

Rezistential deformation capacities of the human common bile duct

S. Suman

Department of Topographic Anatomy and Operative Surgery
Nicolae Testemitsanu State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, the Republic of Moldova
Corresponding author: serghei.suman@usmf.md. Manuscript received October 10, 2014; accepted December 05, 2014

Abstract

Background: The fundamental directions of biology and medicine long ago included in the sphere of their research the study of physico-mechanical properties of the various anatomical structures. This information has direct use in medical practice, in the foreground in reparative interventions. At the present stage it is difficult to name any anatomical structures which have no interest in reconstructive surgery. Furthermore, each organ or tissue, viewed in terms of safety of biological materials, has certain tensometric parameter values that should be taken into consideration, including habitual daily practice, alongside with the medical one. So the safety of the biological materials (less matters the system that it represents) is one of the determining factors in adapting the organs to the new exceptional conditions of the ambient environment. At the present stage more and more anatomical structures are the subject for the tensometric research.

Material and methods: Rezistential-strain values of human common bile duct walls were established on a group comprising 30 cases. Ordinary tensometric methods were practiced. The samples were subjected to mechanical stresses only in the longitudinal direction. The length of the samples range from 4 to 6 cm. Kg/force unit of measurement was used. The limit resistance is determined by the ratio of the breaking strength in kg/f, and the sample cross-sectional area expressed in mm². Relative extension was expressed in %.

Results: Analysis of data obtained showed the following values: $\delta = 97.87:352.8 = 0.277 \text{ kgf/mm}^2$ or 2.72 N/mm^2 ; $\epsilon = 4.55:3.11 \times 100 = 146.3\%$; $E = 277:146.3 = 1.893 \text{ gf/mm}^2$ and 0.019 N/mm^2 . So each sample was subjected to complete destruction under the action of the mechanical stresses which vary between 2.2 kg and 4.7 kg – 19.62 and 46.11 N, or between 22 and 47 MPa.

Conclusions: There were set the major tensometric parameter values: force of destruction of evidence, the strength limit, maximum relative extension and the rigidity coefficient (Young's modulus). High resistance to mechanical stress opposes human common bile duct walls, no matter how the samples were cut: strip-shaped or tubular segments (without dissecting them longitudinally). The force destruction of a sample strip is equivalent to 3.262 kg/f and tubular samples – 4.076 kg/f.

Key words: tensiometric researches, biomechanical peculiarities, common bile duct.

Capacitățile rezistențial-deformative ale ductului biliar comun

Întroducere

Direcțiile fundamentale ale biologiei și medicinei demult au inclus în sfera cercetărilor lor studierea proprietăților fizi-co-mecanice ale diverselor structuri anatomice. Informația respectivă are uz nemijlocit în practica medicală, în primul rând, în intervențiile reparatorii. La etapa actuală, este greu de numit o formațiune anatomică care nu ar prezenta interes pentru chirurgia reconstructivă. Mai mult, fiecare organ sau țesut, privit prin prisma siguranței materialelor biologice, dispune de anumite valori ale parametrilor tensometrici, de care trebuie de ținut cont, inclusiv în practica habituală cotidiană, nemaivorbind de cea medicală. Deci, siguranța materialelor biologice (mai puțin contează sistemul pe care îl reprezintă)

este unul din factorii determinanți în adaptarea organelor la noi condiții excepționale referitoare la mediul de ambianță. La etapa actuală, tot mai multe formațiuni anatomice sunt supuse cercetărilor tensometrice.

În literatura de specialitate, am întâlnit și alte studii tensometrice. Astfel, I. Cateriniuc (2010) a determinat valorile indicatorilor tensometrici ai aparatului ligamentar al ficatului; O. Belic (2005) a efectuat un studiu similar cu referință la aparatul ligamentar al uterului la femei. Un studiu experimental, care include și examinări tensometrice ale materialelor de suturare a plăgilor – *arahnopiafilum* și catgut standard – îi aparține competitorului R. Turchin (2010). Grație cercetărilor efectuate de H.H. Kuznetsov (1958), medicina practică

s-a îmbogățit cu un șir de materiale plastice noi pentru acele timpuri, confecționate din peritoneul bovinelor. Autorul a examinat și proprietățile fizico-mecanice ale peritoneului, fâșii ale căruia (cu o suprafață de 1 mm² în secțiune transversală) suportă solicitări egale cu 6-7 kg. Peritoneul afectat prin boala aderențială, de asemenea, a servit drept obiect de studiu, precum și pielea [6, 7] și fasciile conservate – în calitate de material plastic [8], și pahimeningele encefalic confecționate în același scop [3]. Au fost evaluate și proprietățile biomecanice ale craniului, precum și ale tendonului lui Ahile [9].

Totodată, în literatura de specialitate la care am avut acces, am întâlnit un număr relativ mic de comunicări, care se referă la caracteristicile fizico-mecanice ale tractului gastrointestinal, nemaivorbind de canalele eliminatorii biliar și pancreatic sau alte componente ale complexului BPD. Așadar, informația referitor la caracteristicile fizico-mecanice ale pereților tractului gastrointestinal, în opinia noastră, la moment, este în proces de acumulare și actual. Prin urmare, scopul actualei cercetări a fost determinarea capacităților biomecanice ale pereților coledocului la om prin stabilirea valorilor parametrilor tensometrici principali: forța de distrucție a probelor, rezistența limită, extensia relativă maximă și coeficientul rigidității (modulul Young).

Material și metode

Valorile rezistenționale-deformative ale pereților coledocului uman au fost stabilite pe un lot care surprinde 30 de cazuri. Au fost practicate metode tensometrice obișnuite. Probele au fost supuse solicitărilor mecanice numai în sens longitudinal deoarece, din organul dat, decuparea probelor în sens circular este imposibilă. Lungimea probelor varia de la 4 la 6 cm; ele se separau la nivelul fuzionării canalului colecistic cu DHC în sens distal. Printr-o incizie longitudinală a peretelui coledocian anterior, coledocul se desfășura într-un singur plan, căpătând forma unei bandelete. Atât lățimea, care varia între 10 și 14 mm, cât și grosimea probelor, se stabilesc cu ajutorul unui micrometru. După cum s-a menționat, valorile parametrilor sus-numiți sunt necesare pentru stabilirea ariei secțiunilor transversale (S) a fiecărei probe.

Examinarea probelor s-a efectuat în felul următor. Probe din organele supuse studiului, cu lungimea de 40-60 de mm, se fixau în clemele unui dispozitiv-tensometru, elaborat de autor (certificate de inovator nr. 5359 din 12.05.2014, nr. 5358 din 02.05.2014, nr. 5362 din 08.05.2014). Dispozitivul respectiv a fost etalonat în Laboratorul catedrei Rezistența materialelor a facultății Inginerie și Management în Construcția de Mașini, UTM, Chișinău. Indicațiile dispozitivului folosit de noi au fost comparate, experimentând aceleași tipuri de materiale și aceleași număr de probe la mașina de încercări mecanice „FP-10” (Germania) în laboratorul sus-amintit. Astfel, a fost verificat gradul de precizie al dispozitivului de construcție proprie.

Calculând valorile indicatorilor tensometrici, am folosit unitatea de măsură kg/forță. Aceleași valori pot fi recalulate și exprimate în alte unități, de exemplu, în *newtoni* (N) în Pa. Un kgf echivalează cu 9,81 N sau cu 10 MPa.

Rezistența limită se stabilește prin raportul forței de rupe-

re, în kgf, (sau alte unități) și suprafața secțiunii transversale a probelor supuse examinării, exprimată în mm².

Extensia relativă maximă a probelor se calculează în baza alungirii absolute finale a lor, raportată la lungimea inițială a materialului supus examinării; rezultatele se exprimă în %.

Rezultate obținute

Analiza datelor obținute a demonstrat că forța de distrucție a probelor sumar echivala cu 97,87 kgf; altfel spus, în medie fiecare probă rezista 3,262 kgf/caz sau 32,0 N. Însă valorile oscilau între 2,2 kgf și 4,7 kgf.

Deci, având informația necesară, s-au calculat valorile fiecărui parametru tensometric de bază referitor la pereții coledocului: rezistența limită (δ), extensia relativă maximă (ϵ) și coeficientul rigidității (E).

Astfel, au fost obținute următoarele valori: $\delta = 97,87 : 352,8 = 0,277 \text{ kgf/mm}^2$ sau $2,72 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon = 4,55 : 3,11 \times 100 = 146,3\%$; $E = 277 : 146,3 = 1,893 \text{ gf/mm}^2$, sau $0,019 \text{ N/mm}^2$.

Deci, fiecare probă decupată din pereții coledocului, a fost supusă desfigurării complete sub acțiunea unui efort mecanic, care oscila între 2,2 kgf și 4,7 kgf – 19,62 și 46,11 N, sau între 22 și 47 MPa. S-a observat că solicitările mecanice, referitoare la coledoc, depășesc mult forța de distrucție a pereților segmentelor duodenale cât și pe cea a pilorului.

Separarea bandetelor din pereții organelor cavitare (și necavitare), în cazul nostru duodenul, canalele eliminatorii coledoc, Wirsung, precum și din oricare formațiune anatomică, duce inevitabil la un așa fenomen cum ar fi contracția țesuturilor disecate, ceea ce, în anumită măsură, se răsfrânge asupra exactității valorilor parametrilor tensometrici, în special a rezistenței limită și extensiei relative maxime a probelor.

Pornind de la cele mai sus-menționate, am practicat studierea rezistenței totale a probelor coledociene, aplicând forța de distrucție asupra segmentelor tubulare, decupate din coledoc. În aceste cazuri, probele supuse studiului, nu prezintă pereții coledocului desfășurați într-un singur plan sub formă de bandeletă. În cazurile respective, noțiunea „lățimea probei” este substituită cu alta – „lungimea circumferinței interne”, exprimată tot în mm. Parametrul în cauză se stabilește, cunoscând diametrul intern al segmentului tubular, decupat din organul supus cercetărilor tensometrice. Deseori, investigatorii se limitează la stabilirea forței distructive a probelor, fie vorba despre vase sangvine, ureter, tendoane, cartilaje, ceea ce este o abordare mai simplistă în studiile tensometrice. Însă modalitatea în cauză poate avea o altă continuare. Pentru aceasta se cere stabilirea, de rând cu lungimea circumferinței interne și a grosimii pereților, în cazul nostru – a coledocului.

Așadar, s-a procedat în felul următor: la stabilirea lungimii circumferinței interne a coledocului, am folosit propria informație, unde s-a stabilit diametrul intern al coledocului. S-a luat în calcul valoarea medie a parametrului dat care, la adulți numără 7,86 mm. Cu ajutorul formulei:

$C = D \times \Pi$, deci în cazul nostru $D = 7,86 \times 3,14 = 24,68 \text{ mm}$, ceea ce constituie lungimea medie a circumferinței cole-

docului. La fel, în prealabil a fost stabilită grosimea peretelui coledocului – 1,2 mm. Astfel, putem stabili valoarea medie pe sublot a altui indicator – S, care măsoară 29,62 mm².

Apoi urmează stabilirea forței de distrucție a probelor tubulare cu înregistrarea, concomitent, a lungimilor probelor – inițială (l_0) și finală (Δl).

Astfel, s-a acumulat următoarea informație: deși valorile forței de distrucție variau esențial de la caz la caz – de la 1,52 kgf la 8,43 kgf (n = 30), forța sumară pe subgrup a constituit 122,28 kgf, ceea ce în medie echivalează cu 4,076 kgf/caz. Pentru comparație, același indicator, în studierea probelor din pereții coledocului, însă sub formă de bandeletă, constituie 3,262 kgf/caz. Cele menționate pun în evidență un surplus de forță de distrucție – 0,814 (24,95%) kgf pentru a desfigura probele tubulare cu pereții nedisecați, în raport cu probele sub formă de bandeletă, prelevate din același organ. Firește, în fiecare grup de cercetare, materialul s-a prelevat de la diferiți subiecți, se au în vedere probe lamelare și probe tubulare, deci

o anumită diferență a valorilor parametrilor tensometrici este justificată.

Calculule au stabilit următoarele valori: $F = 0,437$ kgf/mm, $S = 417,6$ mm², forța de distrucție sumară – 122,28 kgf. Deci, $\delta = 0,293$ kgf/mm² (sau 2,87 N/mm²); $\epsilon = 5,1 : 3,5 \times 100 = 128,64\%$, iar $e = 293 : 128,64 = 2,27$ gf/mm², sau 0,01 N/mm² (tab. 1).

Deci, pereții canalului biliar comun dispun de o rezistență limită, care depășește mult valorile aceluiași indicator, care se referă la segmentele duodenale.

Așadar, analiza datelor tensometrice, obținute cu ajutorul probelor sub formă de segmente tubulare, nedisecate în sens longitudinal, demonstrează diferența (0,814 kgf/caz) dintre eforturile necesare pentru a produce distrucția totală a probelor (ceea ce a fost menționat anterior). Este vorba despre evitarea contracției țesuturilor în timpul decupării probelor tubulare, ceea ce nu este posibil la folosirea probelor sub formă de bandeletă.

Tabelul 1

Valorile rezistențional-deformative ale canalului coledoc

Denumirea organului	Nr. de probe	Indicatori tensometrici, M ± ES			
		Forța de distrucție	Rezistența limită	Extensia relativă maximă	Coeficientul rigidității
		kgf/caz	kgf/mm ²	%	gf/mm ²
Coledocul - probe lamelare	30	3,262 ± 0,42	0,277 ± 0,08	146,3	1,839 ± 0,12
Coledocul - probe tubulare	30	4,076 ± 0,44	0,293 ± 0,16	128,64±	2,277 ± 0,88

Discuții

Astfel, semnificația atât teoretică, cât și practică, a particularităților fizico-mecanice ale organelor, în medicină și fiziologie, demult nu se discută. Revenind la practica medicală, trebuie remarcat faptul că materialele pentru grefare, până la implementarea lor în practică, în mod obligatoriu, sunt supuse studiilor tensometrice, deoarece în decursul păstrării lor, ele își modifică valorile parametrilor fizico-mecanici, modificări cu care trebuie familiarizat fiecare specialist în domeniul său.

Unul din parametrii obiectivi care condiționează particularitățile biomecanice ale formațiunilor anatomice, sunt valorile indicatorilor tensometrici. Valorile parametrilor fizico-mecanici ai organelor și țesuturilor reflectă obiectiv, în prim-plan, starea țesutului conjunctiv. Iar aceasta înseamnă destul de mult, deoarece, conform unor autori, țesutul conjunctiv în corpul uman exercită funcții foarte importante: asigurarea morfogenezei, troficii organelor, reprezintă un suport pentru parenchimul lor, condiționează regenerarea țesuturilor și starea imunității locale și generale etc. [10, 11, 12, 13, 14].

Așadar, semnificația proprietăților fizico-mecanice ale organelor și țesuturilor a depășit limitele laboratoarelor științifice. La etapa actuală, mulți dintre medicii practicieni trebuie să cunoască în detalii rezistența materialelor biologice folosite într-un șir de intervenții reconstructive pe vase sangvine (în special pe cele cu calibru mare), pe componentele aparatului

locomotor (oase, tendoane, fascii, mușchi, capsula articulară), la utilizarea pahimeningelui, ligamentelor, peritoneului și a altor formațiuni anatomice.

Reprezentanții medicinei legale, în activitatea sa cotidiană, de asemenea, țin cont de rezistența țesuturilor corpului uman, deseori supuse deformațiilor, soluțiilor de continuitate traumatică, precum și spontane. Realizarea activităților din domeniul sportului, educației fizice, care cuprinde un număr mare de populație de diferite vârste (unde se cere dozarea corectă a eforturilor fizice), a problemelor legate de igiena muncii, de unele specialități, cum ar fi medicina cosmică etc, necesită o cunoaștere cât mai profundă a parametrilor biomecanici ai organelor corpului uman. Expedițiile cosmice, de exemplu, își lasă amprenta sa, în primul rând, asupra hemodinamicii centrale. Acelorași solicitări fizice crescute sunt supuse și alte organe interne, în special cavitate, unde se succedează stările de plenitudine și evacuitate.

Este binecunoscut că, pe măsura înaintării în vârstă, elasticitatea țesuturilor scade. Faptul a fost demonstrat în repetate rânduri, inclusiv examinând și peretele aortei umane [15, 16, 17, 18].

Aceeași legitate se referă și la gradul de extensibilitate al țesuturilor [17, 19, 20, 21]. I. L. Ioffe și colab. (1969), de exemplu, au examinat elasticitatea și rezistența maximă a aortei fără ca vasul să fie disecat în sens longitudinal. Valorile

indicilor respectivi s-au comparat la persoane de 30 și ≥ 50 de ani. Autorii au înregistrat o scădere de 2,1 ori a rezistenței maxime a peretelui aortei la persoane de vârstă presenilă și senilă (de la 60 la 90 de ani) [12].

Prelevând probe din vasele renale – artere, vene (inclusiv cele accesorii), nedisecate în sens longitudinal, s-au determinat valorile indicilor tensometrici de bază (forța de rupere, rezistența limită, extensibilitatea maximă și coeficientul rigidității) [21]. Probele prelevate de la cadavre umane, cu diferite vârste, au fost supuse solicitărilor mecanice, orientate paralel axului mare al vaselor renale. Se cere făcută această remarcă, deoarece tot astfel, au fost stabilite valorile aceluiași parametri tensometrici ai coledocului și Wirsung-ului, din pereții cărora uneori este imposibil de a confecționa probe sub formă de bandelele din cauza diametrului lor relativ mic. Aceeași modalitate se practică și la studierea altor formațiuni anatomice: uretere, vase sangvine magistrale ale membrilor superioare, inferioare. Diametrul lor relativ mic nu permite separarea probelor lamelare din pereții acestor formațiuni. În asemenea cazuri, din organe, între două incizii transversale – una proximală și alta distală – se separă segmente de formă cilindrică, cu lungimi optime (4-6 cm), care apoi sunt supuse solicitărilor fizico-mecanice cu direcție numai paralel axului mare al organului. Astfel, probele sunt supuse examinării fără ca ele să fie disecate în sens longitudinal pentru a fi desfășurate într-un singur plan. Este vorba de probe tubulare.

Apropo, referitor la biomecanica articulațiilor mari la om, recent au apărut câteva studii aprofundate. Este vorba despre cercetările lui A. A. Salmanov (2007), în care și-au găsit reflectare caracteristicile biomecanice ale aparatului ligamentar al articulației talocrurale. Autorul pune accent pe raportul dintre capacitățile rezistenționale ale ligamentelor articulației talocrurale și conținutul țesutului celular lax în endotenon și fasciculele colagene de ordinul II în procesul de dezvoltare a organismului [22].

O altă relatare se referă la meniscurile articulației genunchiului la om și aparatul lor de fixare, la maturi, vârstnici și senili. Autorul a stabilit rezistența la rupere, extensia maximă și coeficientul rigidității meniscurilor articulației genunchiului la persoane de vârstă matură și avansată. S-a ajuns la concluzia că valorile parametrilor tensometrici sunt în dependență directă de macro- și microstructura meniscurilor, inclusiv de fibroarhitectonica straturilor, care se conțin în componența lor. Odată cu vârsta, rezistența meniscurilor scade [23].

Potrivit lui I. V. Derevenko (2004), proprietățile fizico-mecanice ale cartilajului hialin articular (la fel, este vorba despre articulația genunchiului la om și câine) sunt în raport direct cu structura lui citomorfometrică. Regeneratul format, la câine, după distrucția (în condiții experimentale) cartilajului articular, este mai puțin rezistent în comparație cu țesutul cartilagos intact [11].

Sub un unghi de vedere al herniilor care pot apărea pe peretele abdominal anterior, precedate de intervenții chirurgicale în zona respectivă, prezintă interes caracteristicile biomecanice ale aparatului fascio-aponevrotic la om (el include în componența sa și linia abdominală albă). Acestei probleme

îi sunt consacrate studiile cercetărilor M. V. Romashkin–Timanov (2007), S. N. Tsaplin (2011), A. S. Klimov (2013).

Au fost comparate valorile parametrilor rezistențial-deformativi ai aponevrozelor abdominale intacte cu cele ale aponevrozelor supuse suturării, s-a ținut cont și de calea de acces (mediană sau paramediană) și tipul suturilor (cu fir separat sau continuu) [25]. Autorul remarcă că, indiferent de faptul că aponevrozele erau intacte sau suturate, de calea de acces și tipul suturilor, ruperea probelor se producea la una și aceeași deformație, care oscila între 33,65 și 38,41% și aproximativ la una și aceeași intensitate a solicitărilor mecanice, cu mici diferențe în funcție de calea de acces – mediană sau paramediană și tipul suturii – cu fir separat sau continuu. Calea de acces paramediană suportă solicitări ceva mai mari în raport cu cea mediană: $3,191 \pm 0,7$ versus $3,170 \pm 0,677$ MPa.

O altă publicație, care se referă la particularitățile fizico-mecanice ale peretelui abdominal anterior, îi aparține lui M. V. Romashkin-Timanov (2007). Autorul abordează problema sub un unghi de vedere al tratamentului herniilor ventrale primare și postoperatorii, cu folosirea explanturilor sintetice reticulare. S-a ținut cont de particularitățile individuale ale complexului fascio-musculo-aponevrotic al peretelui abdominal anterior, constituția corporală și vârsta pacienților, deoarece acești factori au un rol important în apariția, evoluția herniilor ventrale și selectarea tehnicilor operatorii în tratamentul și pronosticul lor [24].

În aceeași ordine de idei, se înscrie și relatarea lui A. S. Klimov (2013), unde pe un banc de încercare special, au fost studiate caracteristicile rezistențial-deformative ale liniei albe abdominale. Probele au fost decupate în sens longitudinal și transversal în timpul intervențiilor chirurgicale. Materialul prelevat a fost clasat în trei grupuri: I – de la persoane fără patologii ale peretelui abdominal anterior (10 cazuri); II – de la persoane operate pentru hernii ventrale postoperatorii (10 cazuri) și III – de la persoane cu hernii ale liniei albe abdominale (10 cazuri). Autorul a calculat modulul maxim al rigidității (E_{max}) conform formulei:

$$E_{max} = F/S/\Delta,$$

unde F – rezistența limită;

S – suprafața secțiunii transversale a probei (mm^2);

Δ – deformația relativă (%).

Probele prelevate din linia albă abdominală, supuse solicitărilor mecanice în sens longitudinal, s-au dovedit a fi mai puțin rezistente în I grup de studiu ($E_{max} = 2,2$ MPa), în raport cu cele decupate în sens transversal ($E_{max} = 2,8$ MPa). În cel de-al II-lea grup experimental, valorile indicatorilor rezistențial – deformativi au fost mai mici: $E_{max} = 2,1$ MPa – în sens longitudinal și $E_{max} = 2,4$ MPa – în sens transversal. Prezența herniilor liniei albe abdominale (grupul experimental III) a demonstrat valorile cele mai scăzute ale indicatorilor tensometrici: $E_{max} = 1,16$ MPa longitudinal și $E_{max} = 1,52$ MPa transversal [26].

Deci, pe un număr relativ mare de probe – 540, câte 18 probe din 30 de obiecte, I.V. Schastlivtsev (2002), a studiat proprietățile fizico-mecanice ale intestinului subțire (mezenterial) pe material cadaveric. O altă parte a materialului a fost

colectată de la pacienți în timpul rezecțiilor intestinale (180 de cazuri). A fost folosită mașina de încercări „Instron 1122”, firma „Instron” (Marea Britanie). Probele au fost decupate în sens longitudinal și circumferențial (transversal) [27].

În extensie, în sens transversal, pe material cadaveric, s-au înregistrat două tipuri de curbe: 1 – curbă unimodală, în clopot, aproape simetrică, cu o rată de 79,0%; curba tip 2 era largă, asimetrică, în etape, cu două ascensiuni. Curba în cauză dispune de două maximumuri, cota ei era de 21,0%.

Pentru curba de tip 1, unimodală, maximumul rezistenței număra 0,8 MPa la o deformație maximă de 140%. Pentru curba tip 2 erau caracteristice două ascensiuni, prin urmare, și două maximumuri pentru solicitările fizice, cărora le corespundea deformația sa. Primul maximum se caracterizează prin $\Delta p_1 = 0,5$ MPa și $\epsilon p_1 = 65,0\%$, iar al doilea maximum – prin $\Delta p_1 = 0,6$ MPa și $\epsilon p_1 = 190,0\%$. Valorile indicatorilor rezistența limită și extensia maximă ale probelor prelevate de la cadavre și de la pacienți variau neesențial: Δp $0,83 \pm 0,28$ și $0,92 \pm 0,49$ MPa și ϵp $87,93 \pm 22,97$ și $84,02 \pm 19,73\%$, respectiv.

Probele examinate în sens longitudinal erau mai rezistente în comparație cu cele decupate circumferențial – 1,472 MPa, iar deformația relativă măsura 153,14%.

Autorul a ținut cont și de rezistența tunicilor peretelui intestinal. Este vorba despre straturile seros, muscular extern, muscular intern, stratul submucos și mucoasa. Rezistență maximă la rupere opune stratul submucos. Membrana mucoasă se desfigurează odată cu ultimele fibre ale stratului submucos.

I. V. Kirillova, L. R. Menishova (2013), au stabilit rezistența și gradul de extensie al peretelui intestinului rect la om. Probele au fost decupate în sens longitudinal și transversal. S-a calculat modulul lui Young, valoarea medie al căruia a constituit 0,32 MPa pentru probele supuse extensiei în sens longitudinal și 0,35 MPa – pentru cele transversale. Solicitățile mecanice variau între 0,02 și 0,12 MPa, iar extensia lor relativă – între 25,0 și 30,0% [28].

Concluzii

Actualele cercetări au drept scop elucidarea capacităților biomecanice ale pereților coledocului. Au fost stabilite valorile parametrilor tensometrici principali: forța de distrucție a probelor, rezistența limită, extensia relativă maximă și coeficientul rigidității (modulul Young). O rezistență deosebită la solicitările mecanice opun pereții coledocului uman, indiferent de modalitatea decupării probelor: în formă de bandeletă sau de segmente tubulare (fără disecarea longitudinală a lor). Dacă forța de distrucție a unei probe în formă de bandeletă, în medie pe lot, echivalează cu 3,262 kgf, apoi probele în formă de segmente tubulare necesită un efort mai sporit – 4,076 kgf.

References

1. Catereniuc I. Morfologia aparatului neurovascular al complexului hepatoligamentar [Morphology of the complex neurovascular unit hepatoligamentary]. Chișinău, 2010;332.
2. Belic O. Morfologia sistemului ligamentar al uterului [Morphology of the ligament of the uterus]. Autoref. tezei de doctor în medicină. Chișinău, 2005.
3. Turchin R. Argumentarea morfologică și biomecanică a utilizării ma-

terialului chirurgical de suturare *arahnopiafilum* [Morphological and biomechanical rationale surgical suture material used *arahnopiafilum*]. Autoref. tezei de doctor în medicină. Chișinău, 2010.

4. Kuznetsov N.N. Bryushina krupnogo rogatogo skota i preparaty iz neye kak novyy plasticheskiy material dlya meditsinskoy praktiki [Peritoneum of cattle and preparations of it as a new plastic material for medical practice]. Diss. na soiskaniye uch. st. d. m. n. Kishinev, 1958.
5. Kalugin AS. Spayechnaya bolezn bryushiny [Adhesive disease of the peritoneum]. Dissertatsiya. Grodno, 1969.
6. Vinogradova YeV, Mikhaylov NN. Regional'nyye i vozrastnyye svoystva dermy kozhi cheloveka v zavisimosti ot tolshiny kolagenovykh puchkov [Regional and age-related properties of the dermis of human skin depending on thicknesses Collagen bundles]. *Mekhanika kompozitnykh materialov*. 1979;6:1100-1104.
7. Milatskova VV. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva i gistologicheskiye osobennosti kozhi cheloveka [Physical and mechanical properties and histological characteristics of human skin]. Materialy k 1-y mezhvuzovoy nauchnoy konferentsii po voprosam fizicheskogo vospitaniya, anatomii i fiziologii sporta. Gorkiy, 1965;71.
8. Konoplev YuV. Konservirovannyye fastsii protochnym metodom i ikh transplantatsiya pri lechenii obshirnykh ventral'nykh gryzh [Preserving fascia flow method and transplantation in the treatment of large ventral hernias]. Avtoreferat. Rostov-na-Donu, 1974.
9. Obysov AS. Nadezhnost biologicheskikh tkaney [Reliability of biological tissues]. M.: Meditsina, 1971;104.
10. Fernandes-Crus L, Pujol-Soler R, Pera C. Dinamic morphology of the distal end of the common bile duct. *Chir. Gastroenterol*. 1975;9(3):374-384.
11. Derevyanko IV. Morfofunktsionalnaya kharakteristika gialinovogo khryashcha kolennogo sustava v norme i pri khondroplastike yego eksperimental'nykh povrezhdeniy [Morpho-functional characteristics of hyaline cartilage of the knee joint in normal and chondroplastike his experimental damage]. Avtoref. dis. k. m. n. Volgograd, 2004.
12. Ioffe IL, Chernomashentsev AN, Yartsev YuA. Vozrastnaya izmenchivost' biomekhanicheskikh svoystv nekotorykh organov i tkaney cheloveka [Age variability of the biomechanical properties of some human organs and tissues]. V kn.: IX nauchnaya konferentsiya po vozrastnoy morfologii, fiziologii i biologii. M., 1969;176-177.
13. Nikolenko VN, Fomkina OA. Morphometric and deformation-strength properties of the posterior inferior cerebellar artery in adults [Morphometric and deformation-strength properties of the posterior inferior cerebellar artery in adults]. *Morphology, St. Petersburg: Aesculapius*, 2012;141(3):115.
14. Yakubovskaya YeV. Chastota vozniknoveniya verkhney podzheludochnoy arterii neposredstvenno iz chrevnoy i pechenochnoy arteriy [The incidence of upper pancreatic artery directly from the celiac and hepatic arteries]. *Voprosy teoreticheskoy i klinicheskoy meditsiny*. M., 1977.
15. Alexeeva AN. Proprietăți elasto-mecanice ale aortei umane [Elasto-mechanical properties of the human aorta]. Tezele conf. științifice anuale a USMF. Chișinău, 1993;5.
16. Kruglyy MM, Burtsev YuA. Vozrastnaya izmenchivost' morfologii i funktsii stenok aorty cheloveka [Age variability of the morphology and function of the human aortic wall]. III Vses. syezd gerontologov i geriatrov. Tez. i ref. dokl. Kiyev, 1976;122.
17. Fruntash NM. Biomorfos aorty cheloveka [Biomorfos human aorta]. Kishinev: Shtiintsa, 1982;176.
18. Khamin NS. Vozrastnyye izmeneniya nekotorykh mekhanicheskikh svoystv aorty cheloveka [ge-related changes of some mechanical properties of human aorta]. Aktual'nyye voprosy biokh. ateroskleroza i kliniki. *Chita*. 1973;97-101.
19. Belic O. Morfologia sistemului ligamentar al uterului [Morphology of the ligament of the uterus]. Autoref. tezei de doctor în medicină. Chișinău, 2005.
20. Coelho JCU, Wiederkehr JC. Motility of Oddi's sphincter. Recent developments and clinical applications. *Am. J. Surgery*. 1996;172(1):48-51.
21. Mochalov O. Individual'naya izmenchivost' arkhitektoniki krovenosnykh sosudov pochki [Individual variability architectonics kidney blood vessels]. Avtoref. dis. k. m. n. Kishinev, 2006.
22. Salmanov AA. Stroyeniye svyazozhnogo apparata golenostopnogo sustava cheloveka v pre- i neonatal'nom ontogeneze [The structure of the

- ligamentous apparatus of the ankle joint in the human pre- and neonatal ontogeny]. Avtoref. dis. k. m. n. Ufa, 2007.
23. Rybalko DN. Stroyeniye meniskov kolennogo sustava cheloveka i ikh fiksiruyeshchego apparata v zrelom, pozhilom i starcheskom vozrastakh [The structure of the meniscus of the knee joint of man and machine fiksirueshego in adulthood, middle and old age]. Avtoref. dis. k.m.n. Ufa, 2007.
24. Romashkin-Timanov MV. Morfofunktsionalnyye obosnovaniye khirurgicheskikh metodov lecheniya posleoperatsionnykh ventral'nykh gryzh bryushnoy stenki [Morphological and functional study of surgical treatment of postoperative ventral hernias of the abdominal wall]. Avtoref. dis. k. m. n. Sankt-Peterburg, 2007.
25. Tsaplin SN. Biomekhanika peredney bryushnoy stenki, vybor optimal'nogo dostupa i tekhniki zakrytiya laparotomnoy rany (kliniko-eksperimental'noye issledovaniye) [Biomechanics of the anterior abdominal wall, the selection of the optimal access and technology laparotomic closing wounds (clinico-experimental study)]. Avtoref. dis. k. m. n. M., 2011.
26. Klimov AS. Biomekhanika tkaney beloy linii zhivota [Biomechanics of tissues of the white line of the abdomen]. GMA im. I.I. Mechnikova. S. Peterburg, 2013.
27. Schastlivtsev IV. Biomekhanika kischechnoy stenki i kischechnogo shva, ikh rol' v obespechenii nadezhnosti kischechnykh anastomozov [Biomechanics of the intestinal wall and intestinal suture, their role in ensuring the reliability of intestinal anastomoses]. Avtoref. dis. k. m. n. M., 2002.
28. Kirillova IV, Melnikova LR, Kossovich LYu. Biomekhanika tolstogo kischechnika // Metody komp'yuternoy diagnostiki v biologii i meditsine – 2013 [Biomechanics colon computer diagnosis methods in biology and medicine – 2013]: materialy yezhegodnoy Vserossiyskoy nauchnoy shkoly-seminara/pod red. D.A. Usanova. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2013;36-39.