

Anatomie a biomechanika musculus levator ani

Anatomy and biomechanic of the musculus levator ani

Němec M.¹, Horčíčka L.², Krofta L.³, Feyereisel J.³, Dibonová M.¹

¹Gynekologicko-porodnické oddělení Nemocnice ve Frýdku-Místku p.o., primář MUDr. M. Němec, MBA

²GONA s.r.o., nestátní zdravotnické zařízení, jednatel MUDr. L. Horčíčka

³Ústav pro matku a dítě, Praha-Podolí, ředitel doc. MUDr. J. Feyereisel, CSc.

ABSTRACT

Objective: The aim of the review is to provide complex new informations about anatomy and biomechanics features of the musculus levator ani. Described are risk factors leading to it's injury and options of imaging the muscle complex (ultrasound, magnetic imaging resonance and 3D modeling).

Design: Review.

Settings: Departement of Obstetrics and Gynaecology, Hospital in Frýdek-Místek, GONA Co. Ltd, Institute for Mother and Child Prague.

Results: Musculus levator ani (MLA) has a complex structure composed mainly of striated muscles. Minority of smooth muscle fibres are also found. Particular parts of the MLA hold together different angles. Inervation is provided through somatic and visceral nerve fibres. During delivery, more there three times stretching of the muscle was observed. Less strenght is needed do the same stretching of the muscle in repeating stress

situations. In the MRI studies, two types of injury of the MLA, were found. Predisposed to the injury is medial part of the MLA known as pubovisceral muscle (PVM). PVM has three insertions. The most fragile is it's medial insertion to the pubic bone described as entheses. During experimental delivery studies was found, that the pressure in this part of the muscle reach almost 36MPa.

Conclusion: MLA is a difficult muscle. Because of the ethical reasons we don't have, and probably never will have informations, how structurally and elastically differs muscle, that was damaged during the delivery, compared to muscle without any damage. Promising are computer delivery simulations. In future, they would give us an answer, how risky is vaginal delivery in concrete expectant mother.

KEYWORDS

musculus levator ani, anatomy, biomechanics features

SOUHRN

Cíl práce: Zmapování aktuální literatury týkající se anatomie a biomechanických vlastností musculi levatores ani. Popis rizikových faktorů vedoucích k jejich poranění a možnosti zobrazení svalového komplexu (ultrazvuk, magnetická rezonance a 3D modely).

Typ článku: Přehledový článek.

Pracoviště: Gynekologicko-porodnické oddělení Nemocnice ve Frýdku-Místku p.o., GONA s.r.o., ÚPMO Praha.

Metodika: Analýza článků zabývajících se problematikou pánevního dna od roku 2003 do současnosti.

Výsledky: Musculus levator ani (MLA) má spletnou strukturu složenou převážně z příčně pruhovaných svalů. Minoritně jsou zastoupena i vlákna hladké svaloviny. Jednotlivé svaly komplexu MLA spolu svírají různé úhly. Inervaci svalových vláken zajišťují somatické i viscerální nervy. Během porodu dochází k více než trojnásobnému protažení svalových vláken MLA. Ke stejnému protažení svalu je při opakování zátěže nutné použít menší sílu. Ze studií magnetických rezonancí jsou popsány dva

typy poranění MLA. Na poranění je nejnáchylnější částí komplexu MLA označovaná jako musculus pubovisceralis (PVM). PVM má tři místa inserce. Nejnáchylnější k poranění je jeho mediální část, které se ve formě enthesy upíná ke stydké kosti. Z experimentálních simulací průběhu porodu bylo zjištěno, že na tuto část svalu působí tlaky téměř 36MPa.

Závěr: MLA je složitý sval. Z etických důvodů nemáme a patrně ani nebudeme mít informace o tom, jak se strukturně a elasticky liší lidský sval, který při porodu utrpěl poranění, od svalu, který poranění při porodu neutrpěl. Slibné se zdají být počítačové simulace průběhu porodu. Ty by nám mohly dát v budoucnu odpověď na otázku, jak velké je riziko poranění u ženy se známým typem pánve v konkrétním věku a při známém hmotnostním odhadu plodu.

KLÍČOVÁ SLOVA

musculus levator ani, anatomie, biomechanické vlastnosti

MUDr. Martin Němec, MBA, e-mail: nemecma@nemfm.cz
Čes. Gynek., 2019, 84, č. 5, s. 393–397

ÚVOD

O biomechaniku pánevního dna se zajímá mnoho vědeckých týmů z celého světa, jelikož poruchy pánevního dna jsou i v dnešní době vážným medicínským a socioekonomickým problémem. Všeobecně uznávanou příčinou vzniku poruch pánevního dna je vaginální porod. Ke vzniku defektu může dojít několika různými mechanismy – poraněním musculus levator ani (MLA) způsobeným jeho nadměrným natažením, denervací MLA při nepostupujícím porodu a v neposlední míře také poraněním endopelvicke fascie. Cílem pátrání vědců je odhalit pravděpodobnost vzniku poruchy pánevního dna ještě před prvním porodem a vyselektovat tak skupinu rizikových žen, kterým bychom jako prevenci vzniku poškození pánevního dna nabídli porod císařským řezem.

Je známo, že defekty MLA jsou zobrazitelné na magnetické rezonanci (MRI) u 20 procent primipar po spontánním porodu [11].

Mezi další rizikové faktory vedoucí k poranění MLA patří zejména stárnutí a těhotenství. Mnoho vědeckých týmů zkoumalo a zkoumá biomechanické vlastnosti MLA, hlavně jeho části odstupující od zadního okraje pubické kosti nazývané musculus pubovisceralis (PVM), pomocí 3D modelů pánevního dna simulujících spontánní porod.

ANATOMIE A FYZIOLOGIE

Musculi levatores ani jsou jedinečné příčné pruhované svaly, které hrají zásadní roli v podpoře pánevních orgánů [4]. Jejich aktivita se automaticky přizpůsobuje změnám během postoje a změnám v abdominálním tlaku [14, 18], aby zajistily podporu pánevních viscer. Spolupodílí se na močení, defekaci a mají vliv i na sexuální funkce. U žen bez defektu pánevního dna jsou MLA tonicky kontrahované a mají spleť 3D strukturu, která bývá v písemnictví rovněž označována termínem levátorová plotna (levator plate) [10]. Přední porce svalového komplexu m. pubovisceralis (PVM) a m. puborectalis (PRM) je orientována vertikálně jako smyčka kolem střední uretry, pochvy a anorekta, zatímco zadní porce m. iliococcygeus (ICM) má horizontální vzestupně bikonvexní tvar podobající se motýlím křídům [20]. Takto zajišťuje přední porce levátorů uzavírání urogenitálního hiatusu a přitahuje uretru, pochvu, perineum a anorektum směrem ke stydké kosti. Horizontálně uložená zadní porce levátorů slouží jako podpora pánevních orgánů. Vlákná m. pubovisceralis a m. puborectalis spolu svírají úhel 60 stupňů, vlákna m. iliococcygeus a PRM spolu svírají úhel 52 stupňů. Vlákná PVM a ICM svírají úhel 8 stupňů. PVM a PRM se podílejí na uzavírání urogenitálního hiatusu. Vlákná ICM mají obdobný průběh jako vlákna PVM, a před-

pokládá se proto, že ICM má přídatný zdvihací efekt [2]. Ztráta normálního levátorového tonu, způsobená denervací či svalovým traumatem, vyústí ve více otevřený urogenitální hiatus, ztrátě horizontálního uložení levator plate a více miskovitě konfiguraci levátorů. Tyto změny mohou být bilaterální i unilaterální [3] a jsou častější u žen se sestupem pánevních orgánů (POP) než u žen s normálním pánevním dnem. Inervace vláken hladké svaloviny (mediální část MLA) je zajištěna autonomními sympatickými a parasympatickými vlákny inferiorního hypogastrického plexu. Inervace laterální části MLA je zajištěna vlákny n. pudendus a n. levator ani.

Ve studiích provedených z potracených plodů ženského pohlaví mezi 18.–22. týdnem gravidity bylo zjištěno, že PVM se upíná od zadní části pubické kosti a jeho vlákna inzerují v poševní stěně. Nejkaudálnější část PVM tvoří jakýsi hrbol mezi rektum a vaginou, vymezuje trojúhelníkový prostor pro průběh plexus hypogastricus inferior. Z tohoto hrbolu vycházejí také vlákna hladké svaloviny, která se upínají k MLA, stěně pochvy a análnímu longitudinálnímu svalu (mediální část PVM). Laterální část PVM je tvořena příčně pruhovanou svalovinou. PRM vychází z pubické kosti a může být přirovnán k popruhu, který se táhne za rektum. PRM a ICM je tvořen výhradně příčně pruhovanou svalovinou. Anokokygeální raphé je z určité části tvořeno také buňkami hladké svaloviny [21]. Z fyziopatologického hlediska může mít přítomnost vláken hladké svaloviny protektivní vliv – buňky hladké svaloviny zvyšují možnost regenerace svalu (obzvláště po vaginálním porodu) a jsou více odolné proti dlouhodobé zátěži [8]. Nejohroženější částí MLA je PVM. Způsob jeho kotvení k pubické kosti je nazýván enthesis, konkrétně se jedná o fibrózní enthesu, která se vyskytuje v oblastech s výskytem výrazných změn napětí. Jedná se o jedinečné uspořádání vazivové tkáně, která zprostředkovává úpon svalu do periostu pubické kosti při zachování šikmého průběhu svalových vláken. MPV má tři úpony – pubickou kost, arcus tendineus levatoris ani, arcus tendineus fasciae pelvis.

Detailně se úponům MPV věnovala studie Kim a kol. [12]. Zjistili, že sval vychází z periostu pubické kosti a vlastnosti jeho ukotvení se liší v medio-laterálním průběhu úponu. Proto úpon rozdělili na mediální, centrální a laterální část. Mediální úpon MPV má relativně přímé spojení mezi sva-lem a kostí pomocí krátkých fibrózních úponů. Centrální část svalu se upíná na periost pomocí tenké semitransparentní aponeurotické membrány. Vzdálenost svalových vláken k periostálnímu úponu v této části dosahuje 3–5 mm. Tato oblast leží na vnitřním povrchu m. obturatorius inter-

nus (MOI). Svalová vlákna MPV a MOI spolu však vzájemně nefúzí. Laterální porce je ukotvena na arcus tendineus levatoris ani, který probíhá od pubické kosti ke spina ischiadica. Ukotvení je zde pomocí husté pojivové tkáně. Tloušťka svalových fasciкулů se také liší podle toho, zda se jedná o mediální, centrální, či laterální porci svalu. Mediální část svalu se skládá z relativně tlustých svalových fasciкулů, které se směrem laterálním postupně zužují.

MLA A POROD

Již v těhotenství dochází k distenzi pánevního dna a laxitě ligamentózních stabilizátorů pánevního dna [6]. K maximální distenzi pánevního dna dochází při porodu, kdy dojde k protažení svalových vláken až na trojnásobek jejich původní délky [1]. Byla popsána korelace mezi distenzí levátorového hiátu a periferní ligamentózní laxitou měřenou na metakarpofalangeálním skloubení pomocí specifického extenzometru. Čím větší byla periferní ligamentózní laxita, tím větší byla distenze levátorového hiátu [7]. V experimentálních testech byla prokázána závislost mezi napětím MLA a jeho poškozením [17]. Proto je posouzení napětí svalu relativní kritérium k určení rizika avulze MLA. Na vzorcích tkáně odebraných z kadaverů mladých žen bylo zjištěno, že k protažení tkáně stěny pochvy, močového měchýře a rekta o stejnou délku je při druhém pokusu zapotřebí menší síly než při první zátěži [14], což poukazuje na možnost poškození tkání při porodu vlivem opakovaných děložních kontrakcí. Tento fenomén je popisován jako mullinský efekt a je dobře znám u hyperelastických materiálů. Při porodu může vlivem nadměrného protažení svalových vláken dojít k poranění svalu, v extrémním případě až k jeho avulzi. Poranění je způsobeno tahovým protažením PVM během porodu, které dosahuje až dvojnásobné hodnoty tolerované příčně pruhovaným svaem netěhotné ženy [11]. K poranění dochází v typické oblasti, která se nazývá zóna poranění (injury zone) a nachází se v oblasti úponu MPV na stydkou kost.

Studie magnetických rezonancí u poranění MLA odhalily dva různé mechanismy vzniku poranění. I. typ, pro který je charakteristický úbytek hmoty svalu při jinak zachovaných strukturách pánevního dna, a II. typ, jenž je charakteristický mohutnou změnou konfigurace struktur pánevního dna (architectural distortion) [9]. Na počítačové simulaci průběhu porodu byla prokázána velká míra koncentrace tlakových sil v mediální oblasti svalu (úpon MLA na zadní ramínko stydké kosti). To poukazuje na možný vznik poranění MLA právě v této oblasti (I. typ) [11]. Existují teorie, které před-

pokládají vznik poranění typu I. při prvním porodu a typu II. při následném porodu. Pro II. typ poranění je charakteristická ztráta kotvení pánevního dna od struktur levator arch, a tím vznik masivní pánevní dekonfigurace vedoucí ke vzniku sestupu pánevních orgánů (POP).

Rozdíly v jednotlivých typech defektů mají vliv i pro terapii. Pro typ I. lze využít rehabilitace pánevního dna, která může reinervaci a hypertrofií zbývajících svalových vláken kompenzovat poranění. Pro II. typ poranění se předpokládá, že rehabilitace nemá valný úspěch [16]. Chování jednotlivých svalů MLA popisuje práce Krofity a kol., která modeluje porod dětské hlavičky včetně rotačního mechanismu hlavy v porodních cestách [13]. K distenzi ICM dochází, když je vedoucí bod hlavičky v poloze -3 (úroveň vedoucího bodu ke spina ischiadica). K maximálnímu natažení ICM dochází, když se vedoucí bod nachází v úrovni +5 (okciput se nachází v kontaktu se zadním okrajem spony stydké). Maximální tlak v této oblasti byl 7,93 Mpa, a nedosahoval tak hodnot jako v PVM a PRM. K největší míře protažení dochází v mediální části MPV, kde dochází k tlakovým hodnotám až 35,75 MPa. Nejvyšší tlaky změřené v oblasti MPV byly 16,89 MPa. To potvrzuje zjištění, že defekty ICM se sice vyskytují, ale s mnohem menší frekvencí než defekty PVM. Vysvětlením je jiná délka svalových vláken ICM a také jiný způsob kotvení svalu k pánevním strukturám. Během progresu hlavičky v porodních cestách dochází k separaci svalových vláken ve směru podélného průběhu vláken, což vede k biaxiálnímu protažení svalových fasciкулů. Může sice docházet k avulzi a denervaci určitých svalových vláken, celkové kotvení svalu k pánevní kosti však zůstává intaktní.

DISKUSE

Za intenzivním studiem biomechaniky pánevního dna stojí snaha o minimalizaci vzniku defektů pánevního dna v průběhu porodu. V literatuře je možné najít mnoho počítačových simulací zabývajících se modelací porodu a rizikem vzniku poranění v určitých oblastech. Problémem je, že tyto modely vycházejí z biofyzikálních hodnot elastických vlastností orgánů pánevního dna od netěhotných žen a zvířat. Poranění svalu je možno vyšetřit palpačně nebo vizualizovat dvěma typy zobrazovacích metod – ultrazvukem a MRI. Ultrazvukové vyšetření má výhodu v možnosti provedení vyšetření v každé gynekologické ambulanci, má však limitaci v možnosti zobrazení jednotlivých struktur pánevního dna. Zobrazí se uretra, močový měchýř, pochva, rektum a PVM. Pomocí MRI jsme schopni zhodnotit jednotlivé podtypy MLA, stav endopelvické fascie a při modelování i komplex SUL

a kardinálních ligament. Palpační vyšetření má na hodnocení přítomnosti poranění svalu nejmenší výpovědní hodnotu.

Na vzniku poranění se podílejí mateřské i fetální faktory. Z mateřských faktorů se jedná především o typ pánve, věk, elastické vlastnosti orgánů malé pánve, které se mění v průběhu gravidity i stárnutí [16]. Z fetálních faktorů jde hlavně o obvod hlavičky a o mechanismus jejího porodu. Na poranění nejnáchylnější strukturou je PVM, k jehož poranění dojde zhruba u 13 procent rodiček po vaginálním porodu, zatímco u žádné ženy, která rodila císařským řezem [19]. Poranění PVM vede často ke vzniku stresové inkontinence moči a sestupu pánevních orgánů (POP). Existuje i studie MRI, která popisuje velmi významnou míru poškození ICM u žen se symptomatickým POP [15]. Poměrně překvapivý závěr přinesla ultrazvuková práce Dietze [5], zabývající se vztahem močové inkontinence a levátorovým traumatem diagnostikovaným na základě ultrazvukového vyšetření u žen, které byly odeslány k vyšetření pro dysfunkci pánevního dna a mikční problémy. Ve studii bylo zjištěno, že přítomnost avulzního poranění PVM nezvyšuje pravděpodobnost výskytu stresové inkontinence moči u žen ve věku vyšším než 50 let. Tyto pacientky spíše trpěly přítomností močových urgencí, snížení průměrné rychlosti moči při uroflowmetrickém vyšetření a vyšším tlakem detrusoru při uroflowmetrii. Toto zjištění je v rozporu s doposud publikovanými soubory, které jmenovaly přítomnost poranění PVM jako rizikový faktor vzniku stresové inkontinence moči.

Zjištění Dietze můžeme vysvětlit vcelku běžným sdělením pacientek v urogynnekologické ambulanci, které přicházejí k vyšetření s urogenitálním sestupem a močovými urgencemi. Při pečlivém odebrání anamnézy lze vypožorovat, že pacientku mnohdy nejdříve obtěžovala stresová inkontinence moči, která vymizela v okamžiku, kdy pacientka začala pociťovat bulging. V této fázi přechází stresová močová inkontinence v urgence, často v kombinaci s močovou retencí. Z vaginálních porodů je nejrizikovější ukončení porodu forcepsem. Avulze MPV se v těchto případech vyskytovala u 7 z 20 rodiček. Zde je však nutno poznamenat, že ukončení porodu per forcipem je akutním výkonem prováděným pro intrauterinní ohrožení plodu, a tudíž výkon, který není možné z lékařské erudice vytěsnit. Navíc se ve studii neuvádí, zda se jednalo o forceps východový, nebo o forceps z vyšších pánevních rovin.

ZÁVĚR

Patrně nikdy nebudeme schopni říci nastávající rodiče, že u ní nedojde k závažnému poškození

muskulofasciální komponenty pánevního dna v souvislosti s porodem. Mechanismus vzniku poranění je komplexní děj, na kterém se spolupodílejí elastické vlastnosti MLA, endopelvicke fascie a také útlak nervů inervujících oblast malé pánve. Dalšími rizikovými faktory jsou věk rodičky, typ pánve, obvod hlavičky plodu a mechanismus porodu. Naším cílem by mělo být vytipovat ženy, u nichž existuje vysoké riziko poranění, o této skutečnosti je informovat a dát jim možnost svobodného rozhodnutí, zda si přejí родit vaginálně, nebo císařským řezem. K tomu by nám v budoucnu mohly sloužit diagramy získané z počítačových simulací porodů prováděné na modelech různých typů pánví.

LITERATURA

1. **Ashton-Miller, JA., DeLancey, JO.** Functional anatomy of the female pelvic floor. *Ann N Y Acad Sci*, 2007, 1101, p. 266–296.
2. **Betschart, C., Kim, J., Miller, JM., DeLancey, J.** Comparison of muscle fiber directions between different levator ani muscle subdivisions: in vivo MRI measurements in women. *Int Urogynecol J*, 2014, 25, p. 1263–1268.
3. **DeLancey, JO., Kearney, R., Chou, Q., et al.** The appearance of levator ani muscle abnormalities in magnetic resonance images after vaginal delivery. *Obstet Gynecol*, 2003, 101, p. 46.
4. **DeLancey, JO., Morgan, DM., Fener, DE.** Comparison of levator ani muscle defects and function in women with and without pelvic organ prolapse. *Obstet Gynecol*, 2007, 109, p. 295–302.
5. **Dietz, HP., Kirby, A., Shek, KL.** Does avulsion of the puborectalis muscle affect bladder function? *Int Urogynecol J*, 2009, 20, p. 967–972.
6. **Gachon, B., Desseauve, D., Fradet, L., et al.** Changes in pelvic organ mobility and ligamentous laxity during pregnancy and postpartum. Review of literature and prospects. *Prog Urol*, 2016, 26, p. 385–394.
7. **Gachon, B., Fritel, X., Fradet, L., et al.** Is levator hiatus distension associated with peripheral ligamentous laxity during pregnancy? *Int Urogynecol J*, 2017, 28, p. 1223–1231.
8. **Hinata, N., Murakami, G.** The urethral rhabdosphincter, levator ani muscle, and perineal membrane: a review. *BioMed Res Int*, 2014, 906921.
9. **Huebner, M., Margulies, RU., DeLancey, JO.** Pelvic architectural distortion is associated with pelvic organ prolapse. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 2008, 19, p. 863–867.
10. **Kearney, R., Sawhney, R., DeLancey, JO.** Levator ani muscle anatomy evaluated by origin-insertion pairs. *Obstet Gynecol*, 2004, 104, p. 168.
11. **Kim, J., DeLancey, JO., Ashton-Miller, JA.** Why does the pubovisceral muscle fail at its enthesis, and not elsewhere, during the second stage of labor? A computational study. 35th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Long Beach, CA; 2011.
12. **Kim, J., Betschart, C., Ramanah, R., et al.** Anatomy of the pubovisceral muscle origin: Macroscopic and Microscopic findings within the injury zone. *Neurol Urodyn*, 2015, 34, p. 774–780.

13. **Krofta, L., Havelková, L., Urbánková, I., et al.** Finite element model focused on stress distribution in the levator ani muscle during vaginal delivery. *Int Urogynecol J*, 2017, 28, p. 275–284.
14. **Morgan, DM., Kaur, G., Hsu, Y., et al.** Does vaginal closure force differ in the supine and standing positions? *Am J Obstet Gynecol*, 2005, 192, p. 1722–1728.
15. **Němec, M., Horčíčka, L., Dibonová, M., et al.** MRI analysis of the musculo-fascial component of pelvic floor in woman before planned vaginal reconstruction procedure for symptomatic pelvic organ prolapse].(PMID:29869505), *Ces Gynek*, 2018, 83(2), p. 84–93.
16. **Oliphant, SS., Nygaard, IE., Zong, W., et al.** Maternal adaptations in preparation for parturition predict uncomplicated spontaneous delivery outcome. *Am J Obstet Gynecol*, 2014, p. 630.e1–630.e7. doi: 10.1016/j.ajog.2014.06.021.
17. **Rubod, C., Brieu, M., Cosson, M., et al.** Biomechanical properties of human pelvic organs. *J Urol*, 2012, 79(4), p. 1346–1354.
18. **Shafik, A., Doss, S., Asaad, S.** Etiology of the resting myoelectric activity of the levator ani muscle: physioanatomic study with a new theory. *World J Surg*, 2003, 27, p. 309–314.
19. **Shek, K., Dietz, H.** Intrapartum risk factors for levator trauma. *BJOG Int J Obstet Gynecol*, 2010, 117(12), 2010, p. 1485–1492.
20. **Singh, K., Jakab, M., Reid, WM., et al.** Three-dimensional magnetic resonance imaging assessment of levator ani morphologic features in different grades of prolapse. *Am J Obstet Gynecol*, 2003, 188, p. 910.
21. **Timoh, KN., Moszkowicz, D., Zaitouna, M., et al.** Detailed muscular structure and neural control anatomy of the levator ani muscle: a study based on female human fetuses. *AJOG*, 2018.

MUDr. Martin Němec, MBA
 Nemocnice ve Frýdku-Místku p.o.
 Elišky Krásnohorské 321
 738 01 Frýdek-Místek
 e-mail: nemecma@nemfm.cz

Copyright of Czech Gynaecology / Ceska Gynekologie is the property of Czech Medical Association of JE Purkyne and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.