

Taisnās zarnas priekšējās un mugurējās sienas biomehāniskās īpašības pacientiem ar obstruktīvo defekācijas sindromu

*Ints Bruņenieks¹, Aigars Martinsons¹, Ieva Dūrena²,
Gundega Provais², Vladimirs Kasjanovs³*

Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

¹ *Ķirurģijas katedra*

ibrunenieks@gmail.com,

² *Medicīnas fakultāte,*

³ *Biomehānikas laboratorija*

Kopsavilkums

Latvijā un pasaulē arvien aktuālāka problēma ir hroniski aizcietējumi un obstruktīvās defekācijas sindroms (ODS). Mūsu pētnieciskā darba mērķis ir izvērtēt normālas un patoloģiski izmainītas taisnās zarnas sienas biomehāniskās īpašības.

Eksperimentos viens pieaugošam spēkam tika pakļauti taisnās zarnas sienas fragmenti, kas tika iegūti no pēcoperācijas materiāliem pacientiem ar ODS, un no normālas taisnās zarnas sienas, kas iegūta no autopsijas materiāla (pētījuma kontrolgrupa). Preparāti tika paņemti zarnas šķērsvirzienā no taisnās zarnas priekšējās un mugurējās sienas. Tika izvērtēti šādi galvenie biomehāniskie parametri: priekšējās (s_p^*) un mugurējās (s_m^*) sienas graužošais (maksimālais) spriegums, graužoša (maksimālā) deformācija (e_p^* , e_m^*) un pieskares elastības modulis (E_p , E_m).

Eksperimentos iegūtie rezultāti uzrāda būtiskas biomehānisko īpašību atšķirības taisnās zarnas priekšējā un mugurējā sienā gan kontrolgrupā, gan patoloģijas gadījumā. Graužošais spriegums statistiski ticami ir lielāks taisnās zarnas mugurējā sienā gan kontrolgrupā, gan patoloģijas gadījumā. Graužoša deformācija ir lielāka patoloģijas grupā, salīdzinot ar kontrolgrupu. Elastības modulis taisnās zarnas priekšējā un mugurējā sienā ir būtiski lielāks kontrolgrupā, salīdzinot ar patoloģijas grupā.

No iegūtajiem rezultātiem secinām, ka patoloģijas grupā taisnās zarnas siena ir padevīgāka un ne tik stinga, salīdzinot ar normālu zarnas sienu. Eksperimentos iegūtie cilvēka taisnās zarnas biomehānisko īpašību rezultāti ir būtiski taisnās zarnas optimālas ķirurģiskās ārstēšanas metodes izvēlē.

Atslēgvārdi: obstruktīvs defekācijas sindroms, taisnās zarnas siena, viens stieptāns, biomehāniskās īpašības.

Ievads

Viens no galvenajiem obstruktīvā defekācijas sindroma (ODS) simptomiem ir hroniski aizcietējumi. Hroniski aizcietējumi vidēji populācijā ir 17% cilvēku, bet pēc 70 gadu vecuma tie ir 20,6% vīriešu un 25% sieviešu (Choung, 2007). Apmēram pusei šādu slimnieku ir obstruktīvās defekācijas sindroms (ODS) (Rao, 2001).

Hroniski aizcietējumi ir multifaktoriāla patoloģija. Hroniskus aizcietējumus var iedalīt 3 lielās grupās: lēna tranzīta aizcietējumi, normāla tranzīta aizcietējumi un defekācijas traucējumi (Lembo, 2003). Defekācijas traucējumu cēlonis var būt funkcionālas un anatomiskas iegurņa diafragmas problēmas. Funkcionālu traucējumu gadījumā terapijas pamatā ir konservatīva ārstēšana, savukārt anatomisku izmaiņu gadījumā – ķirurģiska ārstēšana (Riss, 2015).

Biežākais anatomisko izmaiņu cēlonis ODS gadījumā ir rektocēle un rektoanāla invaginācija. ODS terapijā izmanto konservatīvas un ķirurģiskas ārstēšanas metodes. Pirmais solis hronisku aizcietējumu ārstēšanā ir konservatīva terapija: vēdera izeju mīkstinājoša diēta, laksatīvi līdzekļi, biofīdbeks, ārstnieciskā fizikultūra, fizioprocedūras, elektrostimulācija u. c. Tikai 20% pacientu konservatīva terapija ir nesekmīga un ir nepieciešama ķirurģiska terapija (Podzemny, 2015).

Ir ļoti daudz dažādu ķirurģisko metožu ODS ārstēšanai. Nepastāv unikāla metode visiem pacientiem, un konkrētam pacientam nederēs jebkura metode. Ķirurģiskajām metodēm ir dažāda pieeja: abdomināla (laparotomiska, laparoskopiska), transperineāla, transanāla un transvagināla. Savukārt katras pieejas laikā var veikt rezekcijas tipa operācijas vai arī plastiskās operācijas ar vai bez dažāda veida sietiņu implantāciju. Katrai ķirurģiskajai metodei ir savas priekšrocības un arī trūkumi (Riss, 2015). Pirms operācijas ir jāveic ļoti precīza pacientu selekcija, jo, pacientus nepietiekami izmeklējot un izvērtējot, var būt neapmierinoši klīniskie pēcoperācijas rezultāti, lai arī anatomiskās novirzes ir likvidētas. Ja pacienti tiek precīzi izmeklēti un izvērtēti, izmantojot specifiskus kritērijus, var sasniegt ļoti labus klīniskos pēcoperācijas rezultātus (Janssen, 1994; Murthy, 1996).

Joprojām nav skaidrs ODS rašanās morfoloģiskais cēlonis un patoloģiski fizioloģiskais mehānisms, kā arī ķirurģisko ārstēšanas metožu biomehāniskais pamatojums. Starptautiskās publikācijās atrodami dati par sieviešu mazā iegurņa orgānu (urīnpūšļa, maksts un taisnās zarnas) biomehāniskajām īpašībām. Pētījumā izmantots materiāls no sieviešu dzimuma liķiem, kuriem anamnēzē nebija datu par rekonstruktīvām starpenes operācijām un nebija datu par taisnās zarnas prolapsu, un tā bija pētījuma kontrolgrupa. Pētījumā savstarpēji tika salīdzinātas mazā iegurņa orgānu biomehāniskās īpašības (Rubod, 2012). Ir pētījumi, kuros ir izvērtētas taisnās zarnas biomehāniskās īpašības *in vivo*, izmantojot pretestības planimetriju, bet šajā gadījumā var izvērtēt taisnās zarnas un iegurņa muskulatūras un saišu biomehānisko īpašību kopsummu, bet ne taisnās zarnas biomehāniskās īpašības atsevišķi (Dall, 1993).

Viena no galvenajām ODS klīniskajām izpausmēm ir rektocēle, kas veidojas kā taisnās zarnas sienas priekšējās sienas izspīlējums maksts virzienā. Retos gadījumos novēro arī taisnās zarnas sienas izvelvējumu mugurējā virzienā. Rektocēle novērojama ne tikai ODS gadījumā, bet arī klīniski veselām sievietēm bez defekācijas traucējumiem (Shorvon, 1989). Neliela, līdz 2,5 cm dziļa rektocēle konstatējama līdz pat 93% sieviešu (Palit, 2014). Pastāv aizdomas, ka rektocēle ir ODS sekas, bet tiešais cēlonis joprojām nav skaidrs (Hicks, 2013). Daži autori ir pierādījuši, ka mazā iegurņa saitēm ir atšķirīgas biomehāniskās īpašības, līdz ar to arī ir atšķirīgas funkcijas iegurni fiksējošā aparātā (Rivaux, 2013).

Starptautiskās publikācijās nav atrodami dati par ODS pēcoperācijas materiāla biomehānisko izpēti un operāciju patofizioloģisko pamatojumu.

Latvijā populārākā ķirurģiskā ODS ārstēšanas metode ir *Contour Transtar* operācija, kuras laikā ar speciālu griezējšuvēju rezecē patoloģiski izmainīto zarnas fragmentu. Šādas operācijas Latvijā veic tikai divos stacionāros – P. Stradiņa Klīniskajā universitātes slimnīcā un Rīgas Austrumu klīniskajā universitātes slimnīcā.

Darba mērķis

Pētījuma mērķis bija noteikt patoloģiski izmainītas taisnās zarnas sienas biomehāniskās īpašības pacientēm ar obstruktīvo defekācijas sindromu vienass pieaugošanas slodzes standā un iegūtos rezultātus salīdzināt ar taisnās zarnas sienas biomehāniskajām īpašībām kontrolgrupā.

Materiāls un metodes

Prospektīvā pētījumā tika iesaistītas sievietes ar ODS, kuras laika posmā no 2011. gada janvāra līdz 2014. gada septembrim tika operētas P. Stradiņa Klīniskās universitātes slimnīcas Ambulatorās ķirurģijas centrā. Pacientēm pēc medicīniskām indikācijām tika veikta *Contour Transtar* operācija. Pirms operācijas visas patientes tika informētas par pētījuma detaļām un aizpildīja un parakstīja informētās piekrišanas formu. Operācijas laikā netika veiktas nekādas papildu manipulācijas pētnieciskā materiāla iegūšanai.

Slimnieču grupā pacientēm ($n = 13$) vidējais vecums bija $46,83 \pm 14,14$ gadi. Iepriekš defekogrāfijā viņām bija pierādīta rektocēle un / vai rektoanāla invaginācija. Kontrolgrupas ($n = 6$) sievietēm vidējais vecums bija $52,6 \pm 9,6$ gadi, un materiāls tika ņemts autopsijā pacientēm, kurām anamnēzē nav gastro-intestinālu slimību.

No taisnās zarnas pēcoperācijas materiāla tika pagatavoti vismaz 40–50 mm gari un tieši 5,0 mm plati taisnās zarnas sienas muskuļslāņa paraugi, izgriežot tos ar speciālu spiedogu, kurš sastāv no divām paralēlām žiletēm. Paraugus bija plānots stiept zarnas sieniņas šķērsvirzienā. Līdz biomehānisko pētījumu veikšanai pēcoperācijas materiāls un audu paraugi tika sasaldēti fizioloģiskā šķīdumā, kura temperatūra bija -20 ± 1 C°. Paraugi tika uzglabāti 3–5 dienas līdz eksperimentu veikšanai. Veicot eksperimentus ar dažādiem mīkstajiem bioloģiskajiem audiem (sirds vārstuļiem, asinsvadiem), kas bija sasaldēti un glabāti zemā temperatūrā, ir pierādīts, ka šāda materiāla uzglabāšana neietekmē biomateriāla mehāniskās īpašības, un šāda pieeja ir rekomendējama, arī ilgstoši uzglabājot mīksto audu paraugus (Chow, 2011; O'Leary, 2014; Stemper, 2007).

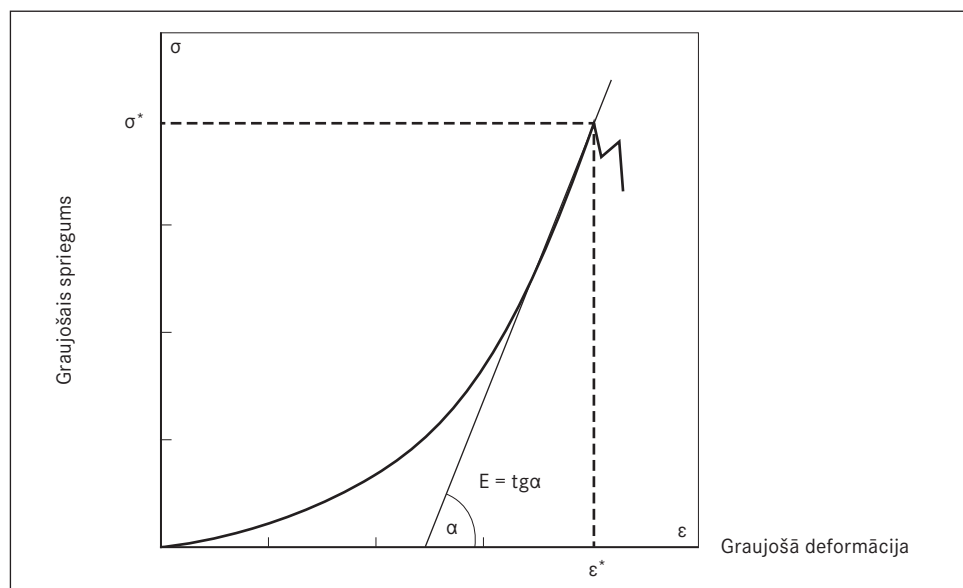
Biomehāniskās īpašības tika noteiktas vienass slogojuma stendā *Zwick / Roell BDO-FB0.5TS*, kas aprīkots ar $50,0 \pm 0,1$ N spēka tenzodevēju. Stends tika izmantots kopā ar datora *testXpert* programmatūru, kas izveidota testēšanas ierīces vadīšanai un datu apstrādei. Visiem paraugiem pirms biomehānisko īpašību pārbaudes tika mērīts preparāta biezums ar katetometru MK-6 (*LOMO*, Sanktpēterburga, Krievija). Mērījuma precizitāte bija $\pm 0,01$ mm. Paraugi tika deformēti ar ātrumu 5 mm/min līdz parauga pārplīšanai. Katram paraugam tika noteikta graužoša (maksimālā) deformācija (ϵ^*) un graužošais (maksimālais) spriegums (σ^*). Paraugu stingums tika izteikts kā pieskares elastības modulis (E) un noteikts sprieguma-deformācijas līknes lineārajā daļā kā tangenss leņķim (1. att. leņķis α), kurš veidojas starp koordinātu asi un pieskares līkni tās lineārajā daļā (Barber, 2001).

1. attēls. Sprieguma-deformācijas līkne un galvenie nosakāmie mehāniskie parametri:

σ^* – graužošais spriegums, ϵ^* – graužošā deformācija un E – pieskares elastības modulis

Stress-strain relationship and main mechanical parameters:

σ^* – ultimate stress, ϵ^* – ultimate stress, E – tangential modulus of elasticity



Vienass noslogojuma standā iegūtie dati tika apstrādāti ar *testXpert* programmatūru un noteikts paraugu graužošais spriegums, graužošā deformācija, kā arī pieskares elastības modulis to sprieguma-deformācijas līknes lineārajā daļā. Datorprogramma mērījumu rezultātus atspoguļoja kā tabulu un grafiski kā sprieguma-deformācijas līkni, uz koordinātu ass attēlojot deformācijas izmaiņas (%), bet uz ordinātu ass – sprieguma izmaiņas (MPa).

Paraugu deformācija deformēšanas procesā tika aprēķināta šādi:

$$\varepsilon = \left[\frac{(l - l_0)}{l_0} \right] \times 100\%,$$

kur l – parauga garums noteiktas noslogojuma pakāpes gadījumā, l_0 – parauga garums sākumstāvoklī.

Spriegums, kas radās preparātā noslogojuma rezultātā, tika aprēķināts šādi:

$$\sigma = \frac{F}{A},$$

kur F – ass spēks, A – faktiskais parauga šķērsriezuma laukums, kas aprēķināts ar nosacījumu par parauga nesaspiežamību.

Graužošais spriegums, deformācija, preparāta biezums un pieskares elastības modulis tika aprēķināti kā vidējā vērtība ± standartnovirze. Vidējās vērtības starp 4 atsevišķām paraugu grupām tika salīdzinātas, izmantojot viena parametra ANOVA testu un atbilstošus *post hoc* testus. Vidējās vērtības starp divām atsevišķām paraugu grupām tika salīdzinātas, izmantojot Stjūdenta t-testu. Divi lielumi uzskatīti par statistiski nozīmīgi atšķirīgiem, ja starpības ticamības līmenis starp tiem ir lielāks par 95% ($p < 0,05$).

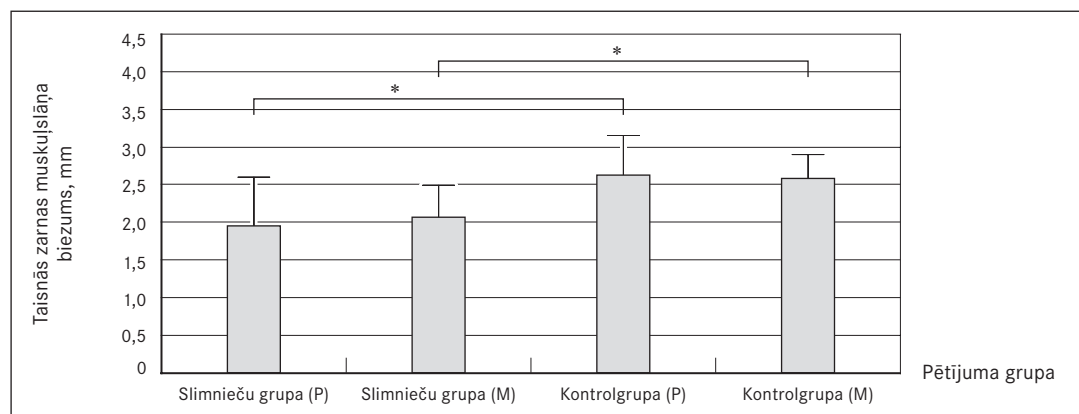
Rezultāti

Eksperimentālo rezultātu analīze parādīja, ka taisnās zarnas muskuļslāņa biezums kontrolgrupā ir lielāks nekā slimnieču grupā (sk. 2. att.).

Taisnās zarnas priekšējās sienas muskuļslāņa biezums kontrolgrupā bija $2,61 \pm 0,54$ mm, un tas būtiski atšķīrās no zarnas sieniņas muskuļslāņa biezuma slimnieču grupā – $1,94 \pm 0,65$ mm ($p < 0,008$). Arī taisnās zarnas mugurējās sienas muskuļslāņa biezums kontrolgrupā statistiski ticami atšķīrās no taisnās zarnas muskuļslāņa biezuma slimnieču grupā: $2,56 \pm 0,31$ mm un $2,06 \pm 0,42$ mm ($p < 0,015$). Taisnās zarnas sienas muskuļslānim priekšējā un mugurējā sienā savstarpēji ne kontrolgrupā, ne slimnieču grupā nebija statistiski ticamu atšķirību.

2. attēls. Cilvēka taisnās zarnas priekšējās (P) un mugurējās (M) sienas muskuļslāņa biezums slimnieču grupā un kontrolgrupā

Thickness of the muscular layer of the human front (P) and posterior (M) rectum wall for the group with pathology and for the control group



* Statistiski ticama divu lielumu atšķirība, $p < 0,05$. / Statistical difference between two values with $p < 0.05$.

Biomehānisko eksperimentu rezultātā novērota cilvēka taisnās zarnas sienas muskuļslāņa nelineāra sakarība starp spriegumu un deformāciju. Tika konstatēts, ka graužošais spriegums mugurējā sienā σ_m^* ir lielāks nekā priekšējā sienā σ_p^* gan kontrolgrupā, gan slimnieču grupā (sk. 3. att.). Kontrolgrupā graužošais spriegums priekšējā un mugurējā sienā bija attiecīgi $0,196 \pm 0,065$ MPa un $0,308 \pm 0,085$ ($p < 0,041$). Patoloģijas grupā graužošais spriegums priekšējā un mugurējā sienā bija $0,201 \pm 0,11$ MPa un $0,30 \pm 0,096$ MPa ($p < 0,016$).

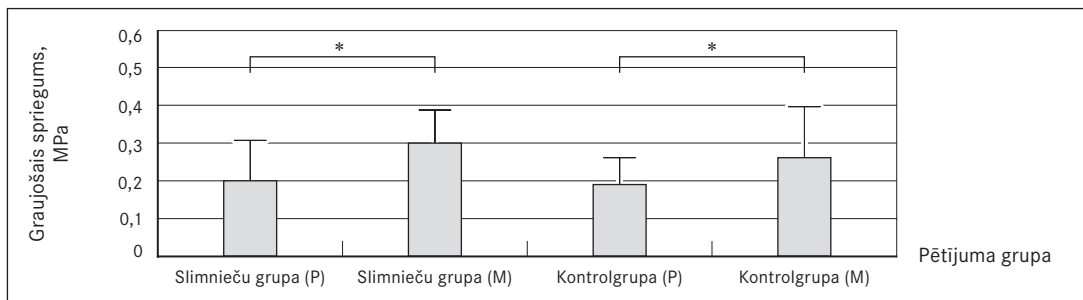
Graužošais spriegums σ_p^* taisnās zarnas priekšējā sienā slimnieču grupā un kontrolgrupā savā starpā statistiski ticami neatšķirās ($p > 0,05$). Tāpat nav statistiski ticamas atšķirības ($p > 0,05$) starp graužošo spriegumu σ_m^* taisnās zarnas mugurējā sienā starp iepriekš minētajām grupām.

Graužošā deformācija cilvēka taisnās zarnas priekšējā sienā ir mazāka (sk. 4. att.) nekā taisnās zarnas mugurējā sienā gan slimnieču, gan kontrolgrupā. Slimnieču grupā $\epsilon_p^* = 117,08 \pm 25,95\%$ un $\epsilon_m^* = 146,86 \pm 28,33\%$ ($p < 0,007$), bet kontrolgrupā $\epsilon_p^* = 91,31 \pm 17,71\%$ un $\epsilon_m^* = 24,94\%$ ($p < 0,032$).

Slimnieču grupā taisnās zarnas sienas graužošā deformācija statistiski ticami ir lielāka nekā kontrolgrupā ($p < 0,05$). Tā, piemēram, ϵ_p^* slimnieču grupā statistiski ticami ir lielāks nekā ϵ_p^* kontrolgrupā ($p < 0,047$). Graužošā deformācija taisnās zarnas mugurējā sienā ϵ_m^* slimnieču grupā ir lielāka nekā kontrolgrupā ($p < 0,008$).

3. attēls. Graužošais spriegums cilvēka taisnās zarnas priekšējā (P) un mugurējā (M) sienā slimnieču grupā un kontrolgrupā

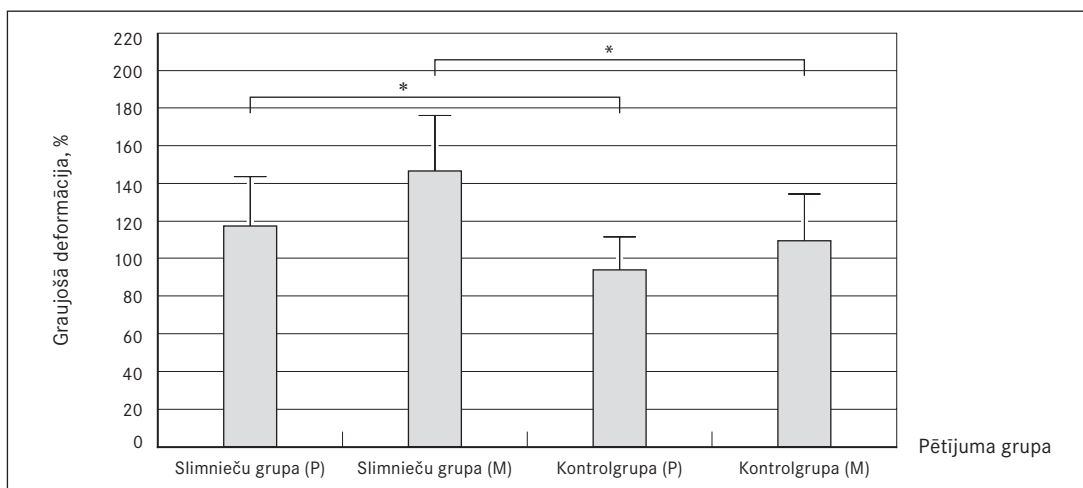
Ultimate stress of the human front (P) and posterior (M) rectum wall for the group with pathology and for the control group



* Statistiski ticama divu lielumu atšķirība, $p < 0,05$. / Statistical difference between two values with $p < 0,05$.

4. attēls. Graužošā deformācija cilvēka taisnās zarnas priekšējā (P) un mugurējā (M) sienā slimnieču grupā un kontrolgrupā

Ultimate deformation of the human front (P) and posterior (M) rectum wall for the group with pathology and for the control group

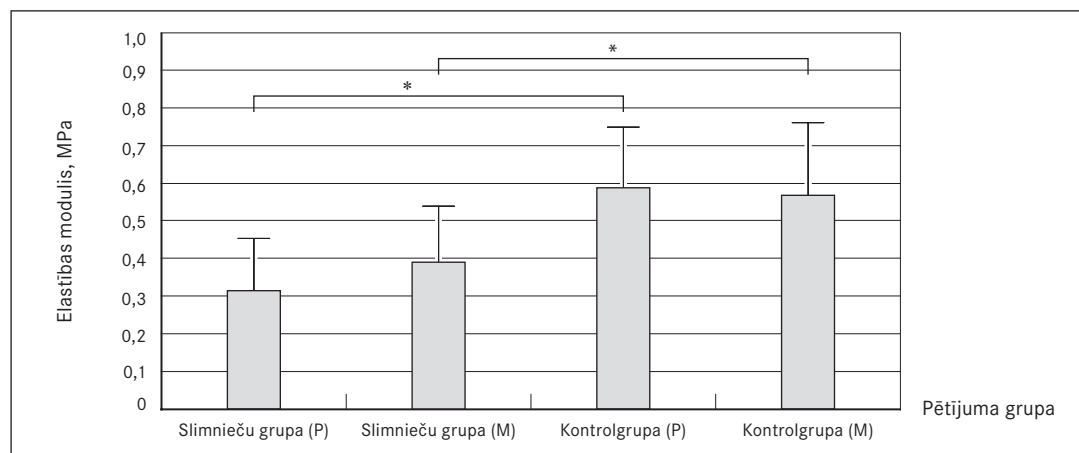


* Statistiski ticama divu lielumu atšķirība, $p < 0,05$. / Statistical difference between two values with $p < 0,05$.

Cilvēka taisnās zarnas siena patoloģijas gadījumā ir mazāk stinga, salīdzinot ar kontrolgrupu, kur nav patoloģisku izmaiņu. Taisnās zarnas pieskares elastības modulis (sk. 5. att.), kurš raksturo zarnas sieniņas stingumu, slimnieču grupā ir būtiski mazāks nekā kontrolgrupā ($p < 0,05$).

5. attēls. Cilvēka taisnās zarnas priekšējās (P) un mugurējās (M) sienas elastības modulis slimnieču grupā un kontrolgrupā

Tangential modulus of elasticity of the human front (P) and posterior (M) rectum wall for the group with pathology and for the control group



* Statistiski ticama divu lielumu atšķirība, $p < 0,05$. / Statistical difference between two values with $p < 0.05$.

Slimnieču grupā elastības modulis priekšējā sienā ir $0,321 \pm 0,131$ MPa, kas ir būtiski mazāk nekā elastības modulis taisnās zarnas priekšējā sienā kontrolgrupā $0,596 \pm 0,161$ MPa ($p < 0,037$). Elastības modulis mugurējā sienā slimnieču grupā $0,397 \pm 0,152$ MPa tāpat ir mazāks nekā elastības modulis taisnās zarnas mugurējā sienā kontrolgrupā $0,57 \pm 0,191$ MPa ($p < 0,042$). Rezultātā mēs konstatējam, ka cilvēka taisnās zarnas siena patoloģijas gadījumā kļūst plānāka, mazāk stinga un padevīgāka, salīdzinot ar taisnās zarnas sienu bez patoloģijas. Šādu izmaiņu cēloni vajadzētu izvērtēt saistībā ar patoloģiski izmainītās zarnas sienas strukturālām izmaiņām. Tādēļ ir jāveic arī tālāka taisnās zarnas sieniņas morfoloģiska analīze un jāsalīdzina rezultāti gan slimnieču, gan kontroles grupā.

Diskusija

Obstruktīvās defekācijas sindroms ir plaši sastopama slimība pasaulē un arī Latvijā. Viens no šī sindroma simptomiem ir hroniski aizcietējumi. Sindromu ārstē, izmantojot gan konservatīvas, gan ķirurģiskas metodes (Podzemny, 2015; Riss, 2015), bet sindroma rašanās cēlonis joprojām nav pilnībā noskaidrots. Ir dažas publikācijas, kurās pētītas taisnās zarnas īpašības. Piemēram, kādā pētījumā (Rubod, 2012) tika salīdzinātas taisnās zarnas, maksts un urīnpūšļa sieniņas biomehāniskās īpašības no autopsijas materiāla. Pētījumā konstatēts, ka graužošais spriegums un graužoša deformācija taisnās zarnas sienā ir mazāka nekā makstī, kas savukārt ir mazāka nekā urīnpūslim. Ņemot preparātus atkārtoti no viena un tā paša liķa, tika iegūti diezgan homogēni rezultāti. Taču šajā pētījumā netiek runāts par taisnās zarnas priekšējās un mugurējās sienas salīdzināšanu un biomehāniskajām īpašībām patoloģijas gadījumā.

Šobrīd nav publikāciju par taisnās zarnas sienas biomehāniskajām izmaiņām šādas patoloģijas gadījumā un salīdzinājuma ar neizmainītas taisnās zarnas sienas biomehāniskajām īpašībām. Šajā darbā pirmo reizi ir veikts šāds salīdzinājums un izpētītas tādu taisnās zarnas sienas biomehānisko parametru izmaiņas kā graužoša deformācija un spriegums, kā arī pieskares elastības modulis. Tika konstatēts, ka patoloģijas gadījumā cilvēka taisnās zarnas siena kļūst mazāk stinga un padevīgāka nekā taisnās zarnas siena bez patoloģijas.

Ir saprotams, ka šādas izmaiņas ir saistītas ar taisnās zarnas sienas struktūras izmaiņām un struktūras elementu savstarpējām attiecībām. Iespējams, tas ir saistīts ar kvalitatīvām un kvantitatīvām taisnās zarnas kolagēna izmaiņām. Lai noskaidrotu taisnās zarnas sienas biomehānisko izmaiņu saistību ar struktūru, ir jāveic cilvēka taisnās zarnas sienas morfoloģiska izmeklēšana gan slimnieku grupā, gan kontrolgrupā.

Secinājumi

Pirmo reizi ir veikti cilvēka taisnās zarnas sienas eksperimentāli biomehānisko īpašību pētījumi vienass pieaugošas slodzes stendā slimnieču grupā un kontrolgrupā. Tika pierādīts, ka pacientēm ar ODS taisnās zarnas priekšējās un mugurējās sienas graužošais spriegums statistiski ticami neatšķiras, salīdzinot ar kontrolgrupu.

Graujošā deformācija taisnās zarnas priekšējā un mugurējā sienā patoloģijas gadījumā ir būtiski lielāka nekā šie lielumi normas gadījumā. Taisnās zarnas priekšējā un mugurējā siena slimnieču grupā ir padevīgāka, salīdzinot ar kontrolgrupu. Taisnās zarnas sienas pieskares elastības modulis ir lielāks kontrolgrupā, salīdzinot ar slimnieču grupu, kas liecina par to, ka taisnās zarnas sieniņa patoloģijas gadījumā ir mazāk stinga, salīdzinot ar normālu sieniņu.



Biomechanical Properties of Anterior and Posterior Wall of Human Rectum with Obstructed Defecation Syndrome

Abstract

Obstructed defecation syndrome is a common problem in the world and in Latvia. Therefore, the aim of this study was to estimate differences between biomechanical properties of human rectum wall for the control group (corpses) and for the group with pathology (obstructed defecation syndrome). Samples were extracted from the front and the posterior rectum wall. Tensile tests were performed. Such main biomechanical parameters as ultimate (maximal) stress (σ_p^*) for the front and back (σ_m^*) wall, ultimate (maximal) deformation (ϵ_p^* , ϵ_m^*) and tangential modulus of elasticity (E_p , E_m) were estimated.

Experimental results show the essential distinctions of main parameters of biomechanical properties between the front and the posterior rectum wall both for the control group and for the group with pathology. In these two groups ultimate stress for the posterior rectum wall was statistically reliably higher than the stress for the front wall. Ultimate strain is higher for the pathological wall than for the normal wall. Modulus of elasticity of the front and the posterior wall for the control group was also statistically reliably higher than for the group with pathology. Thus, the pathological wall is more deformable and less stiff in comparison with the normal wall. These new experimental results are very important for choosing the optimal surgical method for the rectum wall treatment.

Keywords: obstructed defecation syndrome, rectum wall, tensile test, biomechanical properties.

Literatūra

1. Barber J. E., Kasper F. K., Ratliff N. B., et al. Mechanical properties of myxomatous mitral valves. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2001; 122: 955–962.
2. Choung R. S., Locke G. R., 3rd, Schleck C. D., et al. Cumulative incidence of chronic constipation: a population-based study 1988–2003. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2007; 26: 1521–1528.
3. Chow M. J., Zhang Y. Changes in the mechanical and biochemical properties of aortic tissue due to cold storage. *The Journal of Surgical Research*, 2011; 171: 434–442.

4. Dall F. H., Jorgensen C. S., Houe D., et al. Biomechanical wall properties of the human rectum. A study with impedance planimetry. *Gut*, 1993; 34: 1581-1586.
5. Hicks C. W., Weinstein M., Wakamatsu M., et al. Are rectoceles the cause or the result of obstructed defaecation syndrome? A prospective anorectal physiology study. *Colorectal Disease: The Official Journal of the Association of Coloproctology of Great Britain and Ireland*, 2013; 15: 993-999.
6. Janssen L. W., van Dijke C. F. Selection criteria for anterior rectal wall repair in symptomatic rectocele and anterior rectal wall prolapse. *Diseases of the Colon and Rectum*, 1994; 37: 1100-1107.
7. Lembo A., Camilleri M. Chronic constipation. *The New England Journal of Medicine*, 2003; 349: 1360-1368.
8. Murthy V. K., Orkin B. A., Smith L. E., et al. Excellent outcome using selective criteria for rectocele repair. *Diseases of the Colon and Rectum*, 1996; 39: 374-378.
9. O'Leary S. A., Doyle B. J., McGloughlin T. M. The impact of long term freezing on the mechanical properties of porcine aortic tissue. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2014; 37: 165-173.
10. Palit S., Bhan C., Lunniss P. J., et al. Evacuation proctography: a reappraisal of normal variability. *Colorectal Disease: the Official Journal of the Association of Coloproctology of Great Britain and Ireland*, 2014; 16: 538-546.
11. Podzemny V., Pescatori L. C., Pescatori M. Management of obstructed defecation. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 2015; 21: 1053-1060.
12. Rao S. S. Dyssynergic defecation. *Gastroenterology Clinics of North America*, 2001; 30: 97-114.
13. Riss S., Stift A. Surgery for obstructed defecation syndrome - is there an ideal technique. *World Journal of Gastroenterology*, 2015; 21: 1-5.
14. Rivaux G., Rubod C., Dedet B., et al. Comparative analysis of pelvic ligaments: a biomechanics study. *International Urogynecology Journal*, 2013; 24: 135-139.
15. Rubod C., Brieu M., Cosson M., et al. Biomechanical properties of human pelvic organs. *Urology*, 2012; 79: 968 e917-922.
16. Shorvon P. J., McHugh S., Diamant N. E., et al. Defecography in normal volunteers: results and implications. *Gut*, 1989; 30: 1737-1749.
17. Stemper B. D., Yoganandan N., Stineman M. R., et al. Mechanics of fresh, refrigerated, and frozen arterial tissue. *The Journal of Surgical Research*, 2007; 139: 236-242.