

DOI: 10.18499/2225-7357-2019-8-4-88-92



УДК 611.739

14.03.01 – анатомия человека

03.03.04 – клеточная биология, цитология, гистология

© Коллектив авторов, 2019

Морфологическая характеристика мышцы, поднимающей задний проход крысы

С. Н. Чемидронов*, Г. Н. Суворова, Ю. В. Григорьева, В. Д. Корнилов

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

Цель работы – изучение особенностей структурной организации мышцы, поднимающей задний проход у белых лабораторных крыс.

Материал и методы. В качестве объекта исследования использовали белых крыс, по 5 особей каждого пола, массой 300–420 г, содержавшихся в стандартных условиях вивария со свободным доступом к воде и пище. В работе использовали методы препарирования, световой, электронной микроскопии и гистохимии.

Результаты. Установлено, что у самцов крыс мышца, поднимающая задний проход, представлена единым комплексом без четкой дифференцировки на компартменты. У самок в ней дифференцируются подвздошно-хвостовая и лобково-хвостовая порции. Подвздошно-хвостовая мышца берет начало на внутренней поверхности подвздошной кости, лобково-хвостовая – начинается от задней поверхности лобковой кости ниже лобкового симфиза. Другим концом мышцы своими сухожилиями прикрепляются к передней поверхности тел хвостовых позвонков $C_{III}-C_{VI}$, при этом лобково-хвостовая прикрепляется проксимальнее к $C_{III}-C_{IV}$, а подвздошно-хвостовая – дистальнее к $C_{IV}-C_{VI}$. На поперечных срезах мышечные волокна мышцы, поднимающей задний проход, у самцов и лобково-хвостовой порции у самок имеют преимущественно полигональную форму, а волокна подвздошно-хвостовой порции у самок – округлую. Ультраструктурных проявлений полового диморфизма среди мышечных волокон не прослеживается, они имеют типичное строение, характерное для поперечнополосатой скелетной мышечной ткани. При гистохимическом исследовании установлено наличие в мышце волокон I и II типа, с преобладанием гликолитических волокон (II типа).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о наличии у лабораторных крыс полового диморфизма в строении мышцы, поднимающей задний проход. Есть основания полагать, что данная мышца вносит больший вклад в обеспечение движений хвоста, чем в укрепление стенки малого таза и удержания органов. Эти данные необходимо учитывать при моделировании процессов недержания мочи и кала, пролапса тазовых органов у белых крыс.

Ключевые слова: мышца, поднимающая задний проход, лобково-хвостовая мышца, подвздошно-хвостовая мышца.

Morphological Description of Levator Ani Muscle in Rats

© S. N. Chemidronov*, G. N. Suvorova, Yu. V. Grigor'eva, V. D. Kornilov, 2019
Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

The aim of the research: the study of structural morphologic features of levator ani muscle in white laboratory rats.

Materials and methods. Five male and five female laboratory rats 300–420 g of weight were observed as an object of investigation. The experimental animals were kept in standard conditions in vivarium with the free access to water and food. The methods of preparation, histochemistry, optical and electronic microscopy were used during the investigation.

Results. It was stated that in male rats, levator ani muscle is represented by a single complex without a clear differentiation into compartments. In females, the iliocaudal and pubocaudal portions of levator ani muscle are clearly differentiated. The iliocaudal muscle is initially attached to the internal part of iliac bone, pubocaudal muscle is initially attached to the posterior part of pubic bone below pubic symphysis. The other ends of the muscles are attached through their tendons to the anterior surface of caudal vertebrae bodies $C_{III}-C_{VI}$. Meanwhile, iliocaudal muscle is attached more proximally to $C_{III}-C_{IV}$, and pubocaudal muscle is attached more distally to $C_{IV}-C_{VI}$. The transverse sections of levator ani muscle in males and its pubocaudal portion in females are represented by polygonal muscle fibers, and the iliocaudal portion of levator ani muscle in females is represented by orbicular muscle fibers. Ultrastructural manifestations of sexual dimorphism among muscle fibers are not observed, they have got typical structure representative for transversal striated skeletal muscular tissue. On histochemical investigation the presence of I and II type of muscle fibers was determined, but glycolytic fibers (of the II type) prevailed.

Conclusion. The obtained data indicate the presence of sexual dimorphism in levator ani muscle structure in white laboratory rats. This muscle is supposed to contribute more to provide tail movements than to strengthen small pelvis wall and protect organs.

Key words: levator ani muscle, iliocaudal muscle, pubocaudal muscle.

***Автор для переписки:**

Чемидронов Сергей Николаевич
Самарский государственный медицинский университет,
ул. Арцыбшевская, 171, г. Самара, 443001, Россия
E-mail: gfrs@inbox.ru

***Corresponding author:**

Sergei Chemidronov
Samara State Medical University, ul. Artsybushevskaya, 171,
Samara, 443001, Russia
E-mail: gfrs@inbox.ru

Введение

Тазовое дно человека представляет собой сложный анатомический комплекс костно-мышечно-фасциальных образований и клетчаточных пространств, являющихся не только нижней стенкой брюшной полости, но и функциональным каркасом дистальных отделов пищеварительной, мочевой и половой систем. Нормальная физиологическая функция органов малого таза во многом зависит от анатомической целостности структур тазового дна, так как дефекты этой области способствуют развитию пролапса находящихся здесь органов, приводят к развитию недержания мочи и кала, эректильным дисфункциям, нарушению родовой деятельности. До настоящего времени, несмотря на большое количество исследований, анатомия тазового дна остается недостаточно изученной, кроме того, в терминологии обозначения мышц и межмышечных клетчаточных пространств имеется много несоответствий [4]. И, хотя в практической медицине разработаны многочисленные методы, «обучающие» мышцы промежности, увеличивающие их силу, выносливость, способствующие снижению проявлений выпадения органов малого таза и недержания, характер строения мышц диафрагмы таза, их структурные и метаболические особенности клиницистами, как правило, не учитываются.

Поэтому знание деталей морфологии мышц тазового дна важно для диагностики и лечения дисфункций органов малого таза [4]. Особое место в диафрагме таза занимает мышца, поднимающая задний проход. У людей эта мышца представляет собой единый комплекс, состоящий из нескольких компонентов, имеющих различное начало, прикрепление и функцию [5]. Международная анатомическая терминология признает три основных компонента мышцы, поднимающей задний проход: *m. pubococcygeus*, *m. puborectalis*, *m. iliococcygeus* [1]. В составе *m. pubococcygeus* входят следующие компоненты: *m. puboperinealis* и *m. puboanalis* – у мужчин; *m. puboperinealis*, *m. puboanalis* и *m. pubovaginalis* – у женщин [1, 2]. Однако, до настоящего времени существует ряд противоречий в анатомической терминологии для описания компонентов мышцы, поднимающей задний проход.

По своим функциональным особенностям мышца, поднимающая задний проход

отличается от большинства других скелетных мышц. Ограничивая снизу полость малого таза, она находится в постоянном тонусе, за исключением периода эвакуации при мочеиспускании и дефекации. Эта мышца быстро сокращается при повышении внутрибрюшного давления во время стресса; расслабляется во время периода изгнания в родах, сокращаясь впоследствии для восстановления нормальных физиологических [6, 7]. У человека такой функциональной особенностью мышцы, поднимающей задний проход, является метаболический профиль составляющих ее мышечных волокон: она состоит из двух типов мышечных волокон: окислительных волокон I типа (70%) и гликолитических волокон II типа (30%). Преобладание в мышце человека окислительных волокон объясняется тем, что поскольку они отвечают за тонус скелетной мышцы, то в данном случае оказывают поддержку внутренним органам малого таза. Гликолитические волокна активизируются при повышении внутрибрюшного давления [6], поэтому количество таких волокон в мышце человека меньше, чем количество окислительных волокон.

В современной медицине лабораторная крыса является наиболее используемой моделью животных для научных целей, в том числе, для таких, как изучение проблем строения, функциональных особенностей и пороков развития органов малого таза. Говоря об анатомии промежностной области крыс, нужно обратить внимание на функциональную особенность мышцы, поднимающей задний проход, так как помимо удержания и фиксации органов малого таза, эта мышца должна принимать участие и в движениях хвоста животного [9].

Изучением процессов дефекации, мочеиспускания, а также моделированием повышения давления в прямой кишке и во влагалище у крыс занимались ученые в конце XX – начале XXI века. Poortmans & Wyndaele (1988) в исследовании акта дефекации у животных, и при изменении давления в уретре путем электрической стимуляции промежностной области, регистрировали функциональные изменения размеров влагалища и прямой кишки [6]. В работе по проведению электрической стимуляции мышцы, поднимающей задний проход, показана корреляция изменения давления в просветах прямой кишки и мочеиспускательного канала с усилением эвакуаторных свойств органов малого таза [7]. Исследование морфологии тазового дна крысы играет большую роль в понимании процессов моделирования недержания мочи и кала, выпадения органов малого таза. Нельзя утверждать, что механизмы развития и эволюции пролапса органов малого таза и недержания у человека и четвероногих животных сходны, однако, моделирование этих процессов на крысах



Рис. 1. Мышцы промежности крысы самки. Обозначения: черная стрелка – *m. rubrocaudalis*, белая стрелка – *m. iliocaudalis*.



Рис. 2. Мышцы промежности крысы самца. Стрелкой обозначена *m. levator ani*.

позволит прояснить изменения в морфологии и патофизиологии пролапса тазовых органов [3].

Поэтому, учитывая роль мышцы, поднимающей задний проход в этих процессах и ее недостаточную изученность даже у лабораторных животных, в данной работе проведено изучение анатомического и гистологического строения этой мышцы у белых лабораторных крыс.

Целью нашей работы явилось изучение особенностей структурной организации мышцы, поднимающей задний проход у белых лабораторных крыс.

Задачи исследования включали: препарирование отделов мышцы, поднимающей задний проход у самок и самцов белых крыс; изучение анатомического строения мышцы, поднимающей задний проход у крыс и гистологической характеристики мышечной ткани, формирующей эту мышцу; проведение обоснования возможности использования в качестве биологического объекта модели белой крысы для изучения патологии мышечного звена диафрагмы таза у человека.

Материал и методы исследования

В качестве объектов для проведения исследований использовали белых крыс, по 5 особей каждого пола, массой 300–420 г. Животных содержали в виварии института экспериментальной медицины и биотехнологий СамГМУ, уход за ними осуществляли по нормам и правилам обращения с лабораторными животными, в соответствии с «Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985), с правилами лабораторной практики в Российской Федерации (приказ МЗ РФ от 19.06.2003 №267) и законом «О защите животных от жестокого обращения» гл. V, ст. 104679-ГД от 01.12.1999г. На проведение исследования получено разрешение комитета по биоэтике при СамГМУ (протокол №176 от 03.08.2016 г.).

Для изучения микроструктуры мышц в использовали общегистологический метод с

приготовлением срезов толщиной 5–7 мкм и окраской гематоксилином и эозином; гистохимический метод с выявлением сукцинатдегидрогеназы в свежемороженых срезах по методу M. Nachlas; электронномикроскопический метод с фиксацией материала в растворе глутарового альдегида на фосфатном буфере, заливкой в аралдит, контрастированием ультратонких срезов 2,5% раствором уранилацетата и последующим изучением срезов на микроскопе Hitachi-9.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования у крыс были выделены мышцы промежности. Анатомирование промежностной области проводилось с использованием атласа сравнительной анатомии человека и крысы [8]. Препарирование мышцы, поднимающей задний проход самок, показало, что в ней четко дифференцируются две порции: *m. rubrocaudalis* и *m. iliocaudalis*. *M. iliocaudalis* берет начало на внутренней поверхности подвздошной кости, *m. rubrocaudalis* начинается от задней поверхности лобковой кости ниже уровня лобкового симфиза. Обе мышцы своими сухожильными волокнами прикрепляются к передней поверхности тел хвостовых позвонков $S_{III}-S_{IV}$, при этом *m. rubrocaudalis* прикрепляется проксимальнее, к $S_{III}-S_{IV}$, а *m. iliocaudalis* – дистальнее, к $S_{V}-S_{VI}$ (рис. 1, 2).

У самцов в мышце, поднимающей задний проход, отдельные порции дифференцируются слабо – мышца представляет единый пласт, начинающийся от лобковой и подвздошной костей, окружающий прямую кишку и прикрепляющийся к хвостовым позвонкам $S_{IV}-S_{VI}$.

Часть волокон *m. levator ani* у самцов вплетаются в *m. bulbospongiosus*. Сама луковично-губчатая мышца располагается медиальнее мышцы, поднимающей задний проход, прилежит к ее вентральной поверхности. *M. bulbospongiosus* начинается от луковицы полового члена и вплетается в губчатое и пещеристые тела. *M. ischiocavernosus* расположена латеральнее луковично-губчатой

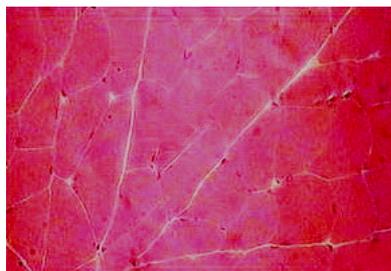


Рис. 3. Поперечный срез *m. levator ani* самца крысы. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 10, ок. 5.

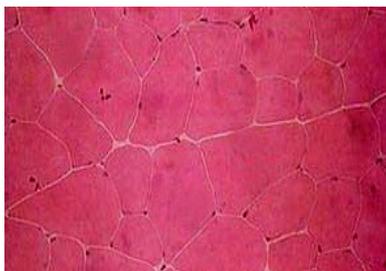


Рис. 4. Поперечный срез *m. iliocaudalis (m. levator ani)* самки крысы. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 10, ок. 5.



Рис. 5. Поперечный срез *m. ruboscaudalis (m. levator ani)* самки крысы. Окраска гематоксилином и эозином. Об. 10, ок. 5.

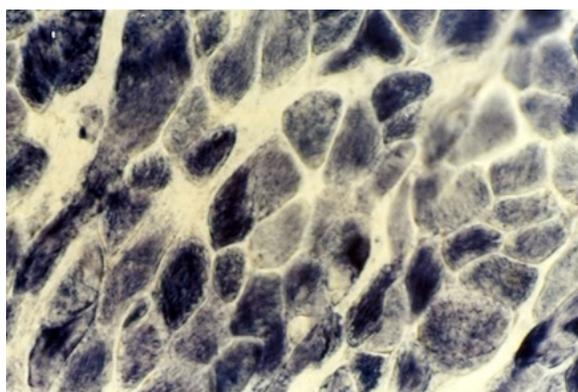


Рис. 6. Мышечные волокна *m. levator ani* самки крысы. Гистохимическая реакция на СДГ по Нахласу. Об. 40, ок. 7.

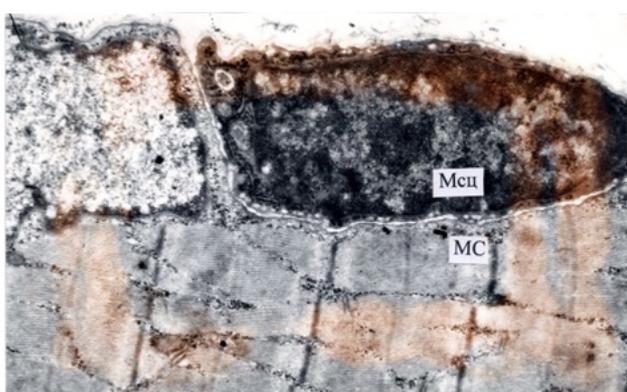


Рис. 7. Ультраструктура фрагмента мышечного волокна *m. levator ani*. МЦЦ – миосателлитоцит, МС – миосимпласт. Ув. 9000.

мышцы, начинается от седалищного бугра, прикрепляется к телу полового члена в области соединения его ножек.

Микроскопическое изучение мышечной ткани мышцы, поднимающей задний проход, показывает наличие в ней двух разных по форме мышечных волокон: полигональных и округлых на поперечных срезах (рис. 3–5).

Округлая форма поперечного среза волокон встречается преимущественно в *m. iliocaudalis* самок. В *m. ruboscaudalis* самок и в *m. levator ani* самцов встречаются мышечные волокна преимущественно полигональной и трехгранной формы. Ядра мышечных волокон располагаются одиночно по периферии, характеризуются высокой плотностью хроматина. Мышечные волокна отделены друг от друга хорошо выраженным эндо- и перимизием.

Поскольку для экспериментального изучения формирования процессов недержания мочи и кала, выпадения внутренних органов необходимо учитывать функциональную особенность преобладающего числа мышечных волокон, мы провели анализ метаболического профиля мышечных волокон *m. levator ani* крысы.

С помощью гистохимической реакции на выявление сукцинатдегидрогеназы нами установлено, что в *m. levator ani* крыс обоих полов встречаются как быстрые, так и медленные мышечные волокна. Однако, в отличие от *m. levator ani* человека, у крыс обоих полов преобладают гликолитические волокна

(II типа) по сравнению с окислительными (I типа) (рис. 6).

Изучение ультраструктуры мышечных волокон *m. levator ani* показывает, что они имеют строение, типичное для поперечнополосатой скелетной мышечной ткани. Симпластическая часть волокна покрыта сарколеммой. Среди ядер миосимпласта большинство характеризуется преобладанием гетерохроматина, но встречаются и светлые ядра с преобладанием эухроматина. Основной объем миосимпласта заполнен миофибриллами, расположенными плотно, по продольной оси волокна. Между миофибриллами лежат цистерны саркоплазматического ретикулума и одиночно расположенные митохондрии. Редко расположенные миосателлитоциты прилегают к плазмолемме миосимпласта и покрыты снаружи базальной мембраной (рис. 7).

Коррекция недостаточности мускулатуры малого таза является одной из проблем клинической практики, для разрешения которой необходимо знание строения составляющих ее элементов. Мышца, поднимающая задний проход, участвующая в формировании диафрагмы таза, является одной из структур, которые отвечают за обеспечение функций органов малого таза, поэтому изучение ее морфологии является ключевым подходом к пониманию развития недостаточности и лечения этой важной анатомической зоны.

Проведенное в настоящей работе изучение анатомических особенностей *m. levator ani* у крыс, показало, что у самцов эта мышца

однородна, без подразделения на отделы, окружает прямую кишку и уретру в виде буквы "О". У самок она относительно отчетливо представлена двумя отделами: *m. puboscaudalis* и *m. iliocaudalis*. У обоих полов мышцы располагаются билатерально, контралатеральные части мышцы окружают сзади прямую кишку, прочно фиксированы сухожильными волокнами к хвостовым позвонкам с S_{III} по S_{VII} .

Согласно традиционным представлениям, у человека основные отделы этой мышцы представлены: *m. pubosoccygeus*, *m. puborectalis*, *m. Piosoccygeus*. Они также располагаются билатерально, контралатеральные мышцы окружают сзади прямую кишку и фиксируются к анально-копчиковой связке и в меньшей степени к передней поверхности копчика, ближе к его верхушке.

Микроскопическое и ультрамикроскопическое изучение мышечных волокон *m. levator ani* у крыс показало, что их организация принципиально соответствует строению волокон скелетных мышц с той лишь разницей, что преимущественно в *m. iliocaudalis* самок встречается округлая форма поперечного среза волокон, остальные волокна на поперечных срезах полигональны. Выявление сукцинатдегидрогеназы показало наличие в мышце, поднимающей задний проход у крыс преимущественно гликолитических волокон.

Заключение

Таким образом, проведенное нами исследование показало наличие элементов полового диморфизма в анатомическом строении мышцы, поднимающей задний проход у крыс. У человека, по данным литературы, изучаемая мышца состоит преимущественно из медленных окислительных волокон. Такая особенность, возможно, связана с вертикализацией положения, редукцией хвостовых позвонков и особенностью расположения тазовых органов по отношению к центру тяжести Земли.

Установленное нами преобладание в *m. levator ani* крыс волокон гликолитического типа дает возможность предположить, что данная мышца обеспечивает в большей мере движения хвоста, а не на изометрическое удержание органов малого таза, как у человека, что необходимо учитывать при моделировании процессов дисфункции органов малого таза и мышц у этих лабораторных животных.

Список литературы

1. Международная анатомическая терминология. под ред. Колесникова Л.Л. 2003. 424. [Mezhdunarodnaya anatomicheskaya terminologiya. pod red. Kolesnikova L.L. 2003. 424] (in Russian).
2. Ashton-Miller JA, Delancey JOL. Functional Anatomy of the Female Pelvic Floor. Annals of the New York Academy of Sciences. 2007 Feb 15;1101(1):266–96.
3. Bartam CI, DeLancey JOL. Imaging pelvic floor disorders. Berlin: Springer; 2003.
4. Fritsch H, Lienemann A, Brener E, Ludwikowski B. Clinical anatomy of the pelvic floor. Berlin; New York: Springer; 2004.
5. Kearney R, Sawhney R, DeLancey JOL. Levator Ani Muscle Anatomy Evaluated by Origin-Insertion Pairs. Obstetrics & Gynecology. 2004 Jul;104(1):168–73.
6. Poortmans A, Wyndaele JJ. M. Levator Ani in the rat: Does it really lift the anus? The Anatomical Record. 1998 May;251(1):20–7.
7. Shafik A, Asaad S, Doss S. The Histomorphologic Structure of the Levator Ani Muscle and its Functional Significance. International Urogynecology Journal. 2002 Apr;13(2):116–24. doi: 10.1007/s001920200026
8. Treuting PM, Dintzis SM, Montine KS. Comparative anatomy and histology: a mouse, rat, and human atlas. London: Elsevier/Academic Press, Cop; 2018.
9. Wang G-J. Anatomy of the lateral ligaments of the rectum: A controversial point of view. World Journal of Gastroenterology. 2010;16(43):5411. doi: 10.3748/wjg.v16.i43.5411

Поступила в редакцию 25.08.2019
Принята в печать 30.11.2019

Received 25.08.2019
Accepted 30.11.2019

Для цитирования: Чемидронов С.Н., Суворова Г.Н., Григорьева Ю.В., Корнилов В.Д. Морфологическая характеристика мышцы, поднимающей задний проход крысы. Журнал анатомии и гистопатологии. 2019; 8(4): 88–92. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-4-88-92

For citation: Chemidronov S.N., Suvorova G.N., Grigor'eva Yu.V., Kornilov V.D. Morphological description of levator ani muscle in rats. Journal of Anatomy and Histopathology. 2019; 8(4): 88–92. doi: 10.18499/2225-7357-2019-8-4-88-92