

# PROPRIETĂȚILE BIOMECHANICE ALE PEREȚILOR DUODENULUI LA OM

\*Suman S.<sup>1</sup>, Frunțașu N.<sup>1</sup>, Suman A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Catedra de anatomie topografică și chirurgie operatorie

<sup>2</sup>Laboratorul de Chirurgie Hepato-Bilio-Pancreatică, Catedra de chirurgie nr. 1 „N. Anestiadi”  
Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Chișinău, Republica Moldova

\*Corresponding author: serghei.suman@usmf.md

## Abstract

### BIOMECHANICAL PROPERTIES OF HUMAN DUODENAL WALLS

**Background.** The organs of human body analysed from the viewpoint of security of biological materials have their own biomechanical capacities. Thus, both the daily practice and practical medicine should take into account this fact. The values of physical and mechanical parameters of organs and tissues directly show the content and condition of connective tissue and its functions. As to determining the safety of biological material, the human duodenum, as well as the pylorus are at an incipient phase, which, presently, cannot be told about other anatomical formations.

**Material and methods.** The walls of components of the human duodenum and pylorus have been studied. The material was sampled from 90 persons of both sexes, aged between 22 and 89 years old, whose organs of abdominal cavity were healthy. As many as 540 samples cut longitudinally and transversally and ring-shaped from the anterior wall of duodenum were examined. The values of indicators: breaking point, maximal relative expanding and coefficient of rigidity were set.

**Results.** The values of the above-mentioned parameters were established. Data in figures are presented as tables and also provided with text data. The ring-shaped samples, regardless of their genesis, distinguish by a more increased breaking point against the lamellar samples. Both the maximal relative expanding and Young module vary within more restricted limits compared to breakout force and breaking point of samples.

**Conclusions.** The analysis of breaking and deforming properties of pylorus and wall of components of duodenum in human allowed setting the values of main tensometric indicators (breaking point, maximal relative expanding, coefficient of rigidity) depending on the form of samples (lamellar, ring-shaped), portion of duodenum and direction of action of mechanical force (longitudinally, transversally).

**Key words:** deforming properties, biomechanical capacities, biological material.

## Introducere

Organele și țesuturile corpului uman, la fel ca și alte materiale, inclusiv neorganice, dispun de proprietăți fizico-mecanice. Cele din urmă, atunci când se referă la materialele biologice, poartă denumire specifică – calități biomecanice.

Așadar, organele corpului uman, privite prin prisma siguranței materialelor biologice, dispun de capacitățile sale biomecanice. Cele din urmă au la bază valori concrete ale indicatorilor tensometrici, de care trebuie de ținut cont în practica habituală, cu atât mai mult, în medicina practică. De exemplu, materialele pentru greșare, până la implementarea lor în practică, în mod obligatoriu sunt supuse studiului tensometric. Mai mult, pe durata pastrării lor, ele își modifică valorile parametrilor fizico-mecanici, modificări pe care trebuie să le cunoască reprezentanții serviciilor respective.

Valorile parametrilor fizico-mecanici ai organelor și țesuturilor, în prim-plan, redau obiectiv starea țesutului conjunctiv și a funcțiilor de care el este responsabil (trofica organelor, suport pentru parenchimul lor, procesele regeneratorii, imunitatea locală și generală și al.). Totodată, conținutul colagenului în componența țesuturilor influențează rezistența lor limită, prin urmare, și modulul rigidității (Young) [1-5].

Astfel, cunoașterea caracteristicilor rezistențional-deformative ale organelor prezintă interes nu numai în aspect fundamental, informația obținută se implementează tot mai activ în practica medicală.

Siguranța materialelor biologice este unul din factorii determinanți în adaptarea organismului la noi condiții, în special excepționale, care se referă la mediul ambiant.

Valorile indicatorilor tensometrici ai pereților duodenului uman, de rând cu cele structural-funcționale și morfometrice, prezintă interes în chirurgia abdominală, în practica medico-legală, în dozarea exercițiilor fizice, în igiena muncii, precum și în diverse stări patologice ale organelor. Frecvența celor din urmă crește pe măsura înaintării subiecților în vârstă – fapt care trebuie luat în calcul.

Referitor la determinarea siguranței sistemelor biologice, duodenul uman, cât și pilorul, sunt la început de cale, ceea ce, la ora actuală nu se poate spune despre alte formațiuni anatomice. Câteva decenii în urmă atenție deosebită se acordă tensometriei pereților vaselor sangvine [6-11, 13-16].

Studiului tensometric au fost supuse și alte formațiuni anatomice: pielea [17, 18], aparatul ligamentar al uterului la femeie [19], aparatul ligamentar al ficatului [20], meningele moale al bovinelor ca sursă de confecționare a *arahnopiafilum*-ului – ca material de suturare a plăgilor [21].

În privința cercetărilor proprietăților biomecanice, tractul gastrointestinal, la etapa actuală, este printre cele mai neglijate formațiuni anatomice. De exemplu, relatările referitor la capacitățile rezistențial-deformative ale pereților duodenului, în literatura de domeniu, sunt mai mult decât sporadice. Din aceste considerente, s-a recurs la actualul studiu. De rând cu pereții duodenului, studiului tensometric a fost supus și pilorul.

Așadar, stabilirea proprietăților fizico-mecanice de bază: forța de rupere, rezistența limită, extensia relativă maximă și coeficientul elasticității (modulul Young), care se referă la pilor și peretii duodenului uman, prezintă unul din aspectele cercetărilor multidirectionale, aprofundate ale complexului biliopancreaticoduodenal.

**Scopul** lucrării constă în determinarea capacităților fizico-mecanice ale pilorului și pereților duodenului uman, ținând cont de părțile lui constituente.

### Material și metode

Studiul a fost realizat pe material cadaveric formolizat în sol. de formol 10%. Constituentele complexului CPD, sub forma de complexe de organe, au fost prelevate de la cadavre de ambele sexe – 90 de persoane, decedate din diverse cauze, cu excepția afecțiunilor hepatopancreaticoduodenale. A fost folosit material prelevat preponderent de la persoane adulte.

Deci din pilor și peretii duodenului s-au prelevat probe lamelare, decupate în sens longitudinal și circular, și probe inelare. Probele lamelare longitudinale și circulare, și probe inelare. Probele lamelare longitudinale de la 30 de subiecți (15 bărbați și 15 femei) cu vârsta cuprinsă între 22 și 89 de ani, s-au prelevat din peretele anterior al duodenului, ținând cont de segmentele lui – DI – DIV. Excepție s-a făcut numai pentru DII, din care s-au prelevat probe și din peretele postero-medial al lui care include în componența sa papila duodenala mare (PDM). Astfel, din cele de 30 de obiecte au fost decupate și supuse studiului tensometric 180 de probe – extensie monoaxială lentă în sens longitudinal (paralel axului mare al duodenului).

Din alte 30 de obiecte, s-au prelevat, la fel, 180 de probe, decupate în sens transversal (circular), care au fost supuse tracției monoaxiale în sens transversal. Ele au fost prelevate de la persoane cu vârsta cuprinsă între 21 și 84 de ani (16 bărbați și 14 femei). Din acest grup, 30 de probe îi revin pilorului.

Dupa cum s-a menționat, studiului tensometric au fost supuse și probe inelare. Ele reprezintă aceleași probe transversale (din duoden și pilor), însă includ întreaga circumferință a segmentelor duodenale și a pilorului. Apropo, în literatura de domeniu nu am întâlnit cercetări în care probele supuse studiului tensometric ar fi avut forma inelară. În actualele cercetări, ideea decupării probelor inelare îi aparține coautorului relatării în cauză S. Suman. În acest scop, S. Suman a modificat tensometrul de construcție proprie, adaptându-l și pentru studiul probelor inelare: în clemele tensometrului se înșurubează câte o tijă metalică cu lungimea 35 mm. Cele din urmă înlocuiesc clemele dispozitivului de experimentare la ruperea probelor lamelare și tubulare.

Așadar, de la un sublot de 30 de persoane (23 de bărbați și 7 femei) cu vârsta cuprinsă între 21 și 87 de ani, din pilor și porțiunile constituente ale duodenului, au fost prelevate 180 de probe inelare. Deci în total au fost supuse studiului 540 de probe. Lungimea lor variaua între 35 și 60 de mm, lățimea și grosimea fiecărei probe se stabilește în parte pentru a calcula aria probelor în secțiune transversală (s). Pentru decuparea probelor din pereții bulbului duodenal în sens longitudinal (n=30) și în sens transversal (n=30), s-au selectat piese anatomice care, după dimensiunile sale, permit decuparea probelor în ambele sensuri. La fel s-a procedat și cu acele sectoare ale DI care urmează în continuarea bulbului duodenal până la flexura duodenală superioară.

## Rezultate și discutii

În realizarea unui studiu complex, multiaspectual, care se referă la *carrefour*-ul biliopancreaticoduodenal, am inclus în studiu stabilirea proprietăților rezistențial-deformative ale peretelui duodenului, ca component-cheie a complexului coledocopancreaticoduodenal (CPD).

Așadar, pereții duodenului uman și pilorul în premieră au fost supuși unui studiu tensometric riguros. Au fost stabilite valorile indicatorilor principali: forța de rupere a probelor ( $F$ ), rezistența limită ( $\sigma$ ), extensia relativă maximă ( $\epsilon$ ) și coeficientul elasticității ( $E$ ). Valorile parametrilor respectivi au fost calculate în kgJ, ele pot fi ușor recalculate în alte unități: newtoni ( $1 \text{ kgJ} = 9,81 \text{ N}$ ), megapascali ( $1 \text{ kgJ} = 10 \text{ MPa}$ ), în mm Hg ( $1 \text{ kgJ} = 760 \text{ mm Hg}$ ).

Dupa cum s-a menționat, în timpul decupării probelor, indiferent de forma lor (lamelară, inelară, tubulară), se stabilește lățimea și grosimea fiecărei probe pentru a calcula suprafața ei ( $S$ ) în secțiune transversală ( $\text{mm}^2$ ). În baza acestei informații, se pot stabili valorile indicatorilor tensometrici principali folosind formula:  $\sigma = F/S$ , unde  $\sigma$  este rezistența limită,  $F$  – forța de rupere a probelor, iar  $S$  – suprafața probelor în secțiune transversală. Extensia relativă maximă a probelor se stabilește prin formula:  $\epsilon = \Delta l/l_0 \times 100$ , unde  $\epsilon$  - extensia relativă maximă (%),  $\Delta l$  – alungirea absolută finală (cm), iar  $l_0$  – lungimea inițială a probelor (cm). Coeficientul elasticității –  $E = \sigma/\epsilon$ , deci este vorba despre raportul dintre rezistența limită  $\text{kgJ}/\text{mm}^2$  și extensia relativă maximă, de regulă, exprimată în  $\text{gJ}/\text{mm}^2$ .

În așa mod, au fost stabilite caracteristicile biomecanice ale părților constitutive ale duodenului: bulbul duodenal, segmentele duodenale – DI (porțiunea care urmează în prelungirea bulbului duodenal până la flexura duodenală superioară), DII, DIII, DIV și ale pilorului. Cel din urmă își are sediul său topografic și rolul funcțional bine cunoscut.

Așadar, din peretele anterior al duodenului (30 de obiecte), ținând cont de părțile lui constitutive, au fost decupate probe lamelare care au fost supuse tracției monoaxiale în sens longitudinal. Din alte 30 de obiecte, din aceleași porțiuni ale duodenului, la care s-a adăugat și pilorul, s-au decupat probe circulare, supuse, la fel, tracției monoaxiale, însă în sens transversal.

Astfel, cunoscând forța de rupere a probelor ( $\text{kgJ}/\text{mm}$ ) și suprafața probelor în secțiune transversală ( $S \text{ mm}^2$ ), au fost stabilite valorile indicatorilor tensometrici principali: rezistența limită, extensia relativă maximă, coeficientul elasticității, care caracterizează fiecare porțiune a duodenului supusă tracției mecanice lente în sens longitudinal și transversal. Valorile concrete ale indicatorilor tensometrici respectivi sunt prezentate în tabelele 1 și 2. Printre probele supuse tracției în sens longitudinal, prin rezistența sa crescută, se evidențiază peretele postero-medial al segmentului descendent al duodenului (DII), în limitele căruia este amplasată PDM. Rezistența limită a acestor probe în medie constituie  $0,0650,03 \text{ kgJ}/\text{mm}^2$ , în timp ce celelalte segmente dispun de o rezistență limită joasă (Tabelul 1). Printre ele se evidențiază bulbul duodenal prin rezistența sa limită mai scăzută –  $0,012 \pm 0,01 \text{ kgJ}/\text{mm}^2$ , cât și prin extensia relativă maximă – 134,1%, la fel, cea mai joasă în comparație cu restul porțiunilor duodenale. Sub acest unghi de vedere se evidențiază porțiunea ascendentă a duodenului (DIV) prin extensia relativă maximă egală cu 166,09%. În contextul dat, este vorba despre valorile medii din totalul probelor – 180 prelevate din sublotul respectiv ( $n=30$ ).

Din următorul sublot de obiecte ( $n=30$ ), 16 barbati și 14 femei, cu vârsta cuprinsă între 21 și 84 de ani, probele s-au decupat în sens transversal, la fel, în număr de 180. Ele includ și pilorul, deoarece din pilor decuparea probelor lamelare longitudinale este imposibilă.

Informația cifrică, obținută din porțiunile duodenului și pilor, și supusă acțiunii mecanice în sens transversal, a fost supusă analizei descrise mai sus. Datele principale sunt prezentate în tabelul 2. În studiu au fost incluse variante în care bulbul duodenal dispune de forma și dimensiuni liniare (lungime) caracteristice stării obișnuite a duodenului (remarcăm acest moment, deoarece bulbul duodenal uneori poate lipsi). Deci s-au selectat obiecte din care se pot decupa probe pentru a fi supuse acțiunii forței mecanice monoaxiale atât în sens longitudinal, cât și transversal.

După cum era de așteptat, valorile unuia dintre cei mai importanți parametri tensometrici – forța de rupere a probelor varia mult de la subiect la subiect.

**Tabelul 1**

**Valorile indicatorilor tensometrici ai pereților duodenului la om. Probe lamelare supuse solicitărilor mecanice în sens longitudinal**

Porțiunile implicate în studiu	Nr. de probe	Indicatori tensometrici, M±ES			
		Forța de distrucție	Rezistența limită	Extensia relativă maximă	Coefficientul rigidității
		kgf/mm	kgf/mm <sup>2</sup>	%	gf/mm <sup>2</sup>
Bulbul duodenal	30	0,127±0,04	0,012±0,01	134,1	0,089±0,09
DI	30	0,123±0,04	0,056±0,02	144,33	0,388±0,12
DII	30	0,112±0,06	0,050±0,02	145,93	0,343±0,11
DII+PDM	30	0,219±0,07	0,065±0,03	156,39	0,416±0,12
DIII	30	0,113±0,05	0,054±0,02	146,92	0,367±0,14
DIV	30	0,113±0,05	0,054±0,02	166,09	0,325±0,10

\* - segmentul porțiunii superioare care urmează în prelungirea bulbului duodenal până la flexura duodenală superioară.

Exemplificam, recurgând la bulbul duodenal: forța de rupere varia între 0,285 kgJ și 0,730 kgJ, media pe sublot fiind de 0,494 kgJ (lățimea probelor numara 5 mm), deci forța de rupere echivalează cu 0,099 kgJ/mm. În sublot (n=30) au fost de tot 3 cazuri în care forța de rupere depășea 0,700 kgJ, în timp ce sub 0,400 kgJ s-au înregistrat 9 cazuri. Cunoscând forța de rupere (kgJ/mm) și suprafața probelor în secțiune transversală (Smm<sup>2</sup>), s-a calculat rezistența limită a peretelui bulbului duodenal – 0,05 (kgJ/mm<sup>2</sup>), extensia relativă maximă a lui echivala cu 131,12%, iar coeficientul elasticității – cu 0,389 (kgJ/mm). În așa mod au fost stabilite valorile parametrilor tensometrici de baza ai porțiunilor duodenului și pilorului, folosind probe lamelare (Tabelul 2).

**Tabelul 2**

**Valorile indicatorilor tensometrici ai pilorului și porțiunilor duodenului uman. Probe lamelare supuse solicitărilor mecanice în sens transversal**

Pilorul și constituențele duodenului	Nr. de probe	Indicatori tensometrici, M±ES			
		Forța de distrucție	Rezistența limită	Extensia relativă maximă	Coefficientul rigidității
		kgf/mm	kgf/mm <sup>2</sup>	%	gf/mm <sup>2</sup>
Pilorul	30	0,104±0,09	0,048±0,09	138,62	0,346±0,11
Bulbul duodenal	30	0,099±0,01	0,051±0,02	131,12	0,389±0,12
DI	30	0,072±0,02	0,042±0,02	139,56	0,301±0,11
DII	30	0,082±0,01	0,045±0,02	145,65	0,309±0,11
DIII	30	0,096±0,02	0,048±0,02	146,77	0,327±0,3
DIV	30	0,096±0,03	0,044±0,02	134,11	0,328±0,12

Însa, după cum a fost menționat, tensometric, în premiera s-au examinat probe inelare, prelevate din pilor și aceleași porțiuni duodenale. Probele au fost prelevate de la un sublot care cuprinde 23 de barbati și 7 femei, vârsta carora varia între 21 și 87 de ani. Din sublotul dat (n=30), la fel, s-au prelevat 180 de probe. Ele au fost supuse cercetarilor tensometrice în conformitate cu modalitatea descrisa mai sus. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 3.

Analiza lor demonstrează că proprietățile rezistentional-deformative ale probelor inelare, decupate din pilor și părțile constituente ale duodenului, depășesc semnificativ valorile parametrilor respectivi, obținute în baza examinării probelor lamelare cu aplicarea forței mecanice în sens longitudinal și transversal. Printre porțiunile duodenului o rezistență crescută se observă din partea bulbului duodenal și segmentelor DI și DII. Valori puțin mai scăzute s-au înregistrat din partea DIII și DIV. După cum era de așteptat, valorile parametrilor tensometrici ai pilorului, stabilite pe probe inelare, le depășesc pe cele obținute pe probe lamelare – 0,0810,03 versus 0,048±0,09 kgJ/mm<sup>2</sup>. Datele se referă la rezistența limită. De remarcat că valorile extensiei relative maxime înregistrate pe probele inelare, decupate din pilor, variază într-o gamă relativ îngustă. Aceeași particularitate se observă și din partea coeficientului elasticității (rigidității).

Așadar, referitor la părțile componente ale duodenului, cele mai înalte valori ale rezistenței limită au fost înregistrate în extensie monoaxială în sens longitudinal din partea peretelui postero-medial al DII care include în componența sa PDM, în extensie monoaxială în sens transversal – din partea bulbului duodenal, iar examinarea probelor inelare – din partea DI și subsegmentului lui – bulbul duodenal. În ceea ce privește pilorul, rezistența limită a probelor inelare era 0,081±0,03 kgJ/mm<sup>2</sup> versus 0,048±0,09 kgJ/mm<sup>2</sup> – în probele lamelare (extensie monoaxială în sens transversal).

**Tabelul 3**

**Valorile indicatorilor tensometrici ai pilorului și segmentelor duodenale. Probe inelare**

Pilorul și porțiunile duodenului	Nr. de probe	Indicatori tensometrici, M±ES			
		Forța de distrucție	Rezistența limită	Extensia relativă maximă	Coeficientul rigidității
		kgf/mm	kgf/mm <sup>2</sup>	%	gf/mm <sup>2</sup>
<b>Pilorul</b>	30	0,186±0,07	0,081±0,03	132,7	0,810±0,13
<b>Bulbul duodenal</b>	30	0,303±0,12	0,132±0,06	132,7	0,995±0,32
<b>DI</b>	30	0,347±0,13	0,136±0,08	141,29	0,963±0,28
<b>DII</b>	30	0,302±0,11	0,120±0,07	141,29	0,849±0,34
<b>DIII</b>	30	0,297±0,08	0,118±0,07	141,3	0,835±0,31
<b>DIV</b>	30	0,288±0,09	0,114±0,08	140,0	0,811±0,30

În actualele cercetari tensometrice pilorului i s-a acordat atenție reieșind din faptul ca el este acel „dispozitiv” care regleaza pasajul chimului gastric în duoden și, totodată, prezintă un obstacol în calea refluxului duodenogastric. El este cunoscut și ca parte componentă importantă a zonei de tranziție gastro-duodenala. Cea din urmă include în componența sa 1 cm proximal și 1 cm distal de pilor [22]. Conform datelor proprii, obținute pe modele gipsate, pilorul, de regula, își lasa amprenta clară care indică locul de tranziție a stomacului în duoden.

Printre studiile tensometrice recente pot fi menționate următoarele relatări care elucidează proprietățile biomecanice ale aparatului fascio-aponevrotic al peretelui abdominal anterior, inclusiv linia albă abdominală [23, 24, 25, 26].

Deși intervențiile laparo și endoscopice se practică tot mai larg, calea de acces deschisa (clasica) la

organele cavitatii abdominale nu și-a pierdut semnificația sa. Mai mult, tehnica ei se perfecționează în continuu. Drept exemplu poate servi lucrarea lui S.N Tsaplin (2011) în care autorul a stabilit proprietățile biomecanice ale peretelui abdominal anterior sub unghi de vedere a selectării cailor optime de acces și tehnicilor de închidere a plăgii laparotomice. Comparând avantajele și dezavantajele cailor de acces mediană și paramediană și a folosirii suturilor cu fire separate și cu fir continuu în vederea rezistenței aponevrozelor suturate, autorul a ajuns la concluzia că calea de acces paramediană și restabilirea integrității lambourilor aponevrotice prin fir continuu sunt preferabile. La stabilirea rezistenței țesuturilor suturate, s-a folosit unitatea de masură MPa, iar gradul lor de deformare a fost exprimat în %. Pentru confirmarea celor menționate se indică rezistența limită a lamelei aponevrotice anterioare suturate –  $3,191 \pm 0,7$  MPa și extensia maximă  $55,085 \pm 6,99\%$  versus  $1,25 \pm 0,363$  MPa și  $55,865 \pm 5,795\%$ , respectiv, pentru lamela posterioară a tecii muschiului mare drept al abdomenului. Și încă o nuanță: aponevroza suturată, indiferent de modalitățile aplicării suturilor, totdeauna este mai puțin rezistentă în raport cu aponevroza integrală, iar ruperea aponevrozei se produce numai în locul aplicării suturilor. Restabilirea integrității lamelei aponevrotice a tecii *m. recti abdomini* cu fir continuu a fost cca 30 % mai rezistentă în comparație cu suturarea lambourilor lamelei aponevrotice posterioare a aceleiași teci musculare, la fel, cu fir continuu.

În literatura la temă informație despre capacitățile biomecanice ale compartimentelor tractului intestinal, deocamdată, se întâlnește relativ rar [2, 27-31].

B.U. Duch et al.(1996) au atestat proprietățile elasticității pasive a peretelui intestinului subțire izolat de la șobolani. În studiu au fost incluse duodenul, jejunul și ileonul. S-a folosit un balon care, fiind introdus în intestin, extinde pereții lui în direcție circumferențială cu înregistrarea ariei intestinului în secțiune transversală și a grosimii peretelui intestinal. Conform relatării vizate, aria secțiunii transversale a intestinului crește în sens distal. Pentru duoden s-a stabilit  $16,64 \pm 0,53$  mm<sup>2</sup>, aria jejunului numără  $18,70 \pm 0,49$  mm<sup>2</sup>, iar cea a ileonului  $21,73 \pm 0,49$  mm<sup>2</sup>. Grosimea peretelui aceluiași porțiuni echivala cu  $0,19 \pm 0,01$  mm,  $0,25 \pm 0,01$  mm și  $0,28 \pm 0,02$  mm, respectiv ( $p < 0,01$ ). Deci în sens distal, pe de o parte, crește aria secțiunii transversale a intestinului subțire, pe de altă parte, crește și grosimea peretelui intestinal.

Prezintă interes lucrarea lui Schiastlivtsev (2002) consacrată stabilirii capacităților fizico-mecanice ale intestinului subțire (mezenterial) la om. Studiului a fost supus material cadaveric – 540 de probe lamelare și 180 de probe, la fel, lamelare prelevate de la pacienți în timpul rezecțiilor intestinale. Valorile indicatorilor rezistența limită și extensia relativă maximă ale probelor prelevate de la cadavre și de la pacienți variau neesențial. Probe decolate și examinate, tensometric, în sens longitudinal și transversal din pereții intestinului rect au studiat I. V. Kirrilova și coaut (2013). Probele supuse acțiunii mecanice în sens transversal dispuneau de rezistența limită egală cu 0,350 MPa. Valoarea medie a aceluiași indicator pentru probe decupate în sens longitudinal echivala cu 0,320 MPa. Deci probele supuse tracției mecanice monaxiale în sens transversal erau puțin mai rezistente.

## Concluzii

1. Au fost stabilite valorile indicatorilor tensometrici principali: rezistența limită, extensia relativă maximă și coeficientul elasticității (Young) ai pilorului și părților constituente ale duodenului la om.
2. Realizarea scopului studiului a avut loc prin folosirea probelor lamelare și inelare, prelevate din pilor și porțiunile duodenului: bulbul duodenal ca subsegment al DI, DII, DIII și DIV.
3. Studiului au fost supuse 90 de obiecte din care s-au prelevat câte 6 probe. Deci numărul total al probelor a constituit 540.
4. Probele lamelare din porțiunile constituente ale duodenului au fost supuse acțiunii mecanice lente în sens longitudinal cu stabilirea valorilor parametrilor tensometrici principali, nominalizați mai sus.
5. Tracției mecanice lente în sens transversal au fost supuse probele lamelare, decupate din pilor și porțiunile duodenului, pentru a stabili valorile aceluiași parametri tensometrici. În același scop, din pilor și părțile constituente ale duodenului, au fost prelevate și probe inelare.
6. Valorile concrete ale parametrilor tensometrici principali, în funcție de porțiunea duodenului și forma probelor supuse, studiului, sunt prezentate sub forma de tabele. De rezistență limită mai crescută dispun probele inelare decupate din pilor și segmentul D, inclusiv bulbul duodenal.

## Bibliografie

1. Fernandes-Crus L., Pujol-Soler R., Pera C. Dynamic morphology of the distal end of the common bile duct. *Chir. Gastroenterol.*, 1975; 9; 3:374 – 384.
2. Storkholm J.H., Villadsen G.E. et al. Mechanical properties and collagen content differ between isolated guinea pig duodenum, jejunum and distal ileum. *Dig. Dis. Sci.*, 1998 Sep; 43(9):2034-2041.
3. Derevyanko I.V. Morfofunktsional'naya kharakteristika gialinovogo khryashcha kolennogo sustava v norme i pri khondroplastike yego eksperimental'nykh povrezhdeniy. Avtoref. dis. k. m. n. Volgograd, 2004.
4. Sal'manov A.A. Stroyeniye svyazochnogo apparata golenostopnogo sustava cheloveka v pre- i neonatal'nom ontogeneze. Avtoref. dis. k. m. n. Ufa, 2007.
5. Nikolenko V.N., Fomkina O.A. Morfometricheskaya i deformatsionno-prochnostnyye svoystva zadney nizhney mozzhechkovoy arterii vzroslykh lyudey. *Morfologiya, Sankt-Peterburg „Eskulap”*, 2012; 141; 3:115.
6. Obysov A.S. Nadezhnost' biologicheskikh tkaney. M., «Meditsina», 1971, 104 s.
7. Tseders E.E., Purinya B.A. Mekhanicheskiye svoystva krovenosnykh sosudov cheloveka v zavisimosti ot ikh lokalizatsii. *Mekhanika polimerov*, 1975, 2, 320-325.
8. Yartsev YU.A. Morfologicheskiye i funktsional'nyye aspekty izucheniya nekotorykh mekhanicheskikh svoystv aorty cheloveka. *Mekhanika polimerov*, 1975, 4, 730-736.
9. Purinya B.A., Kas'yanov V.A. Biomekhanika krupnykh krovenostnykh sosudov cheloveka. Riga. «Zinatne», 1980, 260 s.
10. Koynosov P.G. Stroyeniye i prochnost' venechnykh arteriy serdtsa cheloveka. Avtoref. dis. k. m. n. Yaroslavl', 1980.
11. Fruntash N.M. Biomorfoz aorty cheloveka. Kishinev: «Shtiintsa», 1982, 176 s.
12. Alexeeva A.N. Proprietăți elasto-mecanice ale aortei umane. Tezele conf. științifice anuale a USMF, Chișinău, 1993, p. 5.
13. Mochalov O. Individual'naya izmenchivost' arkhitektoniki krovenosnykh sosudov pochki. Avtoref. dis. k. m. n. Kishineu, 2006.
14. Nikolenko V.N., Fomkina O.A. Morfometricheskaya i deformatsionno-prochnostnyye svoystva zadney nizhney mozzhechkovoy arterii vzroslykh lyudey. *Morfologiya, Sankt-Peterburg „Eskulap”*, 2012; 141; 3:115.
15. Kirillova I.V., Shchiukina O.L. Fiziko-mekhanicheskie svoystva koronarnykh arterii serdtsa cheloveka. *Matematicheskoe modelirovanie i biomekhanika v sovremennom universitete. Rostov-na-Donu. Izd-vo Izbhnogo federal'nogo universiteta*, 2012: 69.
16. Milatskova V.V. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva i gistologicheskiye osobennosti kozhi cheloveka. *Materialy k 1-y mezhvuzovoy nauchnoy konferentsii po voprosam fizicheskogo vospitaniya, anatomii i fiziologii sporta. Gor'kiy*, 1965, s. 71.
17. Vinogradova Ye.V., Mikhaylov N.N. Regional'nyye i vozrastnyye svoystva dermy kozhi cheloveka v zavisimosti ot tolshiny kolagenovykh puchkov. *Mekhanika kompozitnykh materialov*, 1979, 6, s.1100-1104.
18. Belic O. Morfologia sistemului ligamentar al uterului. Autoref. tezei de dr. în med. Chișinău, 2005.
19. Catereniuc I. Morfologia aparatului neurovascular al complexului hepatoligamentar. Chișinău, 2010, 332 p.
20. Turchin R. Argumentarea morfologică și biomecanică a utilizării materialului chirurgical de suturare *arahnopialum*. Autoref. tezei de doctor în medicină. Chișinău, 2010, 29 p.
21. Akhtemychuk YU.T. Embriogenez dvenadsatipaloy kishki. Narisi yembriotopografii. Chernivtsi: Vidavnichiy dim «Bukrek». 2008, s. 12 – 23.
22. Smirnova A.A. Vzaimosvezi formirovaniya perednei briushnoi stenki, eia myshichnoi osnovy i slabykh uchiastkov u plodov, novorozhdennykh i detei pervykh let zhizni. Avtoref. dis. k.m.n. M. 2005.
23. Romashkin-Timanov M.V. Morfofunktsional'noe obosnovaniye khirurgicheskikh metodov lecheniya posleoperatsionnykh ventral'nykh gryzh bryushnoy stenki. Avtoref. dis. k. m. n. Sankt-Peterburg, 2007.
24. Tsaplin S.N. Biomekhanika peredney bryushnoy stenki, vybor optimal'nogo dostupa i tekhniki zakrytiya laparotomnoy rany (kliniko-eksperimental'noye issledovaniye). Avtoref. dis. k. m. n. M., 2011.
25. Klimov A.S. Biomekhanika tkaney beloy linii zhivota. GMA im. I.I. Mechnikova. S. Peterburg, 2013.
26. Iorgensen C.S., Dall F.H., Storkholm S.L. et al. Elastic properties of the isolated perfused porcine duodenum. *Digestive Diseases*. 1991;9(6):401-407.
27. Duch B. et al. Elastic properties in the circumferential direction in isolated rat small intestine. *Acta Physiol. Scand.*, 1996 Jun; 157 (2):157-163.
28. Gregersen H. *Biomechanics of the Gastrointestinal Tract*. London: Springer-Verlag, 2002.
29. Счастливец И.В. Биомеханика кишечной стенки и кишечного шва, их роль в обеспечении надежности кишечных анастомозов. Автореф. дис. к. м. н. М., 2002.
30. Dou Y., Fan., Zhao J et al. Longitudinal residual stain and stress-strain relationship in rat small intestine. *BioMedical Engineering OnLine*, 2006;5:37.
31. Kirillova I.V., Menishova L.R., Kossovich L.YU. Biomekhanika tolstogo kishechnika // *Metody komp'yuternoy diagnostiki v biologii i meditsine – 2013: materialy yezhegodnoy Vserossiyskoy nauchnoy shkoly-seminara / pod red. D.A. Usanova. – Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2013. – S. 36-39.*