

© С.М.Лазарев, Д.К.Бага, 2009
УДК [616.34-007.43-031:611.951]-089

С.М.Лазарев, Д.К.Бага

ВЗГЛЯД НА ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ГРЫЖ БЕЛОЙ ЛИНИИ ЖИВОТА С УЧЕТОМ ЕЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Кафедра хирургических болезней с курсом малоинвазивной хирургии, эндоскопии и лазерных медицинских технологий ФПК (зав — проф. С.М.Лазарев) Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И.Мечникова

Ключевые слова: грыжи, белая линия живота, биомеханика.

Введение. Современная герниология вооружена точными анатомическими сведениями и огромным опытом. Изучена этиология грыж живота, выделены наиболее надежные способы операций, но проблема лечения грыж белой линии живота остается актуальной в связи с высоким количеством рецидивов (20–40%) [2]. Парадоксально, но до сих пор хирурги, оперируя грыжи белой линии живота, не учитывают ее биомеханических свойств. Представленные в единичных публикациях [1, 3] механические свойства тканей передней брюшной стенки не удовлетворяют своей информативностью, в связи с тем, что не описываются условия испытания, ориентация образцов относительно анатомической оси, размеры образцов, пол и возраст доноров, а данные о некоторых анатомических тканях вообще отсутствуют, в частности ткани белой линии живота. Поэтому выбор метода операции производится «на глаз».

Цель исследования — изучение механических свойств ткани белой линии живота в норме и при патологии на основе биомеханики и компьютерного моделирования.

Материалы и методы. Разработана методика экспериментального исследования биомеханических свойств (относительная деформация, модуль нормальной упругости) ткани белой линии живота на специально сконструированном и построенном стенде. Образцы для исследования от 1 до 3 иссекались в продольном и поперечном направлениях из структуры белой линии во время хирургических операций.

Пациенты были разделены на 3 группы. В 1-ю группу включены 10 пациентов (5 мужчин и 5 женщин), которые не имели патологии со стороны брюшной стенки и белой линии, а образцы белой линии были взяты при срединном доступе, который осуществлялся лапаротомическим способом по поводу хирургических заболеваний органов брюшной полости.

2-я группа представлена 10 пациентами (5 мужчин и 5 женщин), которые были оперированы по поводу послеоперационных вентральных грыж срединной локализации и пупочных грыж без диастаза прямых мышц. Образцы белой линии были взяты перед выполнением пластики грыжевых ворот.

В 3-ю группу включены 10 пациентов (5 мужчин и 5 женщин), которые были оперированы по поводу грыж белой линии живота с диастазом прямых мышц живота. Образцы белой линии были взяты перед выполнением пластики грыжевых ворот.

Для сохранения витальности образцы сразу после взятия помещались в раствор Кребса. Длина образца составляла (l) 10 мм, ширина (t) — 2 мм. Толщина (h) образца варьировалась от 1,05 до 1,7 мм в зависимости от расположения

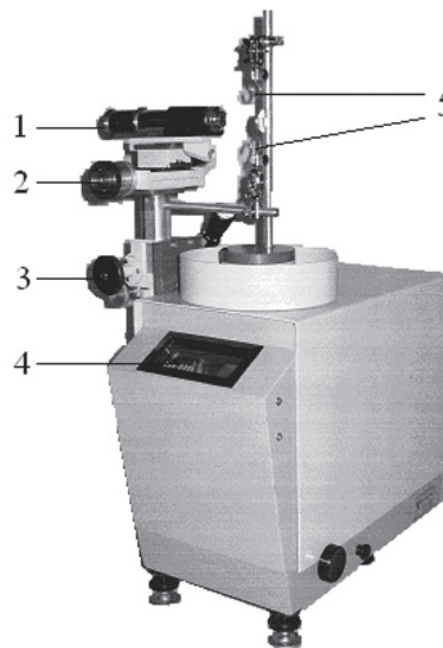


Рис. 1. Стенд для растяжения образцов.

1 — окуляр; 2 — регулятор горизонтального положения окуляра; 3 — регулятор вертикального положения окуляра; 4 — шкала нагружения; 5 — зажимы для образца.

в белой линии сегмента, из которого был вырезан образец и анатомической вариабельности пациентов. Хирургические операции производили в асептических условиях, под эндотрахеальным наркозом.

В организме человека нет единственного естественного состояния. Это отсутствие не позволяет создать единую систему отсчета для измерения деформаций и напряжений в структурах организма. Поэтому лучшее из того, чего можно добиться при экспериментах, это воспроизводимость результатов исследования [4].

Растяжение образцов проводили на стенде (рис. 1) в лаборатории кафедры хирургических болезней СПбГМА им. И.И.Мечникова.

По результатам исследований строили диаграммы напряжение—относительное удлинение. Нами брались максимальные значения нагрузки на ткани образцов, равные 5,0 (Н). Имея значения максимального напряжения (σ)

и относительной деформации (Δ), рассчитывается максимальный модуль упругости ($E_{\max}$) белой линии по формуле: $E_{\max} = \sigma_{\max} / \Delta$. Напряжение получаем по формуле: $\sigma = F / S$, где F — сила натяжения (в Н), S — поперечное сечение (в мм²), Δ — относительная деформация (в %).

При обработке результатов измерений по закону Стьюдента было получено среднее арифметическое значение модуля упругости белой линии живота и доверительный интервал с вероятностью 95%.

Полученные данные использовали при построении компьютерных биомеханических моделей брюшной стенки. Компьютерное биомеханическое моделирование — метод исследования, необходимый для понимания закономерностей функционирования структур брюшной стенки в норме, патологии и после реконструкции. Клинически достаточно сложно обосновать предпочтение той или иной герниопластики у конкретного пациента, поэтому хирургами эмпирически

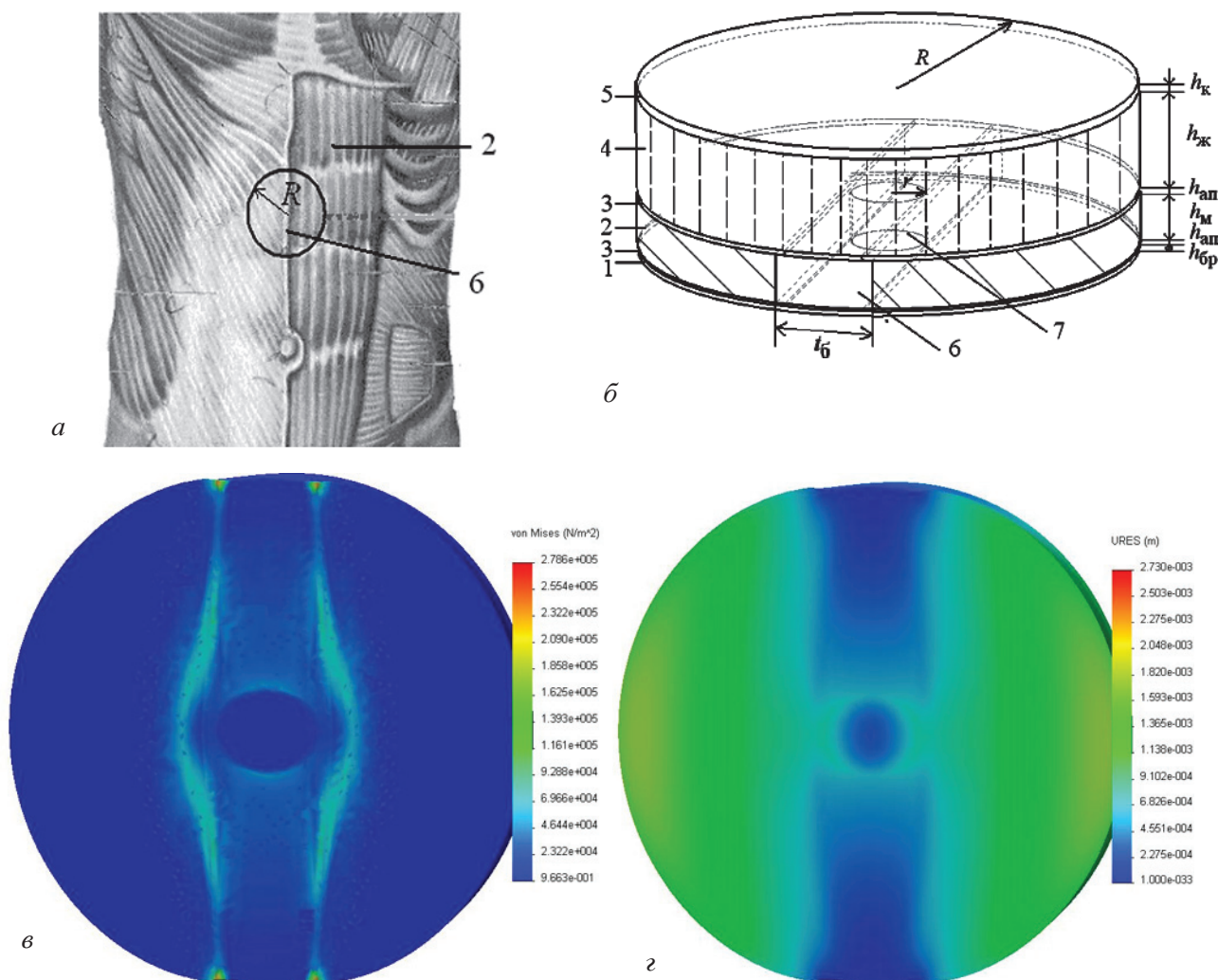


Рис. 2. Схема патологического образования в белой линии живота.

а — анатомическая схема передней брюшной стенки с патологическим отверстием в белой линии живота; б — геометрическая схема модели передней брюшной стенки, включает следующие анатомические структуры: 1 — брюшину; 2 — прямые мышцы; 3 — апоневрозы прямых мышц; 4 — подкожно-жировую клетчатку; 5 — кожу; 6 — белую линию живота; 7 — патологическое отверстие; R — радиус рассматриваемой области; r — радиус патологического образования; t_b — ширина белой линии; h_k — толщина кожи; h_j — толщина подкожно-жировой клетчатки; h_{ap} — толщина апоневрозов прямых мышц; h_m — толщина мышц; h_{br} — толщина брюшины; в — эпюра напряжений в тканях передней брюшной стенки при латеральной нагрузке 10^5 Па; г — эпюра перемещений в тканях передней брюшной стенки при латеральной нагрузке 10^5 Па.

выделены наиболее надежные способы операций, среди которых и осуществляется выбор пластики грыжевых ворот. Биомеханическое моделирование позволяет получить ту информацию о биомеханике структур брюшной стенки, которую в настоящее время нельзя получить современными средствами измерения. Компьютерные модели для исследования перемещений и напряжений, возникающие в структуре белой линии, реализованы при использовании модуля конечно-элементного анализа COSMOSWorks, интегрированного в систему пространственного моделирования SolidWorks.

Результаты и обсуждение. В 1-й группе значения максимального модуля упругости белой линии при $F=5,0$ (Н) составили:

- в продольном направлении $E_{\max}=2,23\pm0,25$ МПа;
- в поперечном направлении $E_{\max}=2,84\pm0,31$ МПа.

Во 2-й группе значения максимального модуля упругости белой линии при $F=5,0$ (Н) составили:

- в продольном направлении $E_{\max}=2,11\pm0,15$ МПа;
- в поперечном направлении $E_{\max}=2,47\pm0,18$ МПа.

В 3-й группе ткань рвется при нагрузке в диапазоне $F=1,7-2,1$ (Н), значения максимального модуля упругости белой линии:

- в продольном направлении $E_{\max}=1,16\pm0,17$ МПа;
- в поперечном направлении $E_{\max}=1,52\pm0,14$ МПа.

Как видно биомеханические свойства белой линии живота неоднородны при исследовании ее в продольном и поперечном направлении. Во всех группах модуль упругости белой линии в продольном направлении меньше, чем в поперечном, при одинаковой силе воздействия в среднем на 20%. Также имеются межгрупповые отличия

модуля упругости белой линии, он максимален в 1-й группе как в продольном, так и в поперечном направлении, во 2-й группе в продольном направлении он меньше на 5,3%, в поперечном направлении — на 13% относительно 1-й группы. В 3-й группе определяется значительное снижение модуля упругости белой линии, в продольном направлении — на 47%, в поперечном — на 46% он меньше относительно 1-й группы, что указывает на низкую прочность белой линии как в продольном, так и в поперечном направлениях пациентов 3-й группы.

Полученные значения биомеханических свойств ткани белой линии живота, использовались для построения компьютерных моделей брюшной стенки. Модели брюшной стенки отражают строение передней стенки живота в соответствии с естественным анатомическим расположением слоев. Схема передней брюшной стенки с патологическим отверстием в белой линии живота представлена на рис. 2.

Приняты следующие допущения: 1) среда сплошная; 2) размеры исследуемой области выбраны такими, при которых условия закрепления не оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние структур в области патологии (радиус рассматриваемой области в 5 раз больше радиуса патологического отверстия); 3) материалы исследуемых структур — однородны и изотропны; 4) поверхностное давление p приложено к апоневрозам прямых мышц (латеральная тяга);

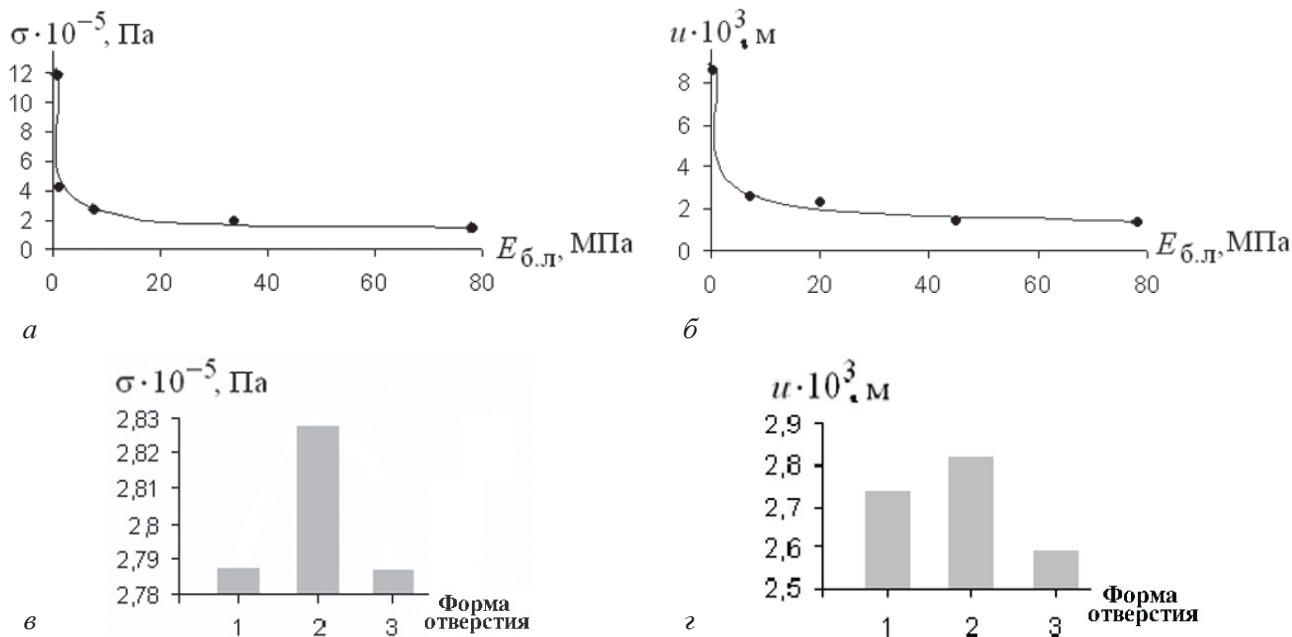


Рис. 3. Зависимости напряжений (а) и перемещений (б) в белой линии живота от модуля упругости (а и б) и формы патологического отверстия (в, г).

На рис.: а, в — ось Y — напряжение; а, б — ось X — модуль упругости; б, г — ось Y — перемещение; в, г — ось X — форма отверстия.

1 — круглая; 2 — эллиптическая (вдоль белой линии), 3 — эллиптическая (поперек белой линии).

5) модель жестко закреплена по торцам белой линии в соответствии с естественным креплением белой линии к костным выступам (лобковая кость и мечевидный отросток).

По результатам расчета получено, что наибольшее напряжение ($1,2 \times 10^5$ Па) возникает в тканях передней брюшной стенки на границе перехода белой линии в передние и задние листки влагалищ прямых мышц живота в области патологического отверстия в белой линии, а наибольшее перемещение в 1,6 мм (см. рис. 2, г) — по контуру патологического отверстия в белой линии живота. Проведено исследование зависимости напряжений и перемещений в передней брюшной стенке от модуля упругости белой линии и от формы патологического отверстия (рис. 3). По результатам, представленным на рис. 3, с увеличением модуля упругости белой линии в 10 раз напряжение уменьшается в 8 раз (рис. 3, а), а перемещение — в 6,5 раза (рис. 3, б).

Форма отверстия изменялась от круглой с радиусом $r_1=5$ мм до эллиптической с полуосями $r_1=4$ мм и $r_2=9$ мм. При изменении формы патологического отверстия наибольшие напряжения (рис. 3, в) и перемещения (рис. 3, г) возникают при эллиптическом отверстии, вытянутом вдоль белой линии живота по сравнению с круглой формой отверстия.

При анализе поведения модели варьирование значениями параметров дает возможность определить влияние каждого из них на исследуемое явление, а следовательно, рассмотреть множество его вариантов.

Полученные при исследовании данные указывают на значительное снижение прочности ткани белой линии живота у пациентов с грыжей белой линии (3-я группа) по сравнению с больными с послеоперационными вентральными грыжами (2-я группа) и пациентов, не имеющих патологии передней брюшной стенки (1-я группа).

Таким образом, учитывая слабость соединительной ткани белой линии при грыжах белой линии живота ($E_{\max}=1,16$ продольно; $E_{\max}=1,52$ поперечно), следует отдавать предпочтение операциям, устраняющим не только грыжевой дефект, но и диастаз прямых мышц живота, или протезирующим герниопластикам в отличие от вентральных или пупочных грыж ($E_{\max}=2,11$ продольно; $E_{\max}=2,47$ поперечно), когда устранение их возможно с использованием местных тканей при их адекватной прочности. Результаты биомеханического моделирования свидетельствуют о преимуществе создания дубликатуры апоневроза в горизонтальном направлении (пластика Мейо) по сравнению с дубликатурой апоневроза в вертикальном направлении (пластика Сапежко), при устранении послеоперационных вентральных

и пупочных грыж местными тканями, так как напряжение, возникающее в тканях в области шва, меньше в первом случае.

Выводы. 1. Биомеханические свойства белой линии у больных с послеоперационными вентральными грыжами и здоровой передней брюшной стенкой отличаются всего на 5,3% в продольном и на 13% в поперечном направлении. В поперечном направлении модуль упругости белой линии живота больше, чем в продольном. Определяется значительное снижение прочности ткани белой линии у пациентов с грыжей белой линии живота относительно больных с послеоперационными вентральными грыжами и людей со здоровой передней брюшной стенкой на 46,5%.

2. Наибольшие напряжения и перемещения возникают в тканях передней брюшной стенки на границе перехода белой линии в передние и задние листки влагалищ прямых мышц живота в области патологического отверстия в белой линии.

3. При изменении формы патологического отверстия от круглой до эллиптической наибольшие напряжения и перемещения возникают при эллиптическом отверстии, вытянутом вдоль белой линии живота, по сравнению с круглой формой отверстия.

4. Хирургическое лечение грыж белой линии живота должно производиться с учетом биомеханики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика.—СПб.: Политехника, 2000.—157 с.
2. Жебровский В.В. Хирургия грыж живота.—М.: Миа, 2005.—С. 113.
3. Панг Я.И. Математические модели зависимости напряжения — деформация для живых мягких тканей.—М.: Наука, 1975.—С. 850–864.
4. Фын Ю.Ч. Биомеханика // Теоретическая и прикладная механика: Труды 14-го Международного конгресса IUTAM.—М.: Мир, 1997.—С. 100–135.

Поступила в редакцию 17.11.2008 г.

S.M.Lazarev, D.K.Baga

VIEW TO SURGICAL TREATMENT OF MIDLINE HERNIAS CONSIDERING THEIR BIOMECHANICAL PROPERTIES

Biomechanical parameters of the white line in health, in postoperative ventral hernias, in midline hernias and diastasis recti abdominis were studied on a special stand. It was noted that the elasticity modulus of the white line in the transverse direction is more than that in the longitudinal direction. The white line tissue strength in patients with midline hernia was 46.5% less as compared with the normal line. The greatest strength and transfer appeared with the elliptical opening stretched along the white line as compared with the round form of the opening.