

Некоторые тензометрические особенности белой линии живота в срединной лапаротомной ране (экспериментальное исследование)

П.В. ВНУКОВ, Ю.М. ШЕПТУНОВ

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

Актуальность Натяжение апоневроза в хирургическом лечении срединных грыж имеет место при различных способах герниопластики. В то же время нормы этого показателя и допустимые величины на сегодняшний день не определены и в связи с этим не используются в герниологии.

Материалы и методы В статье описаны результаты экспериментального биомеханического исследования белой линии живота на 15 нефиксированных трупах. Произведен срединный лапаротомный разрез. Выделена белая линия живота на 12 см выше пупка и на такое же расстояние ниже пупка. Выполнено 6 продольных разрезов апоневроза по 4 см длиной каждый. С помощью цифрового электронного динамометра, а также пинцетного механизма определена сила (Н), необходимая для сведения краев апоневроза. Аналогично выполнены измерения для трех разрезов белой линии живота длиной 8 см (выше пупка, на уровне пупка и ниже пупка), а также для верхне и нижне срединных разрезов по 12 см. Соответственно полученным показателям вычислено напряжение (Н/см²).

Результаты и их обсуждение Было установлено, что напряжение в разрезе апоневроза выше пупка ($1,82 \pm 0,46$ Н/см²) статистически имеет более высокий показатель, чем ниже пупка ($0,96 \pm 0,40$ Н/см²) с уровнем значимости $p \leq 0,05$. Причем наибольший показатель отмечен в субксифоидальной области ($2,66 \pm 1,2$ Н/см²), а наименьший в средней трети нижне-срединного разреза ($0,68 \pm 0,5$ Н/см²) ($p \leq 0,01$). Выдвинута гипотеза о том, что данный факт обусловлен в большей степени горизонтальным положением тела. Исходя из того, что биофизической моделью передней брюшной стенки может быть тонкостенный цилиндр выполнено математическое обоснование гипотезы. Расчетное изменение напряжения составило $2,4$ Н/см², что весьма близко к эмпирическому – $2,0$ Н/см².

Заключение Сделан вывод о том, что в горизонтальном положении тела напряжение апоневроза в нижне-срединной лапаротомной ране меньше, чем в верхне-срединной, что в значительной степени нивелируется в ортостазе.

Ключевые слова белая линия, апоневроз, напряжение.

Some Strain Characteristics of the White Line of the Abdomen in the Median Laparotomic Wound (Experimental Study)

P.V. VNUKOV, Y.M. SHEPTUNOV

N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, 10 Studencheskaia Str., Voronezh, 394036, Russian Federation.

Relevance. The tension of the aponeurosis in surgical treatment of midline hernia occurs when the different ways of hernioplasty. At the same time, the standards of this indicator and limit values date to be determined and therefore not used in herniology.

Materials and methods. The article describes the results of experimental biomechanical studies of the white line of the abdomen for 15 non-fixed cadavers. Produced a median laparotomic incision. Selected white line in 12 cm above umbilicus and at the same distance below it. Made 6 a longitudinal incision of the aponeurosis at 4 cm in length each. Using digital electronic dynamometer, and the pincer mechanism defined force (N) necessary for the closing of the edges of the aponeurosis. Similarly, the measurements are made for three sections the white line of the abdomen length 8 cm (above the umbilicus, at the level of the umbilicus and below it), and upper and lower middle sections of 12 cm. Accordingly, the obtained parameters the calculated tension force (N/cm²).

Results and their discussion. It was found that the tension in the incision of the aponeurosis above the umbilicus ($1,82 \pm 0,46$ N/cm²) has a statistically higher rate than below the umbilicus ($0,96 \pm 0,40$ N/cm²) with a significance level of $p \leq 0,05$. The highest rates were observed in subxiphoidal region ($2,66 \pm 1,2$ N/cm²) and the smallest in the middle third of the lower midline incision ($0,68 \pm 0,5$ N/cm²) ($p \leq 0,01$). It is hypothesized that this fact is due to the more horizontal position of the body. On the assumption that the biophysical model of the anterior abdominal wall may be thin-walled cylinder made a mathematical justification of the hypothesis. The estimated change in the tension was 2.4 N/cm², which is very close to empirical – 2.0 N/cm².

Conclusion. It is concluded that in the horizontal position of the body tension of the aponeurosis in the lower-middle laparotomic wound is smaller than in upper-middle, largely leveled in the orthostasis.

Keywords: White line, aponeurosis, tension.

Вопросу натяжения апоневротических тканей передней брюшной стенки в современной герниологии придается большое значение [5,8,9]. Существуют публикации по хирургии грыж, лейтмотивом которых

является положение о том, что натяжение апоневроза – один из наиболее ключевых негативных факторов, и его следует избегать или минимизировать [6,10]. С натяжением апоневроза связывают такие осложне-

© П.В. Внук, Ю.М. Шептунов. Некоторые тензометрические особенности белой линии живота в срединной лапаротомной ране (экспериментальное исследование). Вестник экспериментальной и клинической хирургии 2016; 9: 1: 76-81. DOI: 10.18499/2070-478X-2016-9-1-76-80.

ния, как синдром хронической боли, абдоминальный компартмент-синдром, возникновение рецидивов [11]. Однако есть исследования, которые говорят о том, что связь натяжения и хронической боли не установлена, а ушивание апоневроза край в край при аллопластике с натяжением уменьшает процент сером и рецидива [12].

Исходно апоневротические ткани передней брюшной стенки в физиологических условиях испытывают значительное механическое воздействие, создаваемое мышцами и давлением органов брюшной полости, которое частично компенсируется его кратковременностью и динамическим перераспределением. Более того, при отсутствии определенного напряжения возникает атрофия и истончение мышц, сухожильных растяжений, развиваются контрактуры, в том числе рефлекторные, нарушается деятельность брюшного пресса [4,3]. Отчасти поэтому методики, так называемой, «аугментации» в герниологии на сегодняшний день являются более предпочтительными по сравнению с «бриджингом» [13].

Понятие натяжения связано с определенным действием по увеличению напряжения в ткани, а напряжение – это внутренние силы, возникающие в упругом теле [2].

Определение нормальных тензометрических характеристик соединительнотканного остова передней брюшной стенки является важным для оценки того критического натяжения, которое является допустимым при ушивании лапаротомной раны после операций на органах брюшной полости, а также при герниопластике [14].

Напряжение апоневроза зависит от множества факторов (возраст, конституция, мышечный тонус, внутрибрюшное давление и т.д.). Поэтому методы тензометрии передней брюшной стенки являются весьма переменными. Это прямые и непрямые методы, прижизненные и исследования на кадаверном материале [15,16,17].

Изучение тензометрических особенностей соединительнотканного остова передней брюшной стенки необходимо для оценки различных способов герниопластики и оптимального ушивания операционного доступа. Учитывая разнообразие факторов, оказывающих влияние на напряжение апоневроза, необходимо выделить из них доминирующие, а также использование единой методики исследования в эксперименте.

Цель исследования - оценка напряжения в области белой линии живота при срединной лапаротомии на разных уровнях; разработка наиболее «физиологичного» способа тензометрии, релевантного условиям в «живой» ране; экспериментальное обоснование слабых мест белой линии живота.

Материалы и методы

Исследование проведено на 15 нефиксированных трупах при температуре воздуха 22-24°C. Трупов мужского пола было 10, женского - 5. Возраст умер-

ших колебался от 28 до 76 лет, в среднем составил 59,6±8 лет. Время наступления смерти от 2 до 10 часов до момента эксперимента. Измерения выполняли следующим образом.

На коже маркировали длину срединной лапаротомной раны – 12 см выше пупочного кольца и 12 см ниже. Далее рассекали кожу и подкожную клетчатку. Белая линия живота освобождалась от клетчатки. Тушью маркировали линию разреза апоневроза – по центру белой линии с метками через каждые 4 см. Таким образом, получалось всего 6 отрезков намеченной линии – 3 выше пупка и 3 ниже пупка. После этого выполнялось рассечение каждого отрезка длиной 4 см с сохранением перемычек между ними не более 1 мм шириной. Отмечалось расхождение краев на 5-10 мм (рис. 1).

Выполнено измерение толщины апоневроза скальпелем.

С помощью пинцетного механизма и цифрового динамометра (рис. 2) осуществляли регистрацию величины усилия, необходимого для сведения краев апоневроза.

Для равномерного сведения разреза использовали алюминиевые полоски размером 30*10 мм с иглами в виде граблей и отверстием в центре для бранш пинцета (рис.3).

Регистрировались показания для всех 6 отрезков.

Затем выполнено объединение 1 и 2, 3 и 4, а также 5 и 6 отрезков, путем пересечения перемычек между ними, и регистрация усилия, необходимого для сведения краев апоневроза уже с пластинами 60x10 мм. Аналогично осуществлена оценка для разрезов, включающих 1,2,3 и 4,5,6 отрезки. То есть, выше пупочного кольца и ниже пупка с использованием пластин 100*10 мм.

Размер пластин определен экспериментально с учетом эллипсовидной конфигурации раны апоневроза с той целью, чтобы при сближении пластин происходило сведение краев равномерно по всей длине.

Далее был выполнен расчет напряжения (Н/см²) с учетом рычага тензометра и статистическая оценка разницы как для каждого из отрезков, так и для их объединений, описанных выше, для чего использовали пакет программ MS Excel и расчет критерия Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

Толщина апоневроза белой линии оказалась в среднем 0,5±0,1 см.

При длине разрезов белой линии живота длиной 4 см для сведения краев апоневроза потребовалось различное усилие, в зависимости от локализации. Средние значения полученных измерений представлены в таблице 1.

При статистической обработке результатов было установлено, что на участке белой линии живота номер 5 (средняя треть расстояния между пупком и ло-

Таблица 1

Тензометрические показатели «коротких» ран белой линии живота

Порядковый номер отрезка	1 (субксифоидальный разрез)	2	3		4		5	6 (разрез над лоном)
			Пупочное кольцо					
σ (Н/см ²)	2,66±1,2	1,96±0,58	1,44±1,06	1,04±0,92	0,68±0,5	1,42±0,58		

Table 1

Strain indicators "short" wounds of line

Number of the segment	1 (subxiphoid incision)	2	3		4		5	6 (incision above the pubis)
			Umbilicus					
σ (N/cm ²)	2,66±1,2	1,96±0,58	1,44±1,06	1,04±0,92	0,68±0,5	1,42±0,58		

Таблица 2

Тензометрические показатели «средних» ран белой линии живота

Порядковый номер отрезка	1+2	3+4		5+6
		Пупочное кольцо		
σ (Н/см ²)	1,98±0,84	1,14±0,66	1,06±0,44	

Table 2

Strain indicators "medium" wounds of line

Number of the segment	1+2	3+4		5+6
		Umbilicus		
σ (N/cm ²)	1,98±0,84	1,14±0,66	1,06±0,44	

Таблица 3

Тензометрические показатели «длинных» ран белой линии живота

Порядковый номер отрезка	1+2+3	4+5+6
σ (Н/см ²)	1,82±0,46	0,96±0,40

Table 3

Strain indicators "long" wounds of line

Number of the segment	1+2+3	4+5+6
σ (N/cm ²)	1,82±0,46	0,96±0,40

ном) имеет место достоверно более низкое значение силы, необходимой для сведения краев раны, по сравнению с отрезками номер 1, 2 ($p \leq 0,01$) и № 6 ($p \leq 0,05$). Кроме того, отмечен более высокий показатель на отрезке 1 по сравнению с участком 4 ($p \leq 0,05$).

В таблице 2 отражены результаты, полученные при длине разрезов 8 см.

Нулевая гипотеза о равенстве совокупностей отвергнута при сравнении показателей силы, на отрезках 1+2 и 5+6 с уровнем значимости 0,05. В гипогастральной области потребовалось меньшее усилие для сведения краев апоневроза.

Результаты измерений при длине разрезов 12 см представлены ниже (табл. 3).

Различия в показателях статистически значимы ($p \leq 0,05$).

Таким образом, установлено, что, несмотря на отсутствие мышечного тонуса у трупа, наличие окоченения и ригидности тканей при рассечении апонев-

роза белой линии живота происходит расхождение его краев на различную величину, в зависимости от длины разреза. Поскольку многократное сближение краев имеет постоянный показатель усилия, то можно говорить о том, что в данной ситуации расхождение связано лишь с упругими свойствами соединительной ткани. Мышечное окоченение в таком случае видимого значения не имеет.

Наибольшее усилие потребовалось для сопоставления краев апоневроза в средней трети расстояния между пупочным кольцом и мечевидным отростком, а наименьшее – в средней трети ниже-срединного отрезка.

Данное обстоятельство может быть связано с тем, что исследование выполнялось в горизонтальном положении тела. Между тем, в вертикальном положении на апоневротические структуры нижней части передней брюшной стенки дополнительное давление оказывают внутренние органы. Исходя из предполо-

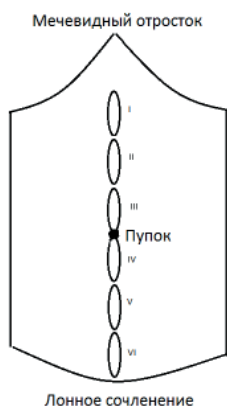


Рис. 1. Схема разрезов апоневроза. / Fig. 1. The scheme incisions of the aponeurosis

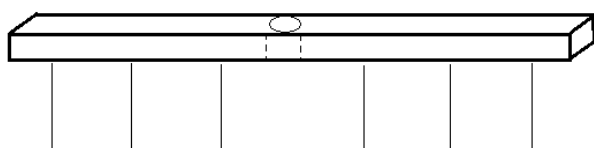


Рис. 3. Пластина с иглами. Fig. 3. / Plate with needles.

жения, что давление внутренних органов максимально приближено к гидростатическому, выполнено биофизическое теоретическое обоснование полученных результатов.

Поскольку направление разреза апоневроза строго продольное, то математической моделью передней брюшной стенки можно считать сегмент цилиндра. Толщина апоневроза белой линии у исследованных трупов составила 5 мм при измерении шкалой ручки скальпеля.

Основанием рассматриваемого цилиндра является окружность с диаметром максимально близким к *distansio interspinarum*, которая по данным литературы составляет от 20 до 25 см [1,7]. При этом соотношение толщины апоневроза и радиуса описанной окружности от 0,05 до 0,04. Это означает, что для расчета можно использовать уравнение Лапласа для тонкостенных оболочек (1):

Список литературы

1. Айламазян Э.К., Кулаков В.И., Радзинский В.Е., Савельева Г.М. Акушерство. Национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009; 763.
2. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2003; 560.
3. Белова А.Н., Щепетова О.Н. Руководство по реабилитации больных с двигательными нарушениями. – М.: Антидор, 1999; 872.
4. Белоконов В.И., Федорина Т.А., Ковалева З.В., Пушкин С.Ю., Нагапетян С.В., Супильников А.А. Патогенез и хирургическое лечение послеоперационных вентральных грыж. Самара, 2005; 208.
5. Егиев В.Н. Ненатяжная герниопластика. – М.: Медпрактика-М, 2002; 148.
6. Жебровский В.В. Хирургия грыж живота. – М.: МИА, 2005; 381.

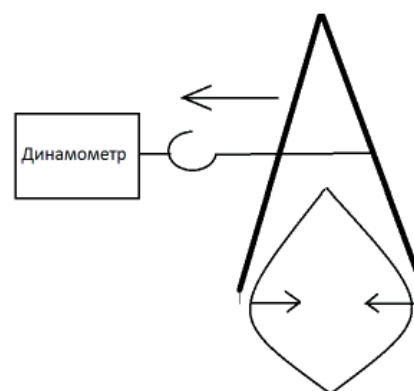


Рис. 2. Принцип работы пинцетного тензометра. / Fig. 2. The principle of operation of the pincer tensometer

$$\Delta\sigma = R \cdot \Delta P / \delta, \quad (1)$$

где R – радиус окружности цилиндра

P – давление

δ – толщина стенки цилиндра

В связи с тем, что отрезок номер 5 на 12 см каудальнее отрезка 1, то в вертикальном положении тела давление в исследуемой зоне полости живота увеличится на 12 см водного столба, что составляет 0,11 Н/см².

Подставив значения в формулу (1):

$$\Delta\sigma = 11 \cdot 0,11 / 0,5 = 2,4 \text{ Н/см}^2$$

Разность полученных экспериментально показателей напряжения в отрезках 1 и 5 оказалась при округлении до сотых 2,00 Н/см².

Заключение

Таким образом, теоретическое и экспериментальное значение разности напряжения в апоневрозе оказались очень близки. Выяснение доминирующих тензогенных факторов в разных зонах апоневротической ткани требует дальнейших исследований, в том числе и для последующего использования данных в клинической практике.

References

1. Aylamazyan E.K., Kulakov V.I., Radzinskiy V.E., Savell'eva G.M. Akusherstvo. Natsional'noe rukovodstvo [Obstetrics. National guideline.]. – М.: GEOTAR-Media, 2009; 763 (in Russ.).
2. Aleksandrov A.V., Potapov V.D., Derzhavin B.P. Soprotivlenie materialov [Material resistance.]. – М.: Visshaya shkola, 2003; 560 (in Russ.).
3. Belova A.N., Shchepetova O.N. Rukovodstvo po reabilitatsii bol'nykh s dvigatel'nymi narusheniyami [Guideline the rehabilitation of patients with movement disorders.]. – М.: Antidor, 1999; 872 (in Russ.).
4. Belokonev V.I., Fedorina T.A., Kovaleva Z.V., Pushkin S.Yu., Nagapetyan S.V., Supil'nikov A.A. Patogenez i khirurgicheskoe lechenie posleoperatsionnykh ventral'nykh gryzh [Pathogenesis and surgical treatment of postoperative ventral hernias.]. Samara, 2005; 208 (in Russ.).

7. Краев А.В. Анатомия человека. Том 1. – М.: Медицина, 1978; 496.
8. Нарезкин Д.В., Алибегов Р.А., Игнат'ев С.В., Борсуков А.В., Сергеев О.А., Маркова Я.А. Натяжная пластика ущемленных грыж. Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2011; 170: 1: 61-62.
9. Некрасов А.Ю., Касумьян С.А., Воронцов А.К., Сергеев А.В., Безалтынних А.А. Натяжная герниопластика послеоперационных вентральных грыж. Новости хирургии. 2011; 2: 21-25.
10. Muresan M, Muresan S, Bara T, Brinzaniuc K, Sala D, Suci B, Radu N. The intraabdominal pressure A real indicator of the tension free principle during anterior wall repair procedure after incisional hernias. Ann. Ital. Chir. 2015; 86: 421-6.
11. Kocijan R1, Sandberg S, Chan YW, Hollinsky C. Anatomical changes after inguinal hernia treatment: a reason for chronic pain and recurrent hernia? Surg. Endosc. 2010; 24(2): 395-9.
12. Chelala E1, Baraké H, Estievenart J, Dessily M, Charara F, Allé JL. Long-term outcomes of 1326 laparoscopic incisional and ventral hernia repair with the routine suturing concept: a single institution experience. Hernia. 2015; 21.
13. Conze J1, Binnebösel M, Junge K, Schumpelick V. Incisional hernia - how do I do it? Standard surgical approach. Chirug. 2010; 81(3): 192-200.
14. Dadhwal U.S. Tensiometry as a decision tool for abdominal wall reconstruction with component separation: letter to the editor. World J Surg. 2009; 33(12): 2730.
15. Konerding M., Bohn M., Wolloscheck T., Batke B., Holste J-L., Wohlert S., Trzewik J., Forstemann Th., Hartung Ch. Maximum forces acting on the abdominal wall: Experimental validation of a theoretical modeling in a human cadaver study. Medical Engineering & Physics. 2011; 33: 789-792.
16. Silveira R., Nahas F., Hochman B., Bazzano F., Amorim C., Ferreira L. Cadaver as an experimental a model for the study of midline incisional hernia. Acta Cirurgica Brasileira. 2011; 26: 4. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-86502011000400011>
17. Silveira R., Nahas F., Hochman B., Bazzano F., Amorim C., Juliano Y., Passos V., Ferreira L. Mapping traction strength of the anterior rectus sheath in cadaver. Acta Cirurgica Brasileira. 2010; 25: 4. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-86502010000400009>
5. Egiev V.N. Nenatyazhnaya gernioplastika [Tension-free hernioplasty]. – М.: Mwdpraktika-M, 2002; 148 (in Russ.).
6. Zhebrovskiy V.V. Khirurgiya gryzh zhivota [Surgery of abdominal hernia]. – М.: MIA, 2005; 381 (in Russ.).
7. Kraev A.V. Anatomiya cheloveka. Tom 1 [Human anatomy. Volume 1.]. – М.: Medicina, 1978; 496 (in Russ.).
8. Narezkin D.V., Alibegov R.A., Ignat'ev S.V., Borsukov A.V., Sergeev O.A., Markova Ya.A. Nenatyazhnaya plastika ushchemlennykh gryzh [Tension-free plasty of strangulated hernias.]. Vestnik khirurgii imeni I.I.Grekova. 2011; 170: 1: 61-62 (in Russ.).
9. Nekrasov A.Yu., Kasum'yan S.A., Vorontsov A.K., Sergeev A.V., Bezaltynnykh A.A. Nenatyazhnaya gernioplastika posleoperatsionnykh ventral'nykh gryzh [Tension-free hernioplasty of postoperative ventral hernias.]. Novosti khirurgii. 2011; 2: 21-25 (in Russ.).
10. Muresan M, Muresan S, Bara T, Brinzaniuc K, Sala D, Suci B, Radu N. The intraabdominal pressure A real indicator of the tension free principle during anterior wall repair procedure after incisional hernias. Ann. Ital. Chir. 2015; 86: 421-6.
11. Kocijan R1, Sandberg S, Chan YW, Hollinsky C. Anatomical changes after inguinal hernia treatment: a reason for chronic pain and recurrent hernia? Surg. Endosc. 2010; 24(2): 395-9.
12. Chelala E1, Baraké H, Estievenart J, Dessily M, Charara F, Allé JL. Long-term outcomes of 1326 laparoscopic incisional and ventral hernia repair with the routine suturing concept: a single institution experience. Hernia. 2015; 21.
13. Conze J1, Binnebösel M, Junge K, Schumpelick V. Incisional hernia - how do I do it? Standard surgical approach. Chirug. 2010; 81(3): 192-200.
14. Dadhwal U.S. Tensiometry as a decision tool for abdominal wall reconstruction with component separation: letter to the editor. World J Surg. 2009; 33(12): 2730.
15. Konerding M., Bohn M., Wolloscheck T., Batke B., Holste J-L., Wohlert S., Trzewik J., Forstemann Th., Hartung Ch. Maximum forces acting on the abdominal wall: Experimental validation of a theoretical modeling in a human cadaver study. Medical Engineering & Physics. 2011; 33: 789-792.
16. Silveira R., Nahas F., Hochman B., Bazzano F., Amorim C., Ferreira L. Cadaver as an experimental a model for the study of midline incisional hernia. Acta Cirurgica Brasileira. 2011; 26: 4. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-86502011000400011>
17. Silveira R., Nahas F., Hochman B., Bazzano F., Amorim C., Juliano Y., Passos V., Ferreira L. Mapping traction strength of the anterior rectus sheath in cadaver. Acta Cirurgica Brasileira. 2010; 25: 4. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-86502010000400009>

Поступила 28.12.2015

Сведения об авторах

1. Шептунов Юрий Михайлович - д.м.н., проф. кафедры хирургических болезней Института дополнительного профессионального образования Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н.Бурденко
2. Внуков Павел Владимирович - к. м. н., зав. хирургическим отделением Елецкой городской больницы №2, e-mail: pvnikov@yandex.ru

Received 28.12.2015

Information about the Authors

1. Sheptunov Y. - MD, Professor of the Department of surgical diseases Institute of supplementary professional education Voronezh State Medical University named N. N. Burdenko.
2. Vnukov P. - Head of the surgical Department of Elets city hospital №2, e-mail: pvnikov@yandex.ru