia, 2000) and also to diaphragmatic and pelvic floor sphincter function (Bitnar et al., 2021, 2015; Hwang et al., 2021). Global coordination of core muscle activity stabilizes the trunk. Sole activation of a single trunk muscle or one component of the trunk stabilization complex would not be sufficient to dynamically generate adequate IAP in response to actual postural demands (Stokes et al., 2011). Ineffective spinal stabilization, or poor postural function of the pelvic floor and diaphragm can cause low back pain (LBP) (Panjabi, 2003). Previous research using electromyography has demonstrated different trunk muscle activation patterns in patients with LBP compared to individuals without LBP (Suehiro et al., 2021). An unbalanced activation of the trunk stabilizers and insufficient regulation of IAP can be related to urinary incontinence (Hwang et al., 2021), gastroesophageal reflux (Bitnar et al., 2021, 2015), hernias (Qandeel and O'Dwyer, 2016), and LBP among other problems in the musculoskeletal system (Hagins and Lamberg, 2011).

Activation of the diaphragm, pelvic floor and abdominal wall precede movements of the limbs (Hodges and Gandevia, 2000). IAP increases in proportion to the reactive forces from the limb movement (Hodges and Gandevia, 2000). Several studies have demonstrated various positive effects of abdominal and core stabilization exercises which include increasing core muscle strength (Kitagawa et al., 2020) and grip strength (Kobesova et al., 2015), promoting athletic performance (Clark et al., n.d.; Davidek et al., 2018; Saeterbakken et al., 2021), preventing sport injuries, and reducing LBP (Hlaing et al., 2021; Tsai et al., 2020).

Still, it remains questionable how optimal core function is defined, and how to best test and measure trunk stabilization(Clark et al., n.d.; Maaswinkel et al., 2016). In clinical practice, most clinicians rely on observation and palpation (Clark et al., n.d.; Hebert et al., 2015; Kobesova et al., 2020; Valentín-Mazarracin et al., 2021). IAP is one such variable commonly measured that closely relates to trunk muscle coordination and core stabilization. IAP can be measured in various ways with wireless technology becoming popular in recent years. Most techniques monitoring IAP can be highly invasive using intravesical sensors, peritoneal cavity catheters, and intravaginal or intragastric sensors (Liao et al., 2021). Due to such invasiveness of these techniques, they are not routinely used in clinical rehabilitation practice. It has recently

been shown that IAP can be predicted from AWT through the use of a capaciative force sensor (Novak et al., 2021). Since IAP correlates with the AWT (Jacisko et al., 2021; Novak et al., 2021), it is possible to understand changes in IAP indirectly by monitoring AWT using capacitive force sensors. For such purposes, devices called the DNS Brace (Jacisko et al., 2021; Novak et al., 2021) and Ohmbelt (Novak et al., 2021) have been used.

Activation of the abdominal wall and the amount of IAP is posture and task specific (Arjmand and Shirazi-Adl, 2006; Jacisko et al., 2021; Novak et al., 2021, 2021). Therefore in attempt to further understand the impact of different postural positions on AWT (and subsequent regulation of IAP), this study investigated which positions exhibit the greatest effect on AWT, and determine if AWT can be increased with the instruction according to Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) principles (Kobesova et al., 2020, 2016).

In this study we measured AWT in the following positions correlating with developmental positions: Sitting (9 months developmental position), Supine leg raise position (3 months developmental position), Hand and feet support called Bear (12 months developmental position), Squat (12 months developmental position), and Straight arms hang which is not a developmental position but it is a frequently used exercise position in the gym with trunk stabilization stereotype that correlates with the 3 month developmental position. It was hypothesized that spontaneous AWT would be higher in the challenging postural positions compared with sitting, and DNS instruction, provided by trained clinicians, would increase AWT above values exhibited spontaneously.

2.Methods

2.1 Participants

Thirty healthy college students (15 males, 15 females; aged 20-25 years) with no prior experience of physical therapy or IAP-training participated in this study. Exclusion criteria constituted any presence of acute or chronic musculoskeletal pain, any neurological, internal or other disease, and prior history of any trunk surgery or injury, and body mass index (BMI) above 30. Participants were recruited via email, and all data collection occurred at a hospital rehabilitation clinic. Demographic characteristics of all participants are presented in Table 1. Participants were instructed not to consume any food 90 minutes before the measurement. A written informed consent was signed by each participant. The study conforms with The Code

of Ethics of the World Medical Association and was approved by an Institutional Ethics Committee. This study adheres to the Helsinki declaration.

Table 1: Participant's anthropometric characteristics. N =30, 15 males, 15 females

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI
Mean	22.7	175.0	69.8	22.6
SD	1.9	9.2	13.0	2.7
Min	20.0	158.0	50.0	18.3
Max	25.0	191.0	97.0	29.3

2.2 Instruments

To measure the activity of the abdominal wall, the Ohmbelt device (Nilus Medical LLC, OHMBELT, Redwood City, CA, USA) was used. The Ohmbelt registers increases in pressure by the abdominal wall through a capacitive force sensor located in the device, and is attached by an adjustable strap. For this study two devices were used. Data from both sensors were recorded simultaneously and processed by a software application. Details of the device technology and measurement is further explained in a previous study by Novak et al. (Novak et al., 2021). The Ohmbelt software using Bluetooth digital signal graphically displays data from the sensors, and exports data to MS Excel allowing for immediate statistical analysis (Novak et al., 2021).

2.3 Assessments

All assessments were performed under the same conditions by a single trained clinician. The Ohm belts were fixed to participant's trunk, one to monitor the force of abdominal wall expansion above the inguinal ligament (anterior sensor - Figure 1A) and the other one in upper lumbar triangle contralaterally (posterior sensor - Figure 1B).The order of the measured positions and the allocation of the sensors were randomized in each subject.

The Ohmbelt was attached under the force of 110g (±10g), which was determined by repeated measures, in order to sufficiently maintain contact with the abdominal wall during the whole measurement while not affecting trunk movement (Novak et al., 2021). Every participant

was informed in detail how to adopt the positions: sitting, (Fig. 1A-B), supine position with leg raise (Fig. 1C) bear (Fig. 1D), squat (Fig. 1E) and hang (Fig. 1F).

Activity of the abdominal wall was monitored in each position for four breathing cycles, i.e. approximately 15 seconds of activation in each position (Novak et al., 2021). Each subject took one testing breath and then the measurement began at start of the inspiratory phase and ended at the end of the expiratory phase of the fourth breathing cycle. The subject breathed naturally using the spontaneous rhythm. First, the spontaneously adopted position was measured without any corrections. Immediately after the spontaneous measurement the participants were verbally and manually instructed by the clinician how to optimally stabilize the trunk according to Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) principles (Kobesova et al., 2020, 2016). Detailed instructions on how to properly activate the trunk in each position are explained in figure captions (Fig. 1A-1E). Subjects were asked to push against both sensors and maintain expansion of the abdominal wall throughout the whole measurements, both during inspiration and expiration while maintaining neutral spine position (avoiding increased spinal kyphosis or lordosis) in the given position. After being instructed, the subject took one testing breath and then, four breathing cycles were measured again starting with the inspiratory phase of the first breath and ending at the end of expiratory phase of the fourth breath. The relaxation time between each position was 5 minutes. The assessment of all subjects were performed under the same conditions, the same verbal and manual instructions were given by the same examiner (Kobesova et al., 2020).

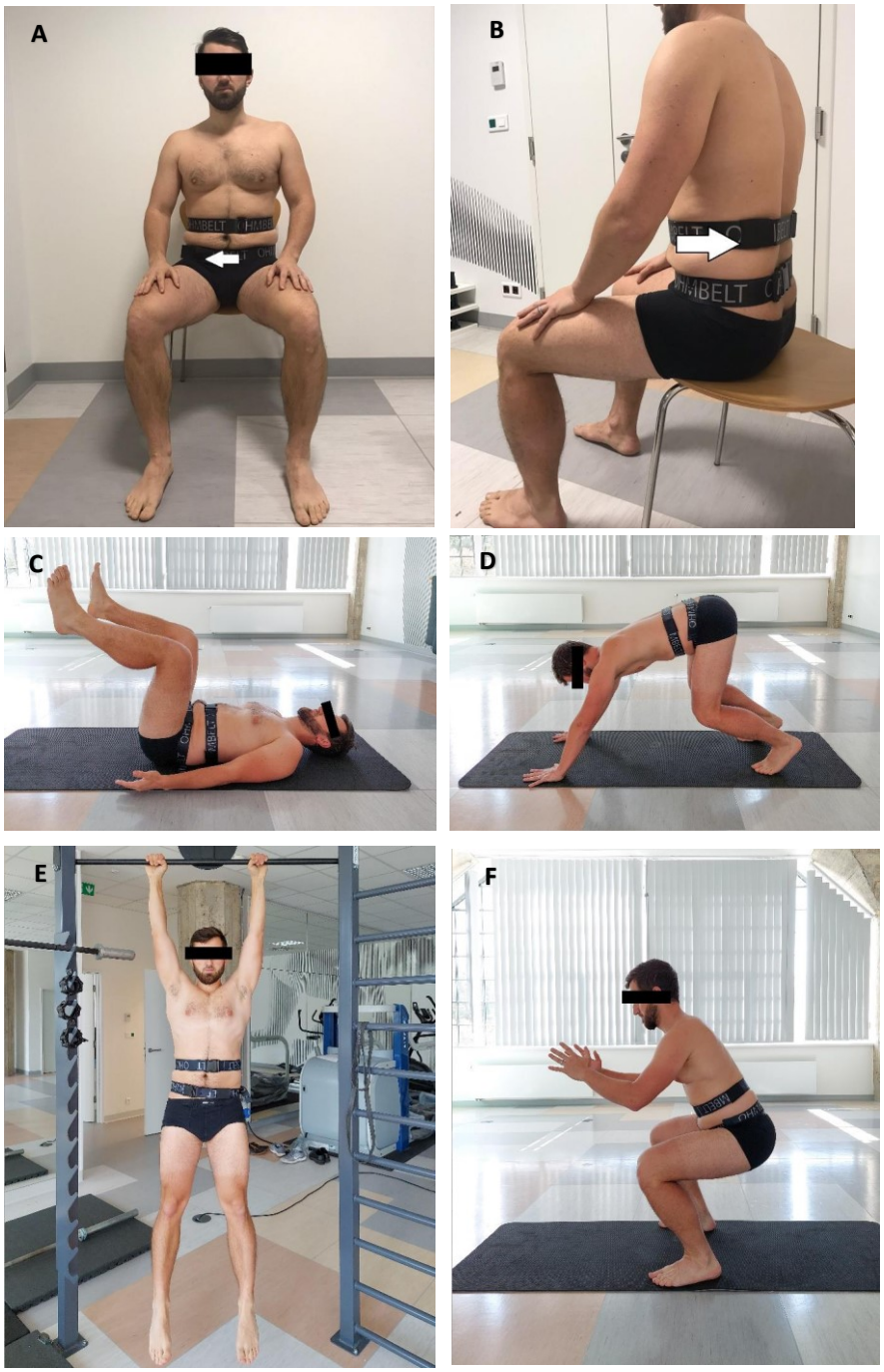


Figure 1
Figure 1 A-B: Initial sitting position: the arrows indicate location of the sensors. 1A – anterior sensor, placed above the inguinal ligament, 1B – posterior sensor, placed in the upper lumbar triangle contralaterally.
Manual and verbal instructions for optimal stabilization: Keep the spine upright, avoid increasing kyphosis or lordosis, relax your shoulders, support the feet on the floor, push with your abdominal wall against both sensors and maintain the pressure during the whole measurement, i.e. both during inspiration and expiration.

Figure 1 C: Supine leg raise position
Manual and verbal instructions for optimal stabilization: Lift your legs above the floor, keep 90° flexion at hips and knees, with slight external hip rotation, establish pelvic support on the upper sections of the gluteal muscles. Keep the whole spine, including the cervical spine upright (i.e. straight). Support your head across the nuchal line and keep it in a midline position avoiding

inclination. Relax your shoulders, maintain caudal position of your chest (do not pull your shoulders cephalad) throughout the entire respiratory cycle. Push with your abdominal wall against both sensors and maintain the pressure during the whole measurement, i.e. both during inspiration and expiration.

Figure 1 D: Bear position
Manual and verbal instructions for optimal stabilization: Keep the support on hands and forefeet. The hands are weight-bearing equally on thenar and hypothenar pads. Keep your shoulder blades adhering to the rib cage, medial borders nearly parallel to the spine. Focus on proportional weight bearing of feet, the support on the front of the foot needs to be evenly distributed between the head of the first and fifth metatarsus, knees being in line with feet, hips are slightly flexed with pelvis situated higher than the head. Keep your head in midline position avoiding inclination. The spine is elongated and straight. Maintain neutral (caudal) position of your chest throughout the entire respiratory cycle, do not pull your shoulders up. Push with your abdominal wall against both sensors and maintain the pressure during the whole measurement, i.e. both during inspiration and expiration.

Figure 1 E: Hang position
Manual and verbal instructions for optimal stabilization: Keep your spine upright including your neck, pull your head towards the ceiling, pull your shoulders wide and down from your ears, lower the lower ribs, maintain the caudal position of the thorax. Push with your abdominal wall against both sensors and maintain the pressure during the whole measurement, i.e. both during inspiration and expiration.

Figure 1 F: Squat
Manual and verbal instructions for optimal stabilization: Keep your spine straight including your neck, relax your shoulders, maintain caudal chest position, load the entire soles of your feet proportionally, the support must be evenly distributed between the head of the first and fifth metatarsus, keep your knees in line with feet. Push with your abdominal wall against both sensors and maintain the pressure during the whole measurement, i.e. both during inspiration and expiration.

2.4 Statistical analysis

Descriptive statistics were calculated for all variables. Data are mean ± standard deviation, unless otherwise noted. The data was processed by averaging four monitored breathing cycles. One variable (Hang-front sensor) was not normally distributed, as assessed by Shapiro-Wilk's test ($p < 0.05$), however all skewness and kurtosis values were within acceptable range and z-scores were assessed with no values outside the range of -3-3 for all variables (Hair et al., 2010). Twelve outliers were detected as univariate outliers in the data, as assessed by boxplot, which did not all occur on the same variables. After winsorization (where outlier values were replaced with the next largest or smallest value), there were no appreciable differences found comparing true values to the winsorized values. Therefore we proceeded with the raw data, and initial correlations were performed to assess the relationship between

front and back sensors. Paired-samples t-tests were used to assess the abdominal wall activity between normal sitting posture and spontaneous activation; and also to assess spontaneous activation with activation after correction by a DNS instructor in all four DNS postural positions. Power analysis, using G*Power 3.1, indicated an 80% chance of detecting a medium effect size of 0.5 in 27 subjects with statistical significance determined *a priori* at $p < 0.05$ (one tailed). In highly correlated dependent variables, Bonferroni corrections were utilized to reduce the chance of Type I error, in which statistical significance was determined *a priori* at $p < 0.0125$. Effect sizes were interpreted as very small (< 0.2), small (0.2-0.5), medium (0.5-0.8), or large (>0.8). Data analyses were conducted with the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS v27 for Mac; IBM Corp, Armonk, NY).

3.Results

Descriptive data for all participants are presented in Table 1. All participants who met the inclusion criteria completed the study. In comparing sensor readings between the initial sitting position with spontaneous activation in the adopted postural positions, paired sample *t*-tests revealed significantly higher activity in the supine leg- raise position (Front: $p < .001$, Back: $p = .001$) and bear position (Front: $p < .001$, Back: $p < .001$), but not for the hang or squat positions (Table 2). When comparing the spontaneous activation readings for the adopted positions with activation readings after manual and verbal correction according to DNS, paired *t* -tests revealed significantly higher activity in both sensors (Front: $p < .001$, Back: $p < .001$) for all four postural positions (Table 3). There were no significant differences between the front and back sensors in any monitored position; as they trended similarly with each increase. The maximum sensor activity was identified in the bear position, both for spontaneous and instructed situations (Fig. 2). There were no significant differences according to gender in our cohort of healthy individuals.

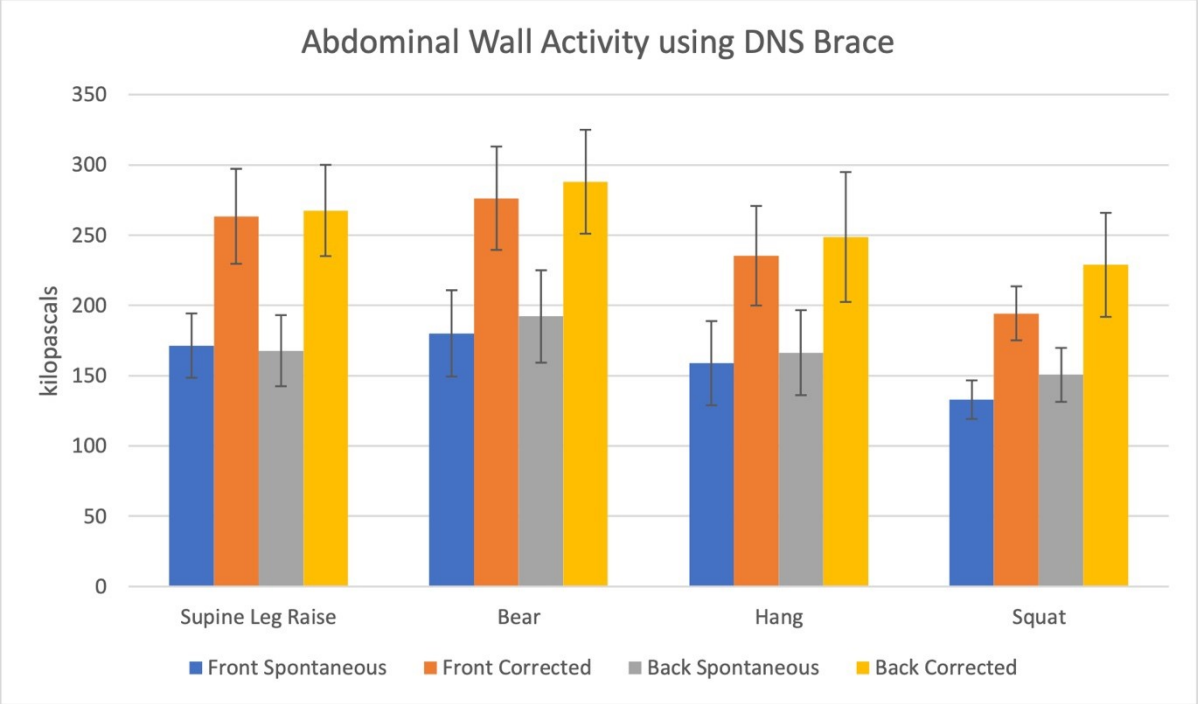


Figure 2: Abdominal wall activity changes before and after correction during trunk stabilization interventions.

Table 2. Abdominal wall activity comparison of sitting and after spontaneous trunk stabilization interventions (Mean [Standard Deviation])

Position	Sensor Location	Sitting	Spontaneous Activation	95% CI	Mean Difference	Effect Size	*P* V*alue*
Supine leg raise	Front	132.2 (27.7)	171.4 (45.9)	(-55.8, -22.7)	-39.4	-0.89	<.001*
	Back	137.5 (34.0)	167.8 (50.7)	(-47.5, -13.1)	-30.3	-0.66	.001*
Bear	Front	132.2 (27.7)	180.1 (61.5)	(-69.6, -26.3)	-48.0	-0.83	<.001*
	Back	137.5 (34.0)	192.2 (65.7)	(-79.0, -30.4)	-54.7	-0.84	<.001*
Hang	Front	132.2 (27.7)	158.9 (60.0)	(-49.6, -3.8)	-26.7	-0.81	.024
	Back	137.5 (34.0)	166.4 (60.6)	(-54.5, -3.3)	-28.9	-0.42	.028
Squat	Front	132.2 (27.7)	132.9 (27.4)	(-11.3, 9.9)	-0.7	-0.03	.892
	Back	137.5 (34.0)	150.6 (38.5)	(-28.5, -2.3)	-13.1	-0.32	.091

*Statistically significantly difference observed (Bonferroni Correction $P < 0.0125$)

Values are kilopascals (kPa)

Effect size = calculated Cohen's d

Table 3. Abdominal wall activity changes before and after correction during trunk stabilization interventions (Mean [Standard Deviation])

Position	Sensor Location	Spontaneous Activation	After Correction	95% CI	Mean Difference	Effect Size	*P* V*alue*
Supine Leg Raise	Front	171.4 (45.9)	263.4 (67.5)	(-108.9, -75.0)	-92.0	-2.03	<.001*
	Back	167.8 (50.7)	267.6 (64.9)	(-117.91, -81.7)	-99.8	-2.06	<.001*
Bear	Front	180.1 (61.5)	276.3 (73.5)	(-116.6, -75.5)	-96.2	-1.76	<.001*
	Back	192.2 (65.7)	288.0 (73.9)	(-120.5, -71.0)	-95.8	-1.45	<.001*
Hang	Front	158.9 (60.0)	235.4 (70.8)	(-93.9, -59.8)	-76.5	-1.71	<.001*
	Back	166.4 (60.6)	248.7 (92.4)	(-109.6, -55.0)	-82.3	-1.13	<.001*
Squat	Front	132.9 (27.4)	194.4 (38.4)	(-76.1, -47.1)	-61.6	-1.59	<.001*
	Back	150.6 (38.5)	228.9 (74.0)	(-104.1, -52.5)	-78.3	-1.13	<.001*

*Statistically significantly difference observed (Bonferroni Correction $P < 0.0125$)

Note:

Values are kilopascals (kPa)
Effect size = calculated Cohen's d

4. Discussion

The results of this study demonstrated that AWT increases in two of the monitored postural positions when compared to the seated position. IAP is strongly correlated to AWT, which can voluntarily be increased beyond spontaneous activation via specific instructions to activate the abdominal wall with eccentric contraction. To measure the corrected positions, subjects were instructed to push against both sensors and maintain expansion of the abdominal wall throughout the whole measurement while keeping the spine neutral. Detailed instructions for stabilizing the trunk appropriately were based on DNS method principles (Kobesova et al., 2020, 2016). Since IAP plays a critical role in spinal stabilization (Cholewicki et al., 1999; Hodges and Gandevia, 2000; Mokhtarzadeh et al., 2012; Stokes et al., 2011, 2010), the aim of training is to increase IAP during posturally challenging situations or when lifting loads to protect the spine (Cresswell et al., 1994; Cresswell and Thorstensson, 1989). Also, in patients

with LBP the rehabilitation goal may be to activate muscles that generate IAP (Stokes et al., 2011), or to use lumbar belts (Ludvig et al., 2019) to increase IAP and unload the spine. According to Arjmand & Shirazi-Adl (Arjmand and Shirazi-Adl, 2006), the unloading and stabilizing actions of IAP are posture and task specific. Therefore, it is important to identify the positions and instructions that significantly increase AWT and thus also IAP.

The greatest increase in AWT noted was in bear position, i.e. quadruped position with feet and hands support, and supine position with leg raise. We attribute this effect not only to abdominal wall activation but also to the postural diaphragmatic function. Brown demonstrated position-dependent demands on the diaphragm with ultrasound assessment (Brown et al., 2018). Diaphragmatic activity measured as diaphragm thickening fractions significantly increased in sitting and standing in comparison to supine position. Brown's team suggest differences in diaphragm contractility by position are attributable to gravitational forces on the diaphragm and abdominal viscera, and the physiological response of the diaphragm and abdominal wall muscles to these forces (Brown et al., 2018). Essendrop et al. (Essendrop et al., 2002) confirmed increases in IAP as a response to small sudden loads, arguing this is due to the concomitant increase in muscle co-activation needed to generate IAP, and the IAP itself. He also reports that increases in IAP and spinal stiffness reduces movement caused by the sudden loading (Essendrop et al., 2002).**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Significant increases in AWT were also confirmed during lifting a load of 20 % body weight compared to initial seated position by Novak et al. (Novak et al., 2021). Such findings demonstrate the need for increasing IAP to secure posture that is labile or requires power output. This was also demonstrated in the supine position with leg raise, monitored in our study where it was necessary to keep the weight of the lower limbs against gravity and for the bear position which is rather unstable and not entirely natural for humans and thus physically challenging. In the hang and squat position, the change in AWT did not differ significantly from the initial sitting position. We can only speculate why only insignificant increases were recorded in those two positions. Perhaps stabilization in the hang position is more dependent on shoulder girdle power and endurance with core strength and endurance becoming a secondary determinant noted during climing (MacKenzie et al., 2020). Yoon et al. (Yoon et al., 2015) compared trunk muscle activity in quadruped position with a leg raise and arm raise, reporting significantly greater activity of back, abdominal and trunk muscles during leg raise than during arm raise. Using dynamic magnetic resonance imaging Kolar et al. (Kolar et al., 2010) identified significantly greater diaphragmatic excursions during lower extremity movements than with upper extremity movements. So, it seems that leg movement challenge postural stabilization more than arm movement. In the

squat position there was almost no change on the front sensor and insignificant increases on the back sensor compared with sitting. This is rather surprising because prior research has reported significant IAP increases in squat positions (Blazek et al., 2019). These differences are likely due to measuring AWT at a higher squat position (90 degrees of knee flexion) for a short period of time (15 seconds) without any load. Perhaps the short duration squat does not result in IAP increase but a longer lasting squat position or a squat with a load which is frequently applied in strength training in various modifications would cause significant change (Blazek et al., 2019). Lander reports the IAP changing throughout the squat motion, with the greatest IAP occurring when the lifter is in the beginning movement of concentric muscle actions coming "out" of the squat (Lander et al., 1992, 1986). AWT was only recorded during static positions, which may not have captured the phase of maximum activation of the abdominal wall during squatting.

In all measured positions, significant increases in both front and back sensors were noted when instructing the subjects to actively push against the sensors and maintain the targeted pressure during the whole measured period of time (4 breathing cycles, approximately 15 seconds) both during inhalation, and exhalation. The highest pressures were identified in bear position on both sensors, spontaneously and after instructing the subjects to actively push and breathe toward the sensors. The variability of the measured pressures (minimum 132.9 kPa on front sensor during spontaneous hang, maximum 288 kPa on back sensor during corrected bear) is in line with studies reporting the activation of the abdominal wall and amount of IAP is posture and task specific (Arjmand and Shirazi-Adl, 2006; Jacisko et al., 2021; Novak et al., 2021, 2021). Egger et al.(Egger et al., 2015) suggest that some activities do not produce consistent IAP, and certain activities with higher maximal IAP tend to have greater variability between sessions. We cannot confirm this hypothesis because we only performed one measurement for each position for each subject.

Based on our data we can suggest bear and supine leg raise positions to be the most powerful from the five monitored positions (sitting, supine with leg raise, bear, hang, squat) to train AWT and IAP trunk stabilization. Increasing IAP may be part of an effective support strategy for the spine and used in cases where trunk stability needs to be improved. At the same time, we must keep in mind that the ultimate goal is to restore optimal coordination among muscles stabilizing the trunk without reaching the absolute maximum IAP. Some authors warn that maximum activity of the abdominal muscles and related IAP peak can cause an inguinal hernia (Hemborg et al., 1985), pelvic girdle pain (Mens et al., 2006), pelvic floor dysfunction (Rosenbluth et al., 2010), or increased blood pressure which can possibly result in cerebrovascular and cardiovascular events (Hackett and Chow, 2013). A sustained increase in

IAP can result in abdominal compartment syndrome and intra-abdominal hypertension which is a life threatening condition (Pereira, 2019). From a practical perspective, it is important to determine which exercises optimally stabilize the trunk and favorably regulate IAP, improve physical performance, and offer preventive and therapeutic effects on musculoskeletal pain. One aspect to consider is the difference between concentric and eccentric abdominal wall activation. Vicente-Campos et al. (Vicente-Campos et al., 2021) state that hypopressive-abdominal exercises increase diaphragm thickness, thus significantly activate the key stabilizer assisting in IAP creation and regulation. The Canadian Society for Exercise Physiology states that abdominal bracing has been shown to be more effective than abdominal hollowing in optimizing spinal stability (Behm et al., 2010). In our study we have instructed the subjects to push against the sensors ("corrected scenario" for all measured positions), i.e. to activate the abdominal wall eccentrically. This maneuver resulted in significant AWT increases and thus indirectly also increasing IAP (Novak et al., 2021). The diaphragm lowers its position and flattens during inhalation and also during postural loading (Kolar et al., 2010, 2009), as this mechanism pressurizes internal organs and pushes them caudally evoking higher activity in pelvic floor muscles (Hodges et al., 2007) that must support viscera from below and ensure continence. Since intra-abdominal contents are mostly liquid and therefore incompressible, the abdominal wall must react eccentrically as the diaphragm descends. In our experiment, we placed the sensors where only the attachments of the abdominal muscles are located (above the inguinal ligament and in the upper lumbar triangle contralaterally) and therefore the abdominal wall is easily accessible and IAP can be accurately measured. Previous research studies also monitored abdominal wall activity in these specific locations to evaluate AWT and spinal stabilization (Jacisko et al., 2021; Kumar et al., 2012; Novak et al., 2021, 2021). Reduced diaphragmatic excursions (Kolar et al., 2012), delayed postural activity of trunk stabilizing muscles (Hodges and Richardson, 1996) and changes in motor control of the abdominal muscles were identified in LBP populations (Hides et al., 2009).

No significant differences were noted between front and back sensors in any monitored position under both spontaneous or corrected scenarios. This results from the physical law defining behavior of the fluid in a closed container. If the AWT reflects IAP (Novak et al., 2021; Ramshorst et al., 2011) that is hydraulic pressure within the abdominal canister, according to Pascal's law the fluid pressure is transmitted equally in all parts of the container acting perpendicular to the enclosing walls. In addition, no significant differences were evidenced between males and females, so it appears the amount of AWT and IAP in various

body positions is not gender specific, which supports prior findings (Chen et al., 2015; Cobb et al., 2005).

This study is not without limitations. First, only asymptomatic, 20-25 year old's were assessed. The results cannot be generalized for older populations, individuals with LBP, or individuals who experience movement system or neurological disorders. Secondly, although the Ohmbelt device was used previously to explore postural stabilization and the methodology was described in detail (Novak et al., 2021), there may be influences that affect the measurement results such as identical placement of the sensors in all subjects, sufficient tightening of the straps fixing the sensors, or body mass index of analyzed subjects. Due to the variability in thickness of subcutaneous abdominal fat, measurements could be adversely affected due to a greater distance between the pressure sensor and the abdominal muscles. To avoid such influence, only subjects with a BMI below 30 were included to participate in the study. Also, only static positions were monitored for short periods of time. Dynamic movement, endurance and loading may strongly affect the results.

5. Conclusion

Measuring AWT using the Ohmbelt device confirms significantly higher activity in the spontaneously adopted supine position with leg raise and bear position relative to a sitting position. This work also confirms that it is possible to change AWT voluntarily. With specific verbal and manual instructions following Dynamic Neuromuscular Stabilization principles, the amount of AWT significantly increased in four monitored positions (supine with leg raise, bear, hang and squat). The greatest abdominal wall activation was achieved in the bear position both for spontaneous and instructed situations.

References:

Arjmand, N., Shirazi-Adl, A., 2006. Role of intra-abdominal pressure in the unloading and stabilization of the human spine during static lifting tasks. Eur Spine J 15, 1265–1275. https://doi.org/10.1007/s00586-005-0012-9

Behm, D.G., Drinkwater, E.J., Willardson, J.M., Cowley, P.M., 2010. Canadian Society for Exercise Physiology. Canadian Society for Exercise Physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. Appl Physiol Nutr Metab 35, 109–112. https://doi.org/10.1139/H09-128

Bitnar, P., Stovicek, J., Andel, R., 2015. Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease. Journal of Bodywork and Movement Therapies 2015. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

Bitnar, P., Stovicek, J., Hlava, S., 2021. Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial. J Manipulative Physiol Ther 44, 344–351. https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2021.01.004

Blazek, D., Stastny, P., Maszczyk, A., Krawczyk, M., Matykiewicz, P., Petr, M., 2019. Systematic review of intra-abdominal and intrathoracic pressures initiated by the Valsalva manoeuvre during high-intensity resistance exercises. Biol Sport 36, 373–386. https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.88759

Brown, C., Tseng, S.C., Mitchell, K., Roddey, T., 2018. Body Position Affects Ultrasonographic Measurement of Diaphragm Contractility. Cardiopulm Phys Ther J 29, 166–172. https://doi.org/10.1097/CPT.0000000000000083

Chen, Y.Z., Yan, S.Y., Chen, Y.Q., 2015. Noninvasive monitoring of intra-abdominal pressure by measuring abdominal wall tension. World J Emerg Med 6, 137–141. https://doi.org/10.5847/wjem.j.1920-8642.2015.02.009

Cholewicki, J., Juluru, K., McGill, S.M., 1999. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. Journal of Biomechanics 32, 13–17. https://doi.org/10.1016/S0021-9290(98)00129-8

Clark, D.R., Lambert, M.I., Hunter, A.M., n.d. Contemporary perspectives of core stability training for dynamic athletic performance: a survey of athletes, coaches, sports science and sports medicine practitioners. Sports Med Open.2018;4(1):32.doi:10.1186/s40798-018-0150-3.

Cobb, W.S., Burns, J.M., Kercher, K.W., Matthews, B.D., James Norton, H., Todd Heniford, B., 2005. Normal intraabdominal pressure in healthy adults. J Surg Res 129, 231–235. https://doi.org/10.1016/j.jss.2005.06.015

Cresswell, A.G., Blake, P.L., Thorstensson, A., 1994. The effect of an abdominal muscle training program on intra-abdominal pressure. Scand J Rehabil Med 26, 79–86.

Cresswell, A.G., Thorstensson, A., 1989. The role of the abdominal musculature in the elevation of the intra-abdominal pressure during specified tasks. Ergonomics 32, 1237–1246. https://doi.org/10.1080/00140138908966893

Davidek, P., Andel, R., Kobesova, A., 2018. Influence of Dynamic Neuromuscular Stabilization Approach on Maximum Kayak Paddling Force. J Hum Kinet 61, 15–27. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0127

Egger, M.J., Hamad, N.M., Hitchcock, R.W., 2015. Reproducibility of intra-abdominal pressure measured during physical activities via a wireless vaginal transducer. Female Pelvic Med Reconstr Surg 21, 164–169. https://doi.org/10.1097/SPV.0000000000000167

Essendrop, M., Andersen, T.B., Schibye, B., 2002. Increase in spinal stability obtained at levels of intra-abdominal pressure and back muscle activity realistic to work situations. Appl Ergon 33, 471–476. https://doi.org/10.1016/s0003-6870(02)00028-5

Hackett, D.A., Chow, C.M., 2013. The Valsalva maneuver: its effect on intra-abdominal pressure and safety issues during resistance exercise. J Strength Cond Res 27, 2338–2345. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827de07d

Hagins, M., Lamberg, E.M., 2011. Individuals with low back pain breathe differently than healthy individuals during a lifting task. J Orthop Sports Phys Ther 41, 141–148. https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3437

Hair, J., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., 2010. Multivariate data analysis, 7th ed. Pearson Educational International, Upper Saddle River, New Jersey.

Hebert, J.J., Koppenhaver, S.L., Teyhen, D.S., Walker, B.F., Fritz, J.M., 2015. The evaluation of lumbar multifidus muscle function via palpation: reliability and validity of a new clinical test. Spine J 15, 1196–1202. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.08.056

Hemborg, B., Moritz, U., Löwing, H., 1985. Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. IV. The causal factors of the intra-abdominal pressure rise. Scand J Rehabil Med 17, 25–38.

Hides, J.A., Belavý, D.L., Cassar, L., Williams, M., Wilson, S.J., Richardson, C.A., 2009. Altered response of the anterolateral abdominal muscles to simulated weight-bearing in subjects with low back pain. Eur Spine J 18, 410–418. https://doi.org/10.1007/s00586-008-0827-2

Hlaing, S.S., Puntumetakul, R., Khine, E.E., Boucaut, R., 2021. Effects of core stabilization exercise and strengthening exercise on proprioception, balance, muscle thickness and pain related outcomes in patients with subacute nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. BMC Musculoskelet Disord 22. https://doi.org/10.1186/s12891-021-04858-6

Hodges, P.W., Gandevia, S.C., 2000. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. J Appl Physiol 89, 967–976.

Hodges, P.W., Richardson, C.A., 1996. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. Spine 21, 2640–2650.

Hodges, P.W., Sapsford, R., Pengel, L.H.M., 2007. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. Neurourol Urodyn 26, 362–371. https://doi.org/10.1002/nau.20232

Hwang, U.J., Lee, M.S., Jung, S.H., Ahn, S.H., Kwon, O.Y., 2021. Effect of pelvic floor electrical stimulation on diaphragm excursion and rib cage movement during tidal and forceful

breathing and coughing in women with stress urinary incontinence: A randomized controlled trial. Medicine (Baltimore 100. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000024158

Jacisko, J., Stribrny, M., Novak, J., 2021. Correlation between palpatory assessment and pressure sensors in response to postural trunk tests. Isokinetics and Exercise Science 29, 299–308. https://doi.org/10.3233/IES-205238

Kitagawa, R., Kato, S., Demura, S., 2020. Efficacy of abdominal trunk muscles-strengthening exercise using an innovative device in treating chronic low back pain: a controlled clinical trial. Sci Rep 10. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78908-9

Kobesova, A., Davidek, P., Morris, C.E., 2020. Functional postural-stabilization tests according to Dynamic Neuromuscular Stabilization approach: Proposal of novel examination protocol. J Bodyw Mov Ther 24, 84–95. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.01.009

Kobesova, A., Dzvonik, J., Kolar, P., Sardina, A., Andel, R., 2015. Effects of shoulder girdle dynamic stabilization exercise on hand muscle strength. Isokinetics and Exercise Science 23, 21–32. https://doi.org/10.3233/IES-140560

Kobesova, A., Safarova, M., RM, K., Pavel, 2016. Dynamic neuromuscular stabilization: exercise in developmental positions to achieve spinal stability and functional joint centration, in: Textbook of Musculoskeletal Medicine. Oxford University Press.

Kolar, P., Neuwirth, J., Sanda, J., 2009. Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. Physiol Res 58, 383–392.

Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., 2012. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. J Orthop Sports Phys Ther 42, 352–362. https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3830

Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., 2010. Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. J Appl Physiol 109, 1064–1071. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01216.2009

Kumar, S., Sharma, V.P., Aggarwal, A., Shukla, R., Dev, R., 2012. Effect of dynamic muscular stabilization technique on low back pain of different durations. J Back Musculoskelet Rehabil 25, 73–79. https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0312

Lander, J.E., Bates, B.T., Devita, P., 1986. Biomechanics of the squat exercise using a modified center of mass bar. Med Sci Sports Exerc 18, 469–478.

Lander, J.E., Hundley, S., JR, R.L., 1992. The effectiveness of weight-belts during multiple repetitions of the squat exercise. Med Sci Sports Exerc 24, 603–609.

Liao, C.H., Cheng, C.T., Chen, C.C., 2021. Systematic Review of Diagnostic Sensors for Intra-Abdominal Pressure Monitoring. Sensors 21. https://doi.org/10.3390/s21144824

Ludvig, D., Preuss, R., Larivière, C., 2019. The effect of extensible and non-extensible lumbar belts on trunk muscle activity and lumbar stiffness in subjects with and without low-back pain. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.04.019

Maaswinkel, E., Griffioen, M., Perez, R.S.G.M., Dieën, J.H., 2016. Methods for assessment of trunk stabilization, a systematic review. J Electromyogr Kinesiol 26, 18–35. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.12.010

MacKenzie, R., Monaghan, L., Masson, R.A., 2020. Physical and Physiological Determinants of Rock Climbing. Int J Sports Physiol Perform 15, 168–179. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0901

Mens, J., Dijke, G., Pool-Goudzwaard, A., Hulst, V., Stam, H., 2006. Possible harmful effects of high intra-abdominal pressure on the pelvic girdle. J Biomech 39, 627–635. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.01.016

Mokhtarzadeh, H., Farahmand, F., Shirazi-adl, A., Arjmand, N., Malekipour, F., Parnianpour, M., 2012. The effects of intra-abdominal pressure on the stability and unloading of the spine. Journal of Mechanics in Medicine and Biology. Published online April 7. https://doi.org/10.1142/S0219519412004508

Novak, J., Busch, A., Kolar, P., Kobesova, A., 2021. Postural and respiratory function of the abdominal muscles: A pilot study to measure abdominal wall activity using belt sensors. Isokinetics and Exercise Science 29, 175–184. https://doi.org/10.3233/IES-203212

Novak, J., Jacisko, J., Busch, A., 2021. Intra-abdominal pressure correlates with abdominal wall tension during clinical evaluation tests. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2021.105426

Panjabi, M.M., 2003. Clinical spinal instability and low back pain. J Electromyogr Kinesiol 13, 371–379. https://doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00044-0

Pereira, B.M., 2019. Abdominal compartment syndrome and intra-abdominal hypertension. Curr Opin Crit Care 25, 688–696. https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000665

Qandeel, H., O'Dwyer, P.J., 2016. Relationship between ventral hernia defect area and intra-abdominal pressure: dynamic in vivo measurement. Surg Endosc.Ultimate 30, 1480–1484. https://doi.org/10.1007/s00464-015-4356-x

Ramshorst, G.H. van, M, S., WCJ, H., 2011. Noninvasive Assessment of Intra-Abdominal Pressure by Measurement of Abdominal Wall Tension1. Journal of Surgical Research 171, 240–244. https://doi.org/10.1016/j.jss.2010.02.007

Rosenbluth, E.M., Johnson, P.J., Hitchcock, R.W., Nygaard, I.E., 2010. Development and testing of a vaginal pressure sensor to measure intra-abdominal pressure in women. Neurourol Urodyn 29, 532–535. https://doi.org/10.1002/nau.20794

Saeterbakken, A.H., Andersen, V., Behm, D.G., 2021. The Role of Trunk Training for Physical Fitness and Sport-Specific Performance. Protocol for a Meta-Analysis. Front Sports Act Living 3. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.625098

Stokes, I.A.F., Gardner-Morse, M.G., Henry, S.M., 2011. Abdominal muscle activation increases lumbar spinal stability: analysis of contributions of different muscle groups. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.04.006

Stokes, I.A.F., Gardner-Morse, M.G., Henry, S.M., 2010. Intra-abdominal pressure and abdominal wall muscular function: Spinal unloading mechanism. Clinical Biomechanics 25, 859–866. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.06.018

Suehiro, T., Ishida, H., Kobara, K., Osaka, H., Kurozumi, C., 2021. Trunk muscle activation patterns during active hip abduction test during remission from recurrent low back pain: an observational study. BMC Musculoskeletal Disorders 22. https://doi.org/10.1186/s12891-021-04538-5

Tsai, Y.J., Chia, C.C., Lee, P.Y., Lin, L.C., Kuo, Y.L., 2020. Landing Kinematics, Sports Performance, and Isokinetic Strength in Adolescent Male Volleyball Athletes: Influence of Core Training. J Sport Rehabil 29, 65–72. https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0015

Valentín-Mazarracin, I., Nogaledo-Martín, M., López-de-Uralde-Villanueva, I., 2021. Reproducibility and Concurrent Validity of Manual Palpation with Rehabilitative Ultrasound Imaging for Assessing Deep Abdominal Muscle Activity: Analysis with Preferential Ratios. Diagnostics (Basel 11. https://doi.org/10.3390/diagnostics11020298

Vicente-Campos, D., Sanchez-Jorge, S., Terrón-Manrique, P., 2021. The Main Role of Diaphragm Muscle as a Mechanism of Hypopressive Abdominal Gymnastics to Improve Non-Specific Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. J Clin Med 10. https://doi.org/10.3390/jcm10214983

Yoon, T.L., Cynn, H.S., Choi, S.A., 2015. Trunk muscle activation during different quadruped stabilization exercises in individuals with chronic low back pain. Physiother Res Int 20, 126–132. https://doi.org/10.1002/pri.1611

+ MODEL

Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015) xx, 1–7

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/jbmt

ORIGINAL RESEARCH STUDY

Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease

P. Bitnar, MPT [a], J. Stovicek, MD [b], R. Andel, PhD [d,e], J. Arlt, PhD [c], M. Arltova, PhD [c], M. Smejkal, MD [f], P. Kolar, PaedDr, PhD [a], A. Kobesova, MD, PhD [a,*]

[a] *Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Second Faculty of Medicine, Charles University and University Hospital Motol, Prague, Czech Republic*
[b] *Department of Internal Medicine, Second Faculty of Medicine, Charles University and University Hospital Motol, Prague, Czech Republic*
[c] *Department of Statistics and Probability, Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics, Prague, Czech Republic*
[d] *School of Aging Studies, University of South Florida, Tampa, FL, USA*
[e] *International Clinical Research Center, St. Anne's University Hospital, Brno, Czech Republic*
[f] *Chirurgie Generale Viscerale et Digestive, Centre Hospitalier Émile Roux, France*

Received 2 September 2015; received in revised form 16 November 2015; accepted 1 December 2015

KEYWORDS
High resolution manometry;
Gastroesophageal reflux disease;
Esophageal pressure;
Diaphragm

Summary The purpose of this study was to determine the relation between posturally increased intra-abdominal pressure and lower/upper esophageal sphincter pressure changes in patients with gastroesophageal reflux disease. We used high resolution manometry to measure pressure changes in lower and upper esophageal sphincter during bilateral leg rise. We also examined whether the rate of lower and upper esophageal sphincter pressure would increase during leg raise differentially in individuals with versus without normal resting pressure. Fifty eight patients with gastroesophageal reflux disease participated in the study. High resolution manometry was performed in relaxed supine position, then lower and upper esophageal sphincter pressure was measured. Finally, the subjects were instructed to keep their legs lifted while performing 90-degree flexion at the hips and knees and the pressure was measured again. Paired t-test and independent samples t-test were used. There was a significant increase in both lower ($P < 0.001$) and upper esophageal sphincter pressure ($P = 0.034$) during

Abbreviations: GE, gastroesophageal; GERD, gastroesophageal reflux disease; HRM, high resolution manometry; LES, lower esophageal sphincter; LESP, lower esophageal sphincter pressure; UES, upper esophageal sphincter; UESP, upper esophageal sphincter pressure; mmHg, millimeter of mercury.

* Corresponding author. Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Second Medical Faculty, Charles University and University Hospital Motol, V Uvalu 84, Prague 5, 159 00, Czech Republic. Tel.: +420 224 43 9264; fax: +420 224 439 220.
E-mail address: alenamudr@me.com (A. Kobesova).

http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002
1360-8592/© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

leg raise compared to the initial resting position. Individuals with initially higher pressure in lower esophageal sphincter (>10 mmHg) exhibited a greater pressure increase during leg raise than those with initially lower pressure (pressure ≤10 mmHg; P = 0.002). Similarly individuals with higher resting upper esophageal sphincter pressure (>44 mmHg) showed a greater pressure increase during leg raise than those with lower resting pressure (≤44 mmHg; P < 0.001). The results illustrate the influence of postural leg activities on intraesophageal pressure in patients with gastroesophageal reflux disease, indicating by means of high resolution manometry that diaphragmatic postural and sphincter function are likely interrelated in this population.
© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Introduction

Gastroesophageal reflux disease (GERD) is a common and serious problem. Anti-reflux barrier mechanisms have been discussed extensively in the literature. An increased thoraco-abdominal pressure gradient (Ayazi et al., 2011), length of lower esophageal sphincter (LES), flap valve at the gastroesophageal (GE) junction or the angle of His have been considered (Mittal and Liu, 2005); transient LES relaxation, hiatal hernia, impaired esophageal clearance and reduced lower esophageal sphincter pressure (LESP) have also been assessed (Rohof et al., 2009). Evidence for the influence of intra-abdominal pressure on LESP has been shown repeatedly (Ayazi et al., 2011; Dodds et al., 1975; Kahrilas, 1999). Mittal and Liu (2005) suggest that two structures contribute to the GE junction pressure — intrinsic or smooth LES muscle and extrinsic or skeletal muscle crural diaphragm. Diaphragm performs complex postural, respiratory and sphincter function. Dual postural and respiratory diaphragmatic function has been shown by Hodges and Gandevia (2000). Abnormal diaphragmatic function plays an important role in the gastroesophageal reflex disease (GERD) (Kahrilas, 1999; Shafik et al., 2006). However, exact correlation between diaphragmatic postural and sphincter function has not yet been illustrated, especially in patients with GERD. Also, it is not clear whether posture-related intra-abdominal pressure changes affect upper esophageal sphincter (UES). Using high resolution manometry (HRM), we examined pressure changes in LES and UES in the relaxed supine posture relative to the supine posture with legs raised and actively held against gravity in patients with GERD (Fig. 1). The aim of this study was to assess the influence of increased intra-abdominal pressure both on LESP and upper esophageal sphincter pressure (UESP) and to explore whether this activation differs in patients with normal vs. abnormal resting LESP and UESP.

Fig. 1 High resolution manometry assessment with legs raised.

Material and methods

Subjects

A convenience sample of 58 volunteers, aged 20—66, 32 males and 26 females, were clinically ascertained to have typical GERD symptoms, i.e. acid regurgitation and heartburn with or without other frequent symptoms such as chronic dry cough, halitosis, epigastric pain, dyspepsia or nausea. Descriptive statistics of the patient sample are shown in Table 1. Exclusion criteria were: previous gastro-esophageal surgery, concomitant other chronic disease that would affect esophageal motility (neuromuscular disease, achalasia, diffuse esophageal spasm, scleroderma) or

Table 1 Descriptive statistics of the sample.

	Mean	SD	Min	Max
Age	43	11	20	66
Height (cm)	172	10	152	196
Weight (kg)	78	16	47	110
Body mass index	26	5	19	39
LESP rest (mmHg)	14	10	−4	41
UESP rest (mmHg)	90	68	9	388
LESP leg raise (mmHg)	31	18	3	79
UESP leg raise (mmHg)	104	78	10	330

Notes. SD = standard deviation; LESP = lower esophageal sphincter pressure; UESP = upper esophageal sphincter pressure..

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

structural pathology (pharyngeal pouch, diverticulum), and massive hiatus hernia.

Methods

This study was approved by the institutional ethical committee. All subjects were questioned to ensure that they met the inclusion criteria of the study. All testing procedures were thoroughly explained to the participants with a detailed description of the HRM assessments. All subjects reported that they understood the test procedures and gave informed consent.

Routine HRM procedure was performed. Water-perfused HRM catheter was applied transnasally with the patient in a sitting position. UES and LES were identified, and the catheter was fixed. Then the subject was instructed to lie supine and perform a series of 10 swallows of 5 ml of water. First, pressure was recorded in UES and LES at rest. Then the patient's lower extremities were passively raised by a clinician and positioned to 90 degrees of flexion at the hips and knees and the subject was instructed to maintain this position actively (Fig. 1). Again, pressure was recorded in UES and LES. After putting the legs down, the patient performed one more swallow of 5 ml of water, and the catheter was pulled out after the patient was seated. All patients tolerated the measurement procedure well.

The member of our team with the most clinical experience (J.S.) performed all measurements; we paid careful attention to assuring that the conditions under which testing was conducted were uniform and we used the same catheter for all assessments. Clinical diagnosis of GERD was found to agree highly with HRM software-generated diagnosis (reliability $\kappa = 0.79$) previously (Singendonk et al., 2015).

The manometric data were analyzed using a MMS Solar GI HRM software.

Statistical analysis

The statistical analysis was performed using the software Statgraphics Centurion XV, version 15.2.06. Paired sample t-test were used to examine whether esophageal pressure (lower and upper) would change with lower extremity activation. Independent samples t-test were performed to compare whether the change in lower or upper esophageal pressure was different for those with initially low vs. high esophageal pressure. Note that the groups with initially low vs. high esophageal pressure did not differ significantly in terms of potentially relevant variables age, sex, or body mass index ($p > 0.10$). Therefore, we proceeded without controlling for these variables, which allowed us to reduce bias towards Type II error due to a relatively small sample size. The significance level was set at two-tailed 0.05.

Results

Aim 1: examine whether LESP and UESP would change as a result of lower extremities activation in patients with GERD

The paired sample *t*-test indicated that the mean LESP was significantly higher with legs raised compared to the resting supine position (*Mean* = 30.5, *SD* = 18.3 mm Hg vs. *Mean* = 13.6, *SD* = 9.5 mmHg; $P < 0.001$). Fig. 2 illustrates this result. Similarly, the mean UESP was significantly higher with legs raised compared to the resting supine position (*Mean* = 103.7, *SD* = 78.4 mm Hg vs. *Mean* = 89.6, *SD* = 67.7 mm Hg; $P = 0.034$). Fig. 3 illustrates this result. Of note in relation to Fig. 3 is the outlier with very high resting UES. We speculate that this value is the result of the individual's extreme lumbar hyperlordosis in the supine position. When the participant lifted his legs, the lumbar hyperlordosis reduced greatly. The idea is that the posture with legs lifted may have actually been more relaxing than the supine position, resulting in lower readings with legs raised.

Aim 2: examine whether the change in LESP or UESP with postural leg activation would be different in individuals with normal versus abnormal resting LESP and UESP

Results of the independent samples *t*-test indicated that the individuals with higher resting LESP (>10 mmHg) experienced a significantly greater increase in LESP during leg raise than those with lower resting LESP (*Mean* = 36.6, *SD* = 18.7 mmHg vs. *Mean* = 23.0, *SD* = 14.9 mmHg; $P = 0.002$). Fig. 4 illustrates this result. In terms of UESP, those with higher resting UESP (>44 mmHg) experienced a significantly greater increase in UESP during the leg raise than those with lower resting pressure (≤44 mmHg)

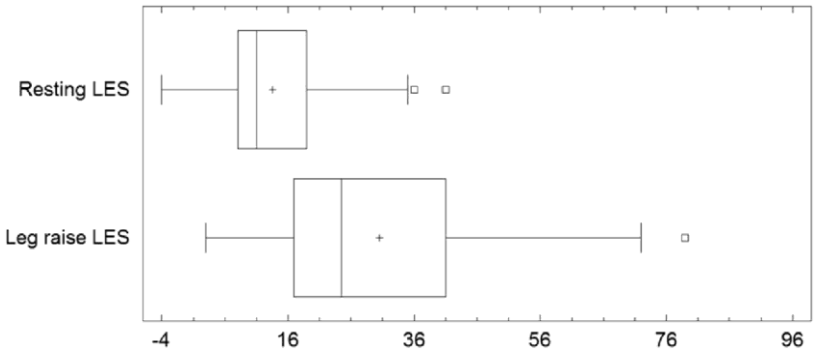


Fig. 2 Statistical comparison of lower esophageal sphincter pressure data (mmHg) measured at rest in supine position and with leg raise.

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

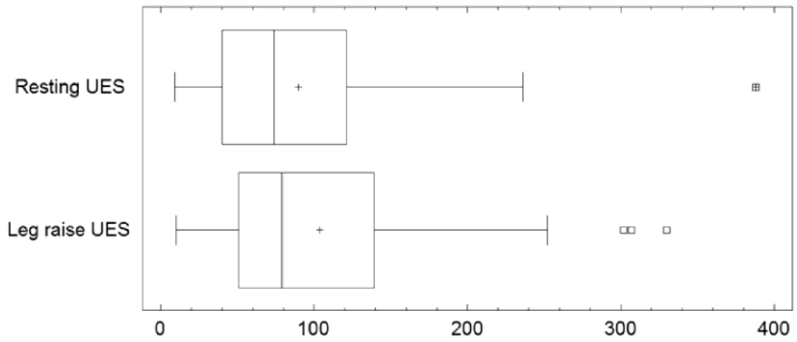


Fig. 3 Statistical comparison of upper esophageal sphincter pressure data (mmHg) measured at rest in supine and with leg raise.

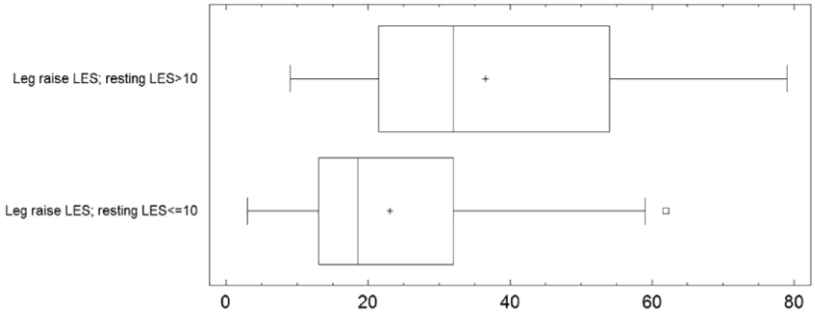


Fig. 4 Change in the lower esophageal sphincter pressure during leg raise in individuals with higher (>10 mmHg) vs. lower resting LESP (≤10 mmHg) in supine.

(*Mean* = 133.1, *SD* = 79.0 mmHg vs. *Mean* = 48.0, *SD* = 36.0 mmHg; $P < 0.001$). Fig. 5 illustrates this result.

Discussion

The aim of this study was to assess the influence of increased intra-abdominal pressure on LESP and UESP and to determine if this effect differs in individuals with normal vs. abnormal resting LESP and UESP. In support of our hypotheses, we found a significant increase both in LESP and UESP with legs raised compared to the initial resting position. Patients with initially higher LESP (>10 mmHg) exhibited a greater increase in LESP during the leg raise than those with initially lower pressure. Similarly, patients with higher resting UESP (>44 mmHg) showed a greater increase in UESP during the leg raise than those with lower resting pressure.

The overarching goal of this study was to explore the relationship between intra-abdominal pressure changes and LESP (UESP) dynamics. The LESP significantly increased with the leg raise in the whole group of 58 subjects. Following the ASGE Technology Committee (2012) criteria, we compared an increase in LESP with legs raised between

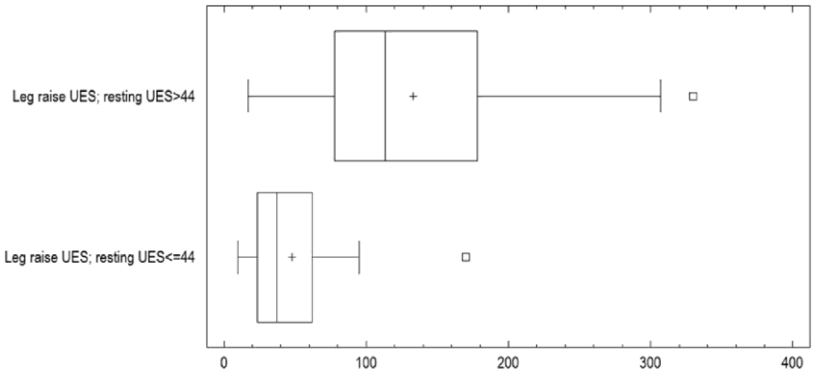


Fig. 5 Change in the upper esophageal sphincter pressure during leg raise in individuals with higher (over 44 mmHg) vs. lower resting UESP (in mmHg) in supine.

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

individuals with abnormally low resting LESP, i.e. ≤10 mmHg (26 subjects) versus those with normal resting LESP, i.e. >10 mmHg (32 individuals). LESP increased significantly more with a leg raise for those who had normal LESP at rest (more than 10 mmHg) than for those who had abnormally low resting LESP (at or lower than 10 mmHg). These results provide evidence for the influence of intra-abdominal pressure changes on LESP.

In the context posturally related LESP changes, it is likely that the observed results point to the critical role of the diaphragm as an important respiratory, postural and sphincter muscle. The crural diaphragm plays an important role in the gastroesophageal competence mechanism (Shafik et al., 2006), serving as a "second sphincter" during abrupt increases in intra-abdominal pressure (Kahrilas, 1999). Mittal et al. illustrated an increase of LESP during straight leg raising in healthy individuals and by means of EMG confirmed that tonic contraction of the crural diaphragm is a mechanism for LESP increase (Mittal et al., 1990). Future research should examine directly whether results reported here truly are driven by the diaphragm function.

During postural locomotion activities such as hip flexion, postural activity of the diaphragm increases (Kolar et al., 2012, 2010). This mechanism plays an important role in reflux prevention during increases of intra-abdominal pressure (Kahrilas, 1999) that is related to any physical strain, locomotion or even an active static position. In a study by Dodds et al., the LESP increases associated with leg raising were unrelated to the initial sphincter pressure (Dodds et al., 1975). The results of our study using patients with GERD are not in line with the study by Dodds et al. (1975). One possibility is that measurement differences contributed to the differences in outcomes. Dodds et al. used a relatively rough method (although the best method available at the time) that may not have been able to capture this phenomenon to the same extent as the new HRM assessment used in this study. Also, our results support the findings by Cohen and Harris (1970) and Mittal et al. (1990), both of whom point to the increased pressure during a leg raise on which we build to suggest a potential greater increase in those with initially higher pressure.

Our results maybe indicative of a decreased LESP response to the increase in intra-abdominal pressure, causing reflux or even regurgitation especially during forward bending or other postural challenges (e.g. weight lifting). Perhaps both the resting LESP and the amount of LESP increase during postural challenge are critical anti-reflux barrier mechanisms. But we may speculate that also the mode of diaphragmatic activation is different in GERD patients comparing to healthy subjects.

The diaphragm is an important respiratory, postural and sphincter muscle that consists of several sections. It can be expected that in patients with GERD mainly its crural part, which plays a role of the second sphincter, is dysfunctional whereas in patients with chronic low back pain its costal and middle sections have been identified as dysfunctional (Kolar et al., 2012). Also, an abnormal position and a steeper slope of the diaphragm was found in individuals with chronic back pain in comparison with a healthy population (Kolar et al., 2012). Perhaps this change in diaphragmatic position and contour can be of some importance in GERD as well. Abnormal diaphragmatic function can be a common denominator in patients suffering from both GERD and chronic back pain. Yamane states that kyphosis is associated with gastric acid reflux, osteoporotic vertebral fractures are associated with the presence of hiatus hernia, aggravating GERD symptoms, and that there is a strong positive correlation between intra-abdominal pressure and the lumbar compression force (Yamane et al., 2011). A longitudinal study published by Smith et al. (2014) presents a relationship between incontinence, breathing disorders, gastrointestinal symptoms, and back pain. All individuals involved in our study reported repetitive chronic back pain for which they were repeatedly treated at the rehabilitation department. Approaching diaphragmatic activation with a rehabilitation treatment can influence LESP and thus also GERD symptoms as confirmed by previous research (Carvalho de Miranda Chaves et al., 2012; da Silva et al., 2013; Eherer et al., 2012; Nobre e Souza et al., 2013).

Probably the most unique part of this study is the confirmation of intra-abdominal pressure influence on UESP. In our study, the UESP significantly increased with the leg raise. While extensive research addresses LES function in patients with GERD, much less attention has been paid to the role of the UESP. Resting UESP norms have been established (Bremner et al., 2001; Jungheim et al., 2015) but postural influence on UESP has not been clearly defined. We followed the norms published by Bremner et al. (2001; Neville et al., 2005) indicating 73 ± 29 mmHg for resting UESP. In the entire sample, 20 had resting UESP bellow the lower limit of normal (44 mmHg) while 38 individuals had resting UESP above the lower limit of normal and 20 had the resting UEP above the upper limit of normal (102 mmHg).

Individuals with higher resting UESP (more than 44 mmHg) exhibited a significantly greater increase in UESP during the leg raise than those with lower resting pressure (Fig. 5). To confirm this statistical inference, we also conducted an analysis with the 73 mmHg threshold (according Bremner the UESP norm is 73 ± 29 mmHg) (Bremner et al., 2001; Neville et al., 2005), and the same relationship between resting UESP and an UESP increase during a leg raise was confirmed. In individuals with resting UESP above 73 mmHg, the increase in resting UESP during a leg raise was significantly more than for those with lower resting pressure (*Mean* = 147.5, *SD* = 81.1 mmHg vs. *Mean* = 60.0, *SD* = 45.0 mmHg; $P < 0.001$). In other words, the selected threshold did not seem to play an important role. Our results indicate that the rate of the increase in intra-abdominal pressure is dependent on the level of the initial resting UESP. This finding applied to all by one patient, in whom the opposite was true — the resting UESP was higher than UESP during the leg raise.

The findings have clinical implications. Generally, in patients with very low UESP, we expect an increased risk of gastroesophageal refluxate aspiration (Patti et al., 1992), while the high UESP may cause dysphagia, odynophagia or globus (Peng et al., 2015). But consensus does not exist even on this topic. For example, according to Choi et al., a HRM analysis suggests that UESP is not associated with globus (Choi et al., 2013). Kwiatek demonstrated that respiration-related change in resting UESP is significantly

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

amplified in globus patients (Kwiatek et al., 2009). Respiration, as well as an intra-abdominal pressure increase due to postural limb activation, are related to changes in diaphragmatic position (Kolar et al., 2010, 2009). The diaphragm constantly fulfills combined respiratory, postural and sphincter function. These diaphragmatic roles are interrelated. Our data support the notion that the postural situation under which HRM LESP and UESP are measured should be considered. Carmo et al. (2015) state that resting UESP is significantly lower in the sitting posture compared to supine, suggesting that obtained data should be interpreted with caution in light of accepted norms. Most studies using HRM are conducted based on measurements in supine, whereas deglutition but also other movements and activities occur mostly in the upright position (do Carmo et al., 2015).

Combined diaphragmatic function (respiratory, postural and sphincter) and its influence on UESP and LESP should be evaluated not just in patients with GERD, but also in patients with back pain where diaphragmatic activation is abnormal (Janssens et al., 2013; Kolar et al., 2012; Vostatek et al., 2013) as well as in patients with respiratory disorders. HRM appears to be an appropriate method to evaluate this combined diaphragmatic function.

There are a few limitations to this study. First, although GERD was carefully clinically ascertained in the sample and the presence of common associated diseases and conditions was ruled out during the assessment, it is still possible that some other physiological process or condition were present. Second, all patients with GERD involved in the study also complained of chronic pain in the musculoskeletal system but a specific relationship between these symptoms and obtained data was not addressed. This will be a topic of a future study. Third, no direct diaphragm measurements were done in this study. However, it has already been demonstrated by Mittal et al. (1990) by means of EMG diaphragmatic recording that increase in LES during periods of increased intra-abdominal pressure is associated with a tonic contraction of the crural diaphragm. Fourth, the sample was relatively small, potentially compromising explanatory power. However, a greater sample would only be likely to provide stronger statistical evidence for our hypotheses.

Finally, with these limitations in mind, and considering that our findings are not in line with some of the previous relevant research studies, our findings need to be interpreted with caution. Future research needs to address the influence of postural situation on UESP and LESP in chronic back pain patients and its relationship to GERD. The effects of treatment (diaphragmatic training) on LESP and UESP and on subjective symptoms in GERD and back pain population should also be explored.

Conclusion

The findings demonstrate the influence of intra-abdominal pressure both on LESP and UESP in patients with GERD. We also found that the amount of LESP and UESP increase during postural activation depended on resting LESP and UESP. The results illustrate the influence of increased intra-abdominal pressure on intraesophageal pressure, confirming combined diaphragmatic postural and sphincter function. HRM evaluates not only sphincter, but indirectly also postural diaphragmatic function. This may aid in the design of functional assessment and conservative treatment of individuals with esophageal motility disorders, but also respiratory disorders and back pain where compromised combined diaphragmatic function maybe a common denominator.

Funding

This study was supported by the Foundation "Movement without Help", Prague, Czech Republic, by Rehabilitation Prague School (www.rehabps.com) and by a grant PRVOUK 38.

Conflict of interest

None of the authors has any conflict of interest.

References

ASGE Technology Committee, Wang, A., Pleskow, D.K., Banerjee, S., Barth, B.A., Bhat, Y.M., Desilets, D.J., Gottlieb, K.T., Maple, J.T., Pfau, P.R., Siddiqui, U.D., Tokar, J.L., Song, L.-M.W.K., Rodriguez, S.A., 2012. Esophageal function testing. Gastrointest. Endosc. 76, 231—243. http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2012.02.022.

Ayazi, S., DeMeester, S.R., Hsieh, C.-C., Zehetner, J., Sharma, G., Grant, K.S., Oh, D.S., Lipham, J.C., Hagen, J.A., DeMeester, T.R., 2011. Thoraco-abdominal pressure gradients during the phases of respiration contribute to gastroesophageal reflux disease. Dig. Dis. Sci. 56, 1718—1722. http://dx.doi.org/10.1007/s10620-011-1694-y.

Bremner, C.G., DeMeester, T.M., Bremner, R.M., Mason, R.J., 2001. Esophageal Motility Testing Made Easy. Quality Medical Publishing, St. Louis.

Carvalho de Miranda Chaves, R., Suesada, M., Polisel, F., de Sá, C.C., Navarro-Rodriguez, T., 2012. Respiratory physiotherapy can increase lower esophageal sphincter pressure in GERD patients. Respir. Med. 106, 1794—1799. http://dx.doi.org/10.1016/j.rmed.2012.08.023.

Choi, W.S., Kim, T.W., Kim, J.H., Lee, S.H., Hur, W.J., Choe, Y.G., Lee, S.H., Park, J.H., Sohn, C.I., 2013. High-resolution manometry and globus: comparison of globus, gastroesophageal reflux disease and normal controls using high-resolution manometry. J. Neurogastroenterol. Motil. 19, 473—478. http://dx.doi.org/10.5056/jnm.2013.19.4.473.

Cohen, S., Harris, L.D., 1970. Lower esophageal sphincter pressure as an index of lower esophageal sphincter strength. Gastroenterology 58, 157—162.

Da Silva, R.C.V., de Sá, C.C., Pascual-Vaca, Á.O., de Souza Fontes, L.H., Herbella Fernandes, F. a. M., Dib, R.A., Blanco, C.R., Queiroz, R.A., Navarro-Rodriguez, T., 2013. Increase of lower esophageal sphincter pressure after osteopathic intervention on the diaphragm in patients with gastroesophageal reflux. Dis. Esophagus 26, 451—456. http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-2050.2012.01372.x.

Do Carmo, G.C., Jafari, J., Sifrim, D., de Oliveira, R.B., 2015. Normal esophageal pressure topography metrics for data derived from the Sandhill-Unisensor high-resolution manometry assembly in supine and sitting positions. Neurogastroenterol. Motil. 27, 285—292. http://dx.doi.org/10.1111/nmo.12501.

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

Dodds, W.J., Hogan, W.J., Miller, W.N., Stef, J.J., Arndorfer, R.C., Lydon, S.B., 1975. Effect of increased intra abdominal pressure on lower esophageal sphincter pressure. Am. J. Dig. Dis. 20, 298—308.

Eherer, A.J., Netolitzky, F., Högenauer, C., Puschnig, G., Hinterleitner, T.A., Scheidl, S., Kraxner, W., Krejs, G.J., Hoffmann, K.M., 2012. Positive effect of abdominal breathing exercise on gastroesophageal reflux disease: a randomized, controlled study. Am. J. Gastroenterol. 107, 372—378. http://dx.doi.org/10.1038/ajg.2011.420.

Hodges, P.W., Gandevia, S.C., 2000. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. J. Appl. Physiol. 1985 (89), 967—976.

Janssens, L., Brumagne, S., McConnell, A.K., Hermans, G., Troosters, T., Gayan-Ramirez, G., 2013. Greater diaphragm fatigability in individuals with recurrent low back pain. Respir. Physiol. Neurobiol. 188, 119—123. http://dx.doi.org/10.1016/j.resp.2013.05.028.

Jungheim, M., Schubert, C., Miller, S., Ptok, M., 2015. Normative data of pharyngeal and upper esophageal sphincter high resolution manometry. Laryngorhinootologie. http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1395532.

Kahrilas, P.J., 1999. The role of hiatus hernia in GERD. Yale J. Biol. Med. 72, 101—111.

Kolar, P., Neuwirth, J., Sanda, J., Suchanek, V., Svata, Z., Volejnik, J., Pivec, M., 2009. Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. Physiol. Res. Acad. Sci. Bohemoslov. 58, 383—392.

Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., Sanda, J., Cakrt, O., Andel, R., Kumagai, K., Kobesova, A., 2012. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. J. Orthop. Sports Phys. Ther. 42, 352—362. http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2012.3830.

Kolar, P., Sulc, J., Kyncl, M., Sanda, J., Neuwirth, J., Bokarius, A.V., Kriz, J., Kobesova, A., 2010. Stabilizing function of the diaphragm: dynamic MRI and synchronized spirometric assessment. J. Appl. Physiol. Bethesda Md 1985 (109), 1064—1071. http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.01216.2009.

Kwiatek, M.A., Mirza, F., Kahrilas, P.J., Pandolfino, J.E., 2009. Hyperdynamic upper esophageal sphincter pressure: a manometric observation in patients reporting globus sensation. Am. J. Gastroenterol. 104, 289—298. http://dx.doi.org/10.1038/ajg.2008.150.

Mittal, R.K., Fisher, M., McCallum, R.W., Rochester, D.F., Dent, J., Sluss, J., 1990. Human lower esophageal sphincter pressure response to increased intra-abdominal pressure. Am. J. Physiol. 258, G624—G630.

Mittal, R.K., Liu, J., 2005. Flow across the gastro-esophageal junction: lessons from the sleeve sensor on the nature of anti-reflux barrier. Neurogastroenterol. Motil. Off. J. Eur. Gastrointest. Motil. Soc. 17, 187—190. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2982.2004.00600.x.

Neville, A.L., Crookes, P., Velmahos, G.C., Vlahos, A., Theodorou, D., Lucas, C.E., 2005. Esophageal dysfunction in cervical spinal cord injury: a potentially important mechanism of aspiration. J. Trauma 59, 905—911.

Nobre e Souza, M.Â., Lima, M.J.V., Martins, G.B., Nobre, R.A., Souza, M.H.L.P., de Oliveira, R.B., dos Santos, A.A., 2013. Inspiratory muscle training improves antireflux barrier in GERD patients. Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. 305, G862—G867. http://dx.doi.org/10.1152/ajpgi.00054.2013.

Patti, M.G., Debas, H.T., Pellegrini, C.A., 1992. Esophageal manometry and 24-hour pH monitoring in the diagnosis of pulmonary aspiration secondary to gastroesophageal reflux. Am. J. Surg. 163, 401—406.

Peng, L., Patel, A., Kushnir, V., Gyawali, C.P., 2015. Assessment of upper esophageal sphincter function on high-resolution manometry: identification of predictors of globus symptoms. J. Clin. Gastroenterol. 49, 95—100. http://dx.doi.org/10.1097/MCG.0000000000000078.

Rohof, W.O.A., Hirsch, D.P., Boeckxstaens, G.E.E., 2009. Pathophysiology and management of gastroesophageal reflux disease. Minerva Gastroenterol. Dietol 55, 289—300.

Shafik, A., Shafik, I., El Sibai, O., Mostafa, R.M., 2006. The effect of esophageal and gastric distension on the crural diaphragm. World J. Surg. 30, 199—204. http://dx.doi.org/10.1007/s00268-005-0282-8.

Singendonk, M.M.J., Smits, M.J., Heijting, I.E., van Wijk, M.P., Nurko, S., Rosen, R., Weijenborg, P.W., Abu-Assi, R., Hoekman, D.R., Kuizenga-Wessel, S., Seiboth, G., Benninga, M.A., Omari, T.I., Kritas, S., 2015. Inter- and intra-rater reliability of the Chicago classification in pediatric high-resolution esophageal manometry recordings. Neurogastroenterol. Motil. Off. J. Eur. Gastrointest. Motil. Soc. 27, 269—276. http://dx.doi.org/10.1111/nmo.12488.

Smith, M.D., Russell, A., Hodges, P.W., 2014. The relationship between incontinence, breathing disorders, gastrointestinal symptoms, and back pain in women: a longitudinal cohort study. Clin. J. Pain 30, 162—167. http://dx.doi.org/10.1097/AJP.0b013e31828b10fe.

Vostatek, P., Novák, D., Rychnovský, T., Rychnovská, S., 2013. Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. PloS One 8, e56724. http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0056724.

Yamane, Y., Yamaguchi, T., Tsumori, M., Yamauchi, M., Yano, S., Yamamoto, M., Honda, C., Kinoshita, Y., Sugimoto, T., 2011. Elcatonin is effective for lower back pain and the symptoms of gastroesophageal reflux disease in elderly osteoporotic patients with kyphosis. Geriatr. Gerontol. Int. 11, 215—220. http://dx.doi.org/10.1111/j.1447-0594.2010.00676.x.

Please cite this article in press as: Bitnar, P., et al., Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease, Journal of Bodywork & Movement Therapies (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.002

Příloha 4

Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Cause Significant Changes in Upper and Lower Esophageal Sphincter: A Randomized Trial

Petr Bitnar, DPT, [a] Jan Stovicek, MD, PhD, [b] Stepan Hlava, MD, [b] Pavel Kolar, PT, PhD, [a] Josef Arlt, Ing, PhD, [c] Marketa Arltova, Ing, PhD, [d] Katerina Madle, PT, [a] Andrew Busch, EdD, [e] and Alena Kobesova, MD, PhD [a]

Abstract

Objectives: Dysfunctions in the lower esophageal sphincter (LES) and the upper esophageal sphincter (UES) levels can occur owing to poor muscle coordination, contraction, or relaxation. Such condition can possibly be addressed by functional rehabilitation. The aim of this study was to measure pressure changes in the UES and LES at rest and during routine rehabilitation techniques, that is, cervical manual traction and trunk stabilization maneuver.

Methods: This study was conducted in a University Hospital Gastrointestinal Endoscopy Center. Cervical manual traction and a trunk stabilization maneuver were performed in a convenient group of 54 adult patients with gastroesophageal reflux disease. High-resolution manometry was used to measure pressure changes in the LES and UES at rest and during manual cervical traction and trunk stabilization maneuver.

Results: Average initial resting UES pressure was 90.91 mmHg. A significant decrease was identified during both cervical traction (average UES pressure = 42.13 mmHg, $P < .001$) and trunk stabilization maneuver (average UES pressure = 62.74 mmHg, $P = .002$). The average initial resting LES pressure was 14.31 mmHg. A significant increase in LES pressure was identified both during cervical traction (average LES pressure = 21.39 mmHg, $P < .001$) and during the trunk stabilization maneuver, (average pressure = 24.09 mmHg, $P < .001$).

Conclusion: Cervical traction and trunk stabilization maneuvers can be used to decrease pressure in the UES and increase LES pressure in patients with gastroesophageal reflux disease. (J Manipulative Physiol Ther 2021;44;344-351)

Key Indexing Terms: *Gastroesophageal Reflux; Lower Esophageal Sphincter; Upper Esophageal Sphincter; Esophageal Motility Disorders; Diaphragm; Musculoskeletal Manipulations*

Introduction

Gastroesophageal reflux disease (GERD) affects about a quarter of the adult population in the United States and Europe.[1] GERD significantly affects quality of life[2] and is responsible for the greatest gastrointestinal (GI) disease treatment cost in the United States.[3] In 2004, drugs prescribed for dyspepsia in the United Kingdom cost 7% of the primary care prescribing budget.[4] Similarly common as GERD is dysphagia, occurring in 8% to 22% of persons over the age of 50, and even more frequently in older populations.[5] As a result, functional GI disorders are frequently researched with the aim to decrease the prevalence of the disorders, improve quality of life, and reduce financial burdens associated with diagnosis and treatment. Although there is a risk of side effects with medication,[6] rehabilitation and manual therapy that are proven to be effective[7-11] may offer few side effects while showing positive health economic implications.[12]

Within the GI tract, the esophagus is a common location for disorders to manifest, specifically in the 2 sphincters

[a] Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Second Faculty of Medicine, Charles University and University Hospital Motol, Prague, Czech Republic.
[b] Department of Internal Medicine, Second Faculty of Medicine, Charles University and University Hospital Motol, Prague, Czech Republic.
[c] Department of Statistics and Probability, Faculty of Informatics and Statistics, Prague University of Economics and Business, Prague, Czech Republic.
[d] Department of Public Finance, Faculty of Finance and Accounting, Prague University of Economics and Business, Prague, Czech Republic.
[e] Department of Health and Human Kinetics, Ohio Wesleyan University, Delaware, Ohio.
Corresponding author: Alena Kobesova, MD, PhD, Klinika Rehabilitace a TVL, V Uvalu 84, Prague 5 – Motol, 15006 Czech Republic.
(e-mail: *alenamudr@me.com*).
Paper submitted May 27, 2020; in revised form August 9, 2020; accepted January 20, 2021.
0161-4754
© 2021 by National University of Health Sciences.
https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2021.01.004

located within the esophagus. The upper esophageal sphincter (UES) consists of the cricopharyngeus muscle circular fibers, which are closed at rest, preventing esophageal air intake during inhalation. The UES permits both antegrade and retrograde flow of material during swallowing, belching, and vomiting,[13] thus forming an important anatomic and functional landmark.[14] The lower esophageal sphincter (LES), together with the crural part of the diaphragm, is the main anti-reflux barrier, protecting the esophagus from regurgitating stomach contents.

Apart from structural disorders such as neoplasms, Zenker's diverticulum, or thyroid disorders,[15] the UES may present with many types of dysfunction. The UES can fail to relax, which may be a motor disorder caused by a medullary lesion[16] or a Parkinson's disease symptom.[17] The UES opening can also become diminished, primarily owing to weakness or insufficient pharyngeal propulsion. Both conditions may be associated with neurologic disorders such as generalized myopathy, amyotrophic lateral sclerosis, Parkinson's disease, and other neuromyogenic conditions.[13] UES incompetence may result in esophagopharyngeal regurgitation.[13] The LES can also be structurally affected by cancer, ulcers, or inflammation; however, functional incompetence resulting in GERD is by far the most frequent problem.[3]

Other than structural or neurologic causes, dysfunctions in both the UES and LES levels can still occur owing to poor muscle coordination, contraction, or relaxation. When patients complain of digestive problems in the absence of structural changes, functional GI disorders are conditions frequently seen in gastroenterology practice.[18] Often, no organic, anatomic, histological, biochemical, ultrasonographic, endoscopic, or even histochemical changes can be identified. This suggests the cause could be an impaired regulation, which may be reflected in the sphincter function, or a change in motility and tone. Impaired motility combined with increased visceral sensitivity, psychosocial conditions, and central nervous dysregulation are considered to be important etiopathogenic factors. A biopsychosocial model as a basis for understanding and treating these disorders has been proposed.[18]

The UES and LES are partially formed by skeletal muscles,[19] and because certain maneuvers like changing body position[20-22] can alter UES or LES pressure, the authors speculate that impairments at the sphincter level can be improved by rehabilitation techniques. Existing literature reports the positive effects adequate physical activity,[23] breathing exercises[7,10,11] and osteopathic visceral treatment[9] can have on GERD symptoms. However, the exact mechanism of the rehabilitation treatment effect has not been reported. To create an optimal rehabilitation strategy and improve clinical outcomes, it is important to first understand how certain techniques change the UES and LES pressures. Therefore, the purpose of this study was to examine the effect of manual cervical traction and a trunk stabilization maneuver, 2 common rehabilitation procedures aimed to improve UES pressure (UESP) and LES pressure (LESP) in patients diagnosed with GERD. The 2 rehabilitation techniques were chosen based on long-lasting positive clinical experience of the team working with patients with GERD and dysphagia supported by studies demonstrating that trunk and neck positioning are important for a normal feeding and swallowing process.[24-27] We hypothesized that both procedures would relax UES and activate the LES in a sample of patients with GERD.

Methods

Participants

Fifty-seven participants, 29 male and 28 female, aged 20 to 66 years (weight 47 kg to 110 kg, height 152 cm to 196 cm, body mass index 18.6-39.0) were recruited to participate in this study. Participants were included if they presented with typical GERD symptoms, that is, acid regurgitation and heartburn with or without other frequent symptoms such as chronic dry cough, halitosis, epigastric pain, dyspepsia, or nausea. All testing procedures were thoroughly explained to the participants with a detailed description of the assessments. Any participant with a history of previous gastroesophageal surgery, concomitant disease, other chronic diseases affecting esophageal motility (neuromuscular disease, achalasia, diffuse esophageal spasm, scleroderma) or structural pathology (pharyngeal pouch, diverticulum), and massive hiatus hernia were excluded from the study. A total of 3 participants were excluded from the study owing to missing data on 1 or more of the measures (Fig. 1). Written informed consent was obtained from each participant, and this study was approved by Institutional Ethical Board, University Hospital Motol, Prague, Czech Republic. All authors of this article had access to the study data and reviewed and approved the final manuscript. This study was registered as a clinical trial (registration number NCT03871426) and followed the Consolidated Standards of Reporting Trials checklist (Fig. 1).

High-Resolution Manometry (HRM) Measurement and Intervention

Upon arrival at the hospital endoscopy center, participants were randomly assigned in an every-other fashion to undergo cervical traction first, followed by the trunk stabilization maneuver, or vice versa. Routine HRM procedures using a solar GI manometry system were performed by the same skilled gastroenterology specialist well trained for over a decade in HRM performance and assessment. The HRM assessment was performed according to the same procedures described by Bitnar et al.[20] A water-perfused HRM catheter was applied transnasally with the patient in a sitting position. The UES and LES were identified, and the catheter was fixed. Then the participant was instructed to lie supine and perform a series of 10 swallows of 5 mL of water. First, initial resting pressures were recorded in the

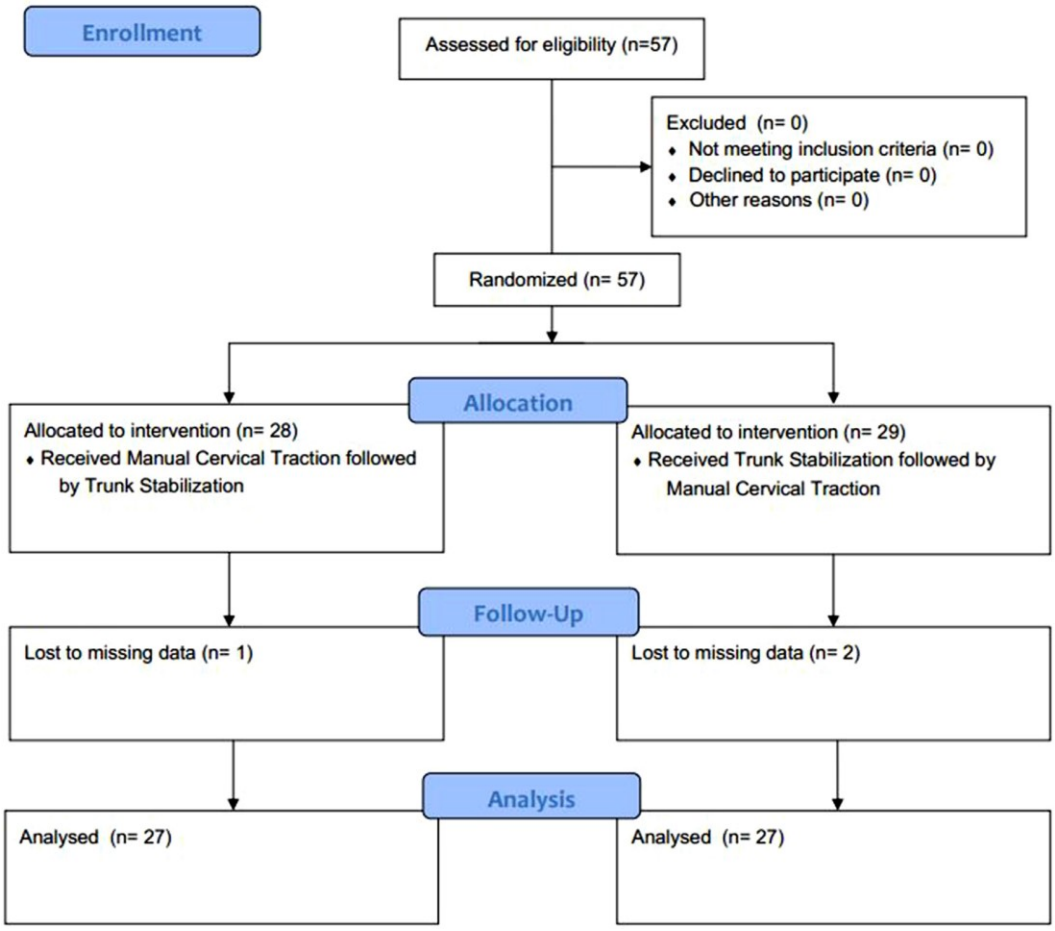


Fig 1. *A study flowchart according to the CONSORT.* CONSORT*, Consolidated Standards Of Reporting Trials.*

UES and LES at rest. Both maneuvers were performed within 1 measurement session. The cervical traction or trunk stabilization maneuver was performed, depending on which order the participant was assigned, and then UESP and LESP were monitored to return to within ±5 mmHg of the initial resting pressure, and the second maneuver was performed, recording the UESP and LESP values again. All manual maneuvers were performed by the same licensed physiotherapist, with 15 years of experience. The manual cervical traction maneuver (Fig 2A) and the trunk stabilization maneuver (Fig 2B) were performed according to Dynamic Neuromuscular Stabilization principles published previously in detail.[28,29] To assure that manual pressure applied on the trunk did not affect the HRM catheter, that is, to rule out manual pressure increases the LES after placing the therapist's hand on top of the patient's chest, it was observed that LES pressures did not change. Only then the trunk stabilization maneuver was performed, bringing the chest in a caudal position while not pushing the patient's chest toward the table. With every participant, each maneuver was performed only once for a period of approximately 30 seconds. After both measurements, the patient performed 1 more swallow of 5 mL of water and returned to the seated position, and the catheter was removed. All participants tolerated the measurement procedure well. The manometric data were analyzed using MMS solar GI HRM software.

Statistical Analyses

Descriptive statistics were calculated for each measure. Paired-samples *t* tests were used to compare esophageal pressure in both the UES and LES at rest and after both manual procedures, with Bonferroni corrections applied where necessary. Power analysis, using G*Power 3.1, indicated an 80% chance of detecting a medium effect size of 0.5 in 34 participants with statistical significance determined a priori at $P < .05$ (2-tailed). Cohen's d effect sizes were calculated for differences between pressures as the mean difference between groups divided by the pooled

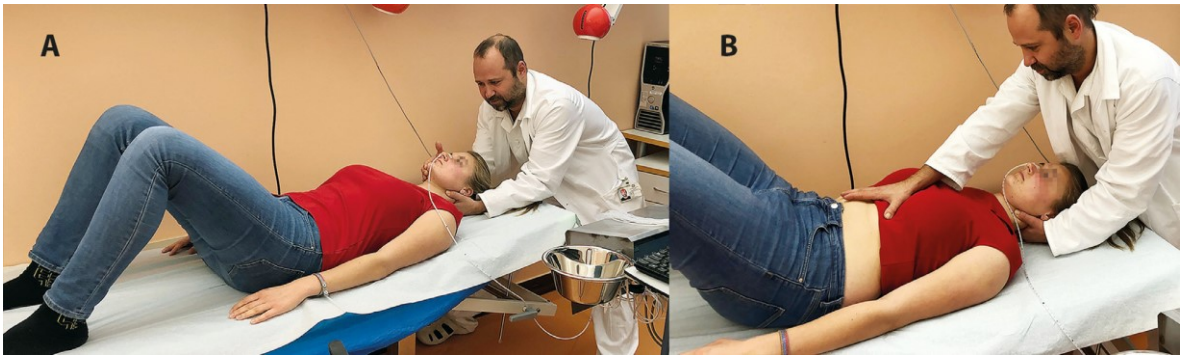


Fig 2. *A, Cervical traction. The participant rests supine with feet supported on the table. The therapist performs cervical traction while centrating the neck according DNS principles, keeping the cervical spine neutral to avoid any flexion or extension of the neck. B, Trunk stabilization maneuver. Using the right hand, the therapist stabilizes participant's neck in the neutral position, avoiding extension, while bringing the chest into the caudal, neutral position with the left hand.*

standard deviation. Effect sizes were interpreted as very small (<0.2), small (0.2-0.5), medium (0.5-0.8), or large (>0.8).[30] Data analyses were conducted using Statgraphics Centurion XV, version 15.2.06. Statistical significance was determined a priori 2-tailed $P < 0.05$.

Results

Table 1 presents descriptive statistics of the sample (n = 54). Fifty-four participants completed the study. Participants were randomized to either first complete the manual traction followed by trunk stabilization (n = 28 of participants) or to complete the trunk stabilization followed by manual traction (n= 29 of participants). There were 10 outliers in the data as assessed by box plot values greater than 1.5 times the interquartile range; however, they remained in the data analysis, as the observation of large variances in pressure is not unusual for individuals with GERD, and because there were no differences in statistical outcomes. Paired-samples *t* tests indicated the mean UESP was significantly lower with cervical traction compared to the initial resting pressure (mean initial = 90.91 ± 68.99 mmHg vs mean traction = 42.13 ± 33.27 mmHg; $P \leq .001$, Cohen's d = 0.88). Upper esophageal sphincter was also significantly lower during the trunk stabilization maneuver compared to the initial resting pressure (mean initial = 90.91 ± 68.99 mmHg vs mean stabilization = 62.74 ± 69.55 mmHg; $P = .002$, Cohen's d = 0.43). Fig. 3 illustrates the results. The mean LESP was significantly higher during cervical traction compared to the initial resting pressure (mean initial = 14.31 ± 11.53 vs mean traction = 21.39 ± 13.42 mmHg; $P < .001$, Cohen's d = 0.52). Lower esophageal sphincter pressure was also significantly higher during the trunk stabilization maneuver compared to the initial resting pressure (mean initial = 14.31 ± 11.53 vs mean stabilization = 24.09 ± 12.72 mmHg; $P < .001$, Cohen's d = 0.98). Fig. 3 illustrates the results.

Discussion

The results of this study confirm a significant influence of routine manual rehabilitation techniques, that is, cervical traction and trunk stabilization maneuver on UESP and

Table 1. *Pressure Changes in the UES and LES (mmHg) During Manual Cervical Traction and Trunk Stabilization Interventions (Mean [SD])*

n = 54 DNS Maneuver	Measure	Initial Resting Pressure	Post Maneuver Pressure	95% CI	Mean Difference	Effect Size	*P* Value
Cervical traction	UES	90.91 (68.99)	42.13 (33.27)	(33.63-63.93)	48.78	0.88	<.001[a]
	LES	14.31 (11.53)	21.39 (13.42)	(−10.81 to −3.34	7.08	0.52	<.001[a]
Trunk stabilization	UES	90.91 (68.99)	62.74 (69.55)	(10.40-45.93)	28.17	0.43	.002[a]
	LES	14.31 (11.53)	24.09 (12.72)	(−12.5 to −7.06)	9.78	0.98	<.001[a]

Values are mmHg. Effect size = calculated Cohen's d.
CI, confidence interval; *DNS*, dynamic neuromuscular stabilization; *LES*, lower esophageal sphincter; *SD*, standard deviation; *UES*, upper esophageal sphincter.
[a] Statistically significantly difference observed (Bonferroni correction, $P < .025$).

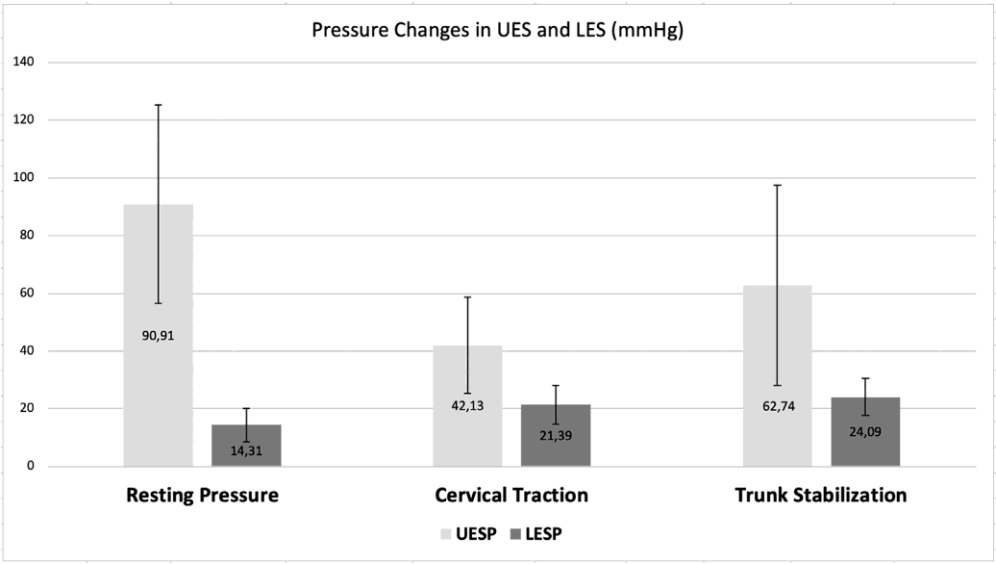


Fig 3. *Statistical overview of all measured pressures.*

LESP. Both techniques decreased UESP and increased LESP. In a clinical setting, however, cervical traction may perhaps provide greater relevance for the UESP, owing to the greater effect size (0.88) compared with trunk stabilization. For the LESP, the trunk stabilization maneuver may provide greater clinical application owing to its effect size (0.98) compared with cervical traction. This fact may be important for the management of common signs of gastroesophageal dysfunction. Routine treatment often starts with an empiric trial of medication, such as proton pump inhibitor therapy for GERD symptoms[31] but also for globus sensation, because a close relationship between esophageal acid reflux and globus sensation has been reported.[32] In case of structural absence, globus sensation may also be considered of a psychological origin and antidepressants or antianxiety medications are often prescribed.[32-34] Such medication may have negative side effects.[6] Lifestyle and or psychological interventions and electrical stimulation of the LES [31] have also been used in treatment. Additional treatment options include more invasive and costly methods including endoscopic and surgical procedures.[35,36]

The UES protects the aerodigestive tract from the effect of digestive juices and aerosol, while regulating belching. Its incompetence results in supraesophageal reflux[37] while increased pressure[38] or failure of relaxation[36] may cause oropharyngeal dysphagia and globus sensation. The UES tone is responsive to body posture, esophageal content, and volume.[39] Babaei et al.[39] reported in healthy populations both liquid and air induces UES contraction in a supine posture, while in the upright posture air-induced UES relaxation occurs. According to Williams et al.,[40] most esophagopharyngeal acid regurgitation occurs abruptly and in the upright position.

Similarly, the LES is responsible for maintaining basal pressure at the esophagogastric junction, forming a critical anti-reflux barrier.[41] The diaphragm acts as an external lower esophageal sphincter that influences pressure, based on respiration. Increased pressure occurs during inspiration owing to contraction of the diaphragmatic crura that involves the sphincter.[42] During swallowing or belching, the LES muscle must relax. Prolonged LES relaxation or incompetence may be accompanied by reflux of gastric contents causing GERD.[43] Reflux symptoms are reported to be posture dependent and patients are advised to sleep with their head elevated, lying on the left side,[23] or use a positional therapy device to reduce nocturnal gastroesophageal reflux symptoms.[44]

Additionally, the functions of the UES and LES are interrelated. In patients with GERD with regurgitation, the UES response to liquid esophageal distention is altered and their esophago-UES contractile reflex is not as robust compared to healthy individuals.[39] Gastroesophageal reflux disease could be the major cause of globus, that is, persistent or intermittent nonpainful sensation of a lump or foreign body in the throat.[33]

Regular and mild-moderate physical activity has been shown to reduce symptoms of GERD, whereas excessive physical activity is a significant risk factor for the development of reflux.[23] Because the diaphragm, which is the main respiratory muscle, plays an important role in the LES, breath training is often advised to treat GERD symptoms.[7,10,11] Respiratory physiotherapy for GERD is discussed even in infants and small children populations.[45] It is important to realize that the diaphragm plays a

fundamental role in breathing, postural, and sphincter functions.[46] In this study, we positioned the patient's thorax into neutral alignment as defined by developmental kinesiology and Dynamic Neuromuscular Stabilization concepts.[28,47] The crural part of the diaphragm may be deconditioned or insufficient in individuals with GERD,[20] and its training may help in GERD symptom treatment.[8] An optimal alignment of the rib cage bringing the lower thoracic aperture into a parallel position with the pelvis while lengthening the spine via cervical traction stimulates abdominal breathing, which proved to be effective in increasing LESP.[10] It appears this may have improved the diaphragm's ability to function as an anti-reflux barrier, while regulating LESP as needed.

We also examined the UESP reaction to the 2 manual procedures. The elevated UESP and higher residual pressures during the period of UES relaxation is often associated with globus sensation,[48] which is a common clinical condition that may be long lasting and difficult to treat, has a tendency to recur,[33] and may be related to GERD.[33,48] Both cervical traction and the trunk stabilization maneuvers significantly decreased UESP. This may result from the fact that manual cervical traction reduces alpha-motoneuron excitability,[49] that is, causes muscle relaxation.

Based on the results of this study, we can speculate that both manual procedures may potentially be used in treatment of patients with globus, GERD, and other increased UESP-related symptoms such as dysphagia. This would support a previously published study demonstrating positive effects of osteopathic visceral treatment on GERD symptoms.[9] Further studies are needed to confirm the effect of cervical manual traction and trunk stabilization maneuvers on symptoms and quality of life of patients with such gastroesophageal diseases. It is unknown how long these improvements last in patients with GERD. If such treatments are effective, excessive and long-term consumption of medication with extensive side effects could possibly be reduced as well as more invasive and costly treatment procedures. Close cooperation between gastroenterology and rehabilitation specialists maybe of a potential benefit.

In summary, these results demonstrate the potential influence of the musculoskeletal system on the UES and LES and that UESP and LESP are posturally dependent. During the trunk stabilization maneuver, the diaphragm is placed into a more efficient position to fulfill the dual sphincter and respiratory functions. As a result, the LES force increases. A stable trunk position is important for the diaphragm to fully act as a chief inspiratory muscle, which allows for relaxation of auxiliary respiratory neck muscles and UESP can decrease as a result. Patients with GERD are often chest breathers, using auxiliary respiratory muscles to substitute for insufficient diaphragmatic breathing. With such stereotype the thorax migrates cranially with each breath, subjecting the neck muscles to repetitive strain, possibly creating neck pain commonly associated with GERD symptoms.[50]

Limitations

Besides general technical HRM limitations,[51] the results of this study should be considered in light of some specific limitations. All measurements were done on a convenience sample of patients diagnosed with GERD. It is unknown whether these maneuvers would have the same effect in patients who are asymptomatic of GERD conditions, and further research is required to reproduce and confirm the effect of cervical traction and trunk stabilization maneuver on UESP and LESP in other population samples. Also, only immediate UESP and LESP response to the 2 manual procedures was measured. It remains unknown if the interventions would have any longer effect. Also, further studies need to confirm whether the manual techniques used would be effective in treatment of GERD, globus sensation, or any other gastroesophageal symptoms related to abnormal UESP and LESP regulation and if self-treatment promoting cervical traction and trunk stabilization would be effective. All patients were instructed not to take any medication 24 hours before the assessment or for a longer time if necessary.[52] The HRM was always performed on an empty stomach. The type of medication and dosage for each patient were not recorded (prokinetics, proton pump inhibitors or anti-acid, or any other). The influence of medication on the effect of manual interventions should be further explored as well.

Conclusions

This study attempted to identify the contribution of 2 common rehabilitation techniques on pressure changes in the UESP and LESP. In patients diagnosed with GERD, both the cervical traction and trunk stabilization maneuvers showed positive effects on UESP and LESP. Both manual techniques significantly decreased UESP and increased LESP. Manual cervical traction and trunk stabilization maneuvers could possibly be helpful noninvasive treatments for patients with GERD, globus sensation, or any other gastroesophageal symptoms related to abnormal UESP and LESP regulation.

Funding Sources and Conflicts of Interest

This study was funded by the institutional research program Progres Q41 Foundation "Movement without Help." No conflicts of interest were reported for this study.

Contributorship Information

Concept development (provided idea for the research): P. B., P.K.
Design (planned the methods to generate the results): P.B., J.S., K.B.
Supervision (provided oversight, responsible for organization and implementation, writing of the manuscript): P.B.
Data collection/processing (responsible for experiments, patient management, organization, or reporting data): P.B., J.S., S.H., K.B.
Analysis/interpretation (responsible for statistical analysis, evaluation, and presentation of the results): J.S., S.H., J.A., M.A., A.B.
Literature search (performed the literature search): A.K.
Writing (responsible for writing a substantive part of the manuscript): A.K.
Critical review (revised manuscript for intellectual content, this does not relate to spelling and grammar checking): P.K., A.B., A.K.

Practical Applications

- The findings suggest that cervical manual traction, and trunk stabilization maneuver may decrease upper esophageal sphincter pressure (UESP) and increase lower esophageal sphincter pressure (LESP).
- Rehabilitation and manual therapy may be an appropriate part of complex treatment approach to patients with GERD, dysphagia, and other gastroesophageal symptoms related to abnormal UESP and LESP regulation.

References

1. El-Serag HB, Sweet S, Winchester CC, Dent J. Update on the epidemiology of gastro-oesophageal reflux disease: a systematic review. *Gut*. 2014;63(6):871-880.
2. Richter JE, Rubenstein JH. Presentation and epidemiology of gastroesophageal reflux disease. *Gastroenterology*. 2018;154(2):267-276.
3. Rubenstein JH, Chen JW. Epidemiology of gastroesophageal reflux disease. *Gastroenterol Clin North Am*. 2014;43(1):1-14.
4. Mason J, Hungin APS. Review article: gastro-oesophageal reflux disease—the health economic implications. *Aliment Pharmacol Ther*. 2005;22(suppl 1):20-31.
5. Cho SY, Choung RS, Saito YA, et al. Prevalence and risk factors for dysphagia: a U.S. community study. *Neurogastroenterol Motil*. 2015;27(2):212-219.
6. Mungan Z, Pınarbaşı Şimşek B. Which drugs are risk factors for the development of gastroesophageal reflux disease? *Turk J Gastroenterol*. 2017;28(suppl 1):S38-S43.
7. Casale M, Sabatino L, Moffa A, et al. Breathing training on lower esophageal sphincter as a complementary treatment of gastroesophageal reflux disease (GERD): a systematic review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2016;20(21):4547-4552.
8. Nobre e Souza MÂ, Lima MJV, Martins GB, et al. Inspiratory muscle training improves antireflux barrier in GERD patients. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2013;305(11):G862-G867.
9. Eguaras N, Rodríguez-López ES, Lopez-Dicastillo O, MÁ Franco-Sierra, Ricard F, Oliva-Pascual-Vaca Á. Effects of osteopathic visceral treatment in patients with gastroesophageal reflux: a randomized controlled trial. *J Clin Med*. 2019;8(10).
10. Eherer AJ, Netolitzky F, Högenauer C, et al. Positive effect of abdominal breathing exercise on gastroesophageal reflux disease: a randomized, controlled study. *Am J Gastroenterol*. 2012;107(3):372-378.
11. Ong AM-L, Chua LT-T, Khor CJ-L, Asokkumar R, S/O Namasivayam V, Wang Y-T. Diaphragmatic breathing reduces belching and proton pump inhibitor refractory gastroesophageal reflux symptoms. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2018;16(3):407-416.e2.
12. Coyle J. Tele-Dysphagia management: an opportunity for prevention, cost-savings and advanced training. *Int J Telerehabil*. 2012;4(1):37-40.
13. Cook IJ. Clinical disorders of the upper esophageal sphincter. *GI Motility Online*. 2006.
14. Ahuja NK, Chan WW. Assessing upper esophageal sphincter function in clinical practice: a primer. *Curr Gastroenterol Rep*. 2016;18(2):7.
15. Nam I-C, Choi H, Kim E-S, Mo E-Y, Park Y-H, Sun D-I. Characteristics of thyroid nodules causing globus symptoms. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2015;272(5):1181-1188.
16. Bian R-X, Choi I-S, Kim J-H, Han J-Y, Lee S-G. Impaired opening of the upper esophageal sphincter in patients with medullary infarctions. *Dysphagia*. 2009;24(2):238-245.
17. Mu L, Sobotka S, Chen J, et al. Altered pharyngeal muscles in Parkinson disease. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2012;71(6):520-530.
18. Drossman DA, Creed FH, Olden KW, Svedlund J, Toner BB, Whitehead WE. Psychosocial aspects of the functional gastrointestinal disorders. *Gut*. 1999;45(suppl 2):II25-II30.
19. Mittal RK. *Motor Function of the Pharynx, Esophagus, and Its Sphincters*. Morgan & Claypool Life Sciences; 2011.
20. Bitnar P, Stovicek J, Andel R, et al. Leg raise increases pressure in lower and upper esophageal sphincter among patients with gastroesophageal reflux disease. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;20(3):518-524.
21. Hashmi S, Rao SSC, Summers RW, Schulze K. Esophageal pressure topography, body position, and hiatal hernia. *J Clin Gastroenterol*. 2014;48(3):224-230.
22. Matsubara K, Kumai Y, Kamenosono Y, Samejima Y, Yumoto E. Effect of three different chin-down maneuvers on swallowing pressure in healthy young adults. *Laryngoscope*. 2016;126(2):437-441.
23. Dağlı Ü, Kalkan İH. The role of lifestyle changes in gastroesophageal reflux diseases treatment. *Turk J Gastroenterol*. 2017;28(Suppl 1):S33-S37.
24. Redstone F, West JF. The importance of postural control for feeding. *Pediatr Nurs*. 2004;30(2):97-100.
25. Larnert G, Ekberg O. Positioning improves the oral and pharyngeal swallowing function in children with cerebral palsy. *Acta Paediatr*. 1995;84(6):689-692.

26. Bautmans I, Demarteau J, Cruts B, Lemper J-C, Mets T. Dysphagia in elderly nursing home residents with severe cognitive impairment can be attenuated by cervical spine mobilization. *J Rehabil Med*. 2008;40(9):755-760.
27. Alghadir AH, Zafar H, Al-Eisa ES, Iqbal ZA. Effect of posture on swallowing. *Afr Health Sci*. 2017;17(1):133-137.
28. Kobesova A, Safarova Marcela RM, Kolar Pavel. Dynamic neuromuscular stabilization: exercise in developmental positions to achieve spinal stability and functional joint centration. *Textbook of Musculoskeletal Medicine*. Oxford University Press; 2016.
29. Kobesova, Valouchova Kolar. Dynamic Neuromuscular Stabilization: exercises based on developmental kinesiology models. In: Liebenson C, ed. *Functional Training Handbook*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
30. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. L. Erlbaum Associates; 1988.
31. Gyawali CP, Fass R. Management of gastroesophageal reflux disease. *Gastroenterology*. 2018;154(2):302-318.
32. Manabe N, Tsutsui H, Kusunoki H, Hata J, Haruma K. Pathophysiology and treatment of patients with globus sensation—-from the viewpoint of esophageal motility dysfunction. *J Smooth Muscle Res*. 2014;50:66-77.
33. Lee BE, Kim GH. Globus pharyngeus: a review of its etiology, diagnosis and treatment. *World J Gastroenterol*. 2012;18(20):2462-2471.
34. You L-Q, Liu J, Jia L, Jiang S-M, Wang G-Q. Effect of low-dose amitriptyline on globus pharyngeus and its side effects. *World J Gastroenterol*. 2013;19(42):7455-7460.
35. Kethman W, Hawn M. New approaches to gastroesophageal reflux disease. *J Gastrointest Surg*. 2017;21(9):1544-1552.
36. Kos MP, David EF, Klinkenberg-Knol EC, Mahieu HF. Long-term results of external upper esophageal sphincter myotomy for oropharyngeal dysphagia. *Dysphagia*. 2010;25 (3):169-176.
37. Shaker R, Babaei A, Naini SR. Prevention of esophagopharyngeal reflux by augmenting the upper esophageal sphincter pressure barrier. *Laryngoscope*. 2014;124(10):2268-2274.
38. Tokashiki R, Funato N, Suzuki M. Globus sensation and increased upper esophageal sphincter pressure with distal esophageal acid perfusion. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2010;267(5):737-741.
39. Babaei A, Dua K, Naini SR, et al. Response of the upper esophageal sphincter to esophageal distension is affected by posture, velocity, volume, and composition of the infusate. *Gastroenterology*. 2012;142(4):734-743.e7.
40. Williams RB, Ali GN, Wallace KL, Wilson JS, De Carle DJ, Cook IJ. Esophagopharyngeal acid regurgitation: dual pH monitoring criteria for its detection and insights into mechanisms. *Gastroenterology*. 1999;117(5):1051-1061.
41. Boeckxstaens GE. The lower oesophageal sphincter. *Neurogastroenterol Motil*. 2005;17(suppl 1):13-21.
42. Ribeiro JB e S, Diógenes ECAO, Bezerra PC, Coutinho TAA, de Almeida CGF, e Souza MÁN. Lower esophageal sphincter pressure measurement under standardized inspiratory maneuveurs. *Arq Bras Cir Dig*. 2015;28(3):174-177.
43. Gyawali CP, Roman S, Bredenoord AJ, et al. Classification of esophageal motor findings in gastro-esophageal reflux disease: conclusions from an international consensus group. *Neurogastroenterol Motil*. 2017;29(12).
44. Allampati S, Lopez R, Thota PN, Ray M, Birgisson S, Gabbard SL. Use of a positional therapy device significantly improves nocturnal gastroesophageal reflux symptoms. *Dis Esophagus*. 2017;30(3):1-7.
45. Van Ginderdeuren F, Kerckhofs E, Deneyer M, Vanlaethem S, Vandenplas Y. Influence of respiratory physiotherapy on gastro-oesophageal reflux in infants: a systematic review. *Pediatr Pulmonol*. 2015;50(9):936-944.
46. Bordoni B, Marelli F, Morabito B, Sacconi B, Caiazzo P, Castagna R. Low back pain and gastroesophageal reflux in patients with COPD: the disease in the breath. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;13:325-334.
47. Kobesova A, Kolar P. Developmental kinesiology: three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system. *J Bodyw Mov Ther*. 2014;18(1):23-33.
48. Peng L, Patel A, Kushnir V, Gyawali CP. Assessment of upper esophageal sphincter function on high-resolution manometry: identification of predictors of globus symptoms. *J Clin Gastroenterol*. 2015;49(2):95-100.
49. Bradnam L, Rochester L, Vujnovich A. Manual cervical traction reduces alpha-motoneuron excitability in normal subjects. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 2000;40(5):259-266.
50. Jonasson AK, Knaap SFC. Gastroesophageal reflux disease in an 8-year-old boy: a case study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006;29(3):245-247.
51. Roman S, Kahrilas P, Boris L, Bidari K, Luger D, Pandolfino J. High resolution manometry studies are frequently imperfect but usually still interpretable. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2011;9(12):1050-1055.
52. Ruiz de León San Juan A, Ciriza de los Ríos C, Pérez de la Serna Bueno J, et al. Practical aspects of high resolution esophageal manometry. *Rev Esp Enferm Dig*. 2016;109:91-105.