

УДК 611.736.911-611.739

DOI: 10.34215/1609-1175-2023-3-32-38



Новая концепция поддерживающей функции тазового дна: поперечнополосатый – гладкомышечный комплекс

С.Н. Чемидронов, А.В. Колсанов, Г.Н. Суворова

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

Мышцы тазового дна и промежности играют важную роль в формировании поддерживающего аппарата органов малого таза. Функциональная недостаточность миофасциальных структур зачастую приводит к развитию недержания мочи и кала, эректильным дисфункциям, пролапсу внутренних органов, формированию промежностных грыж. Еще в XX веке морфологи акцентировали внимание на скелетных мышцах тазового дна и промежности, выделяя их ведущую роль в удержании органов и создании внутрибрюшного давления. Однако в последние два десятилетия особое внимание уделяется гладкомышечным структурам области выхода из малого таза и их взаимоотношениям с опорно-двигательной системой. Появление новой концепции «поперечнополосатый – гладкомышечный комплекс» позволяет пересмотреть аспекты патофизиологии пролапса органов малого таза для диагностики и профилактики заболеваний тазового дна и промежности.

Ключевые слова: мышца, поднимающая задний проход, продольная анальная мышца, наружный сфинктер анального отверстия, хиатальная связка

Поступила в редакцию: 14.04.23. Получена после доработки: 17.04.23, 18.04.23, 21.04.23, 07.05.23, 24.05.23. Принята к публикации: 08.06.23

Для цитирования: Чемидронов С.Н., Колсанов А.В., Суворова Г.Н. Новая концепция поддерживающей функции тазового дна: поперечнополосатый – гладкомышечный комплекс. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2023;3:32–38. doi: 10.34215/1609-1175-2023-3-32-38

Для корреспонденции: Чемидронов Сергей Николаевич – канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой анатомии человека ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89, 2); ORCID: 0000-0002-9843-1065; тел. + 7 (846) 374-10-04, доб. 4691; e-mail: s.n.chemidronov@samsmu.ru

A new concept of pelvic floor support function: Striated–smooth muscle complex

S.N. Chemidronov, A.V. Kolsanov, G.N. Suvorova

Samara State Medical University, Samara, Russia

Pelvic floor and perineum muscles play an important role in the formation of an apparatus supporting pelvic organs. The functional insufficiency of myofascial structures frequently leads to the development of urinary and fecal incontinence, erectile dysfunction, prolapse of internal organs, and perineal hernias formation. Back in the 20th century, morphologists focused on the skeletal muscles in pelvic floor and perineum, highlighting their leading role in supporting organs and creating intra-abdominal pressure. However, in the past two decades, particular attention has been paid to the smooth muscle structures and their relationship with the musculoskeletal system in the pelvic outlet area. The new concept of the striated–smooth muscle complex provides the basis for revising various aspects of pelvic organ prolapse and urinary and fecal incontinence pathophysiology. We believe that this may lead to improved early diagnosis and prevention of diseases of the pelvic floor and perineum.

Keywords: levator ani muscle, longitudinal anal muscle, external anal sphincter, hiatal ligament

Received 14 April 2023; Revised 17, 18, 24 April, 7, 24 May 2023; Accepted 8 June 2023

For citation: Chemidronov S.N., Kolsanov A.V., Suvorova G.N. A new concept of pelvic floor support function: Striated – smooth muscle complex. *Pacific Medical Journal*. 2023;3:32–38. doi: 10.34215/1609-1175-2023-3-32-38

Corresponding author: Sergey N. Chemidronov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of Human anatomy department of Samara State Medical University (89, 2 Chapayevskaya str., Samara, 443099, Russia); ORCID: 0000-0002-9843-1065; phone: + 7 (846) 374-10-04, ext. 4691; e-mail: s.n.chemidronov@samsmu.ru

Помимо классического учения о мышцах тазового дна и промежности, представленных скелетной мышечной тканью, в настоящее время набирают обороты исследования, демонстрирующие важную роль гладкомышечных клеток. Исследования, выполненные с использованием методов препарирования, световой микроскопии, иммуногистохимического анализа, трехмерной реконструкции изображений, полученных при магнитно-резонансной томографии (МРТ), представляют новый подход в понимании механизма

стабилизации тазового дна и динамической координации между гладкими и скелетными мышцами [1–3].

Гладкие миоциты ответственны за формирование стенок внутренних органов, сосудов и входят в состав паренхимы желез. Однако в области выхода из малого таза гладкие мышцы направляются от стенки прямой кишки до окружающих структур, в большей степени в передних отделах [3, 5–11]. Вследствие этой особенности распространения гладкомышечные клетки в области тазового дна не образуют отдельные органы.

Некоторые гладкомышечные пучки пересекаются, формируя новые структуры. В целом гладкомышечные клетки заполняют свободное пространство между соседними внутренними органами, между внутренним органом и скелетной мышцей, между соседними скелетными мышцами.

Гладкомышечные структуры тазового дна неоднородны. Описаны более плотные и менее плотные области скопления гладкомышечных клеток тазового дна [2, 3, 7, 12, 13]. Относительно редкие скопления гладкомышечных клеток обеспечивают проводящие пути для нервов и кровеносных сосудов к тазовым внутренним органам [13]. Продолжающиеся со стенок внутренних органов в центральную область тазового дна пучки гладкомышечных клеток формируют третье важное звено в поддержании органов малого таза наряду со скелетными мышцами и фиброзными структурами. Гладкомышечный слой, простирающийся за пределы стенок внутренних тазовых органов, распространяется по разным направлениям, локально создавая определенные взаимоотношения с окружающими структурами.

Глубокая поперечная мышца промежности имеет форму пластины, расположенной между прямой кишкой и уретрой, кзади от *m. rectourethralis*/ *m. rectovaginalis* (рис. 1).

M. transversus perinei profundus представлена гладкомышечными пучками, проходящими в переднем направлении от продольного гладкомышечного слоя стенки прямой кишки. В билатеральном направлении мышца пересекает среднюю линию и достигает нижней лобковой и седалищной ветви противоположной стороны [2, 14–16]. Пучки гладкомышечных клеток плотно упакованы и ориентированы поперек. Глубокая поперечная мышца промежности расположена в глубоком перинеальном пространстве, сверху граничит

с мышцей, поднимающей задний проход, снизу – перинеальной мембраной (рис. 1).

С другой стороны, глубокая поперечная мышца промежности известна как скелетная, начинается от нижних ветвей лобковых костей [14, 17, 18]. Здесь также описаны гладкомышечные клетки, что кардинально противоречит классическим представлениям о симпластической структуре этой группы мышц [19–22].

Новая интерпретация глубокой поперечной мышцы промежности, представленной гладкомышечными клетками, расположенной кпереди и книзу от мышцы, поднимающей задний проход в глубоком перинеальном пространстве, находит себя в совсем недавних работах ученых-морфологов [13, 20, 21]. Такая анатомическая особенность *m. transversus perinei profundus*, как непрерывность с продольным гладкомышечным слоем прямой кишки, может быть важной при рассмотрении механизма поддержания органов малого таза со стороны тазового дна [20, 21]. Глубокая поперечная мышца промежности важна еще и как структура, функционально соединяющая различные скелетные мышцы и выполняющая ключевую роль динамической координации между скелетными и гладкими мышцами.

Передний пучок продольной анальной мышцы

Передний пучок продольной анальной мышцы – гладкомышечная структура столбчатой формы – у мужчин расположен между наружным анальным сфинктером и луковично-губчатой мышцей [20, 21]. Он является продолжением продольного гладкомышечного слоя стенки прямой кишки, покрывающего переднюю поверхность наружного анального сфинктера. Передний пучок представлен плотно упакованными миоцитами, идущими в вертикальном направлении и окруженными промежностными мышцами:

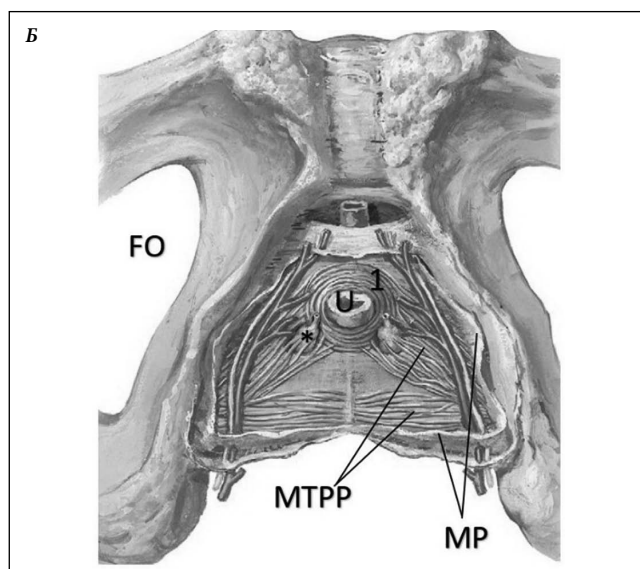
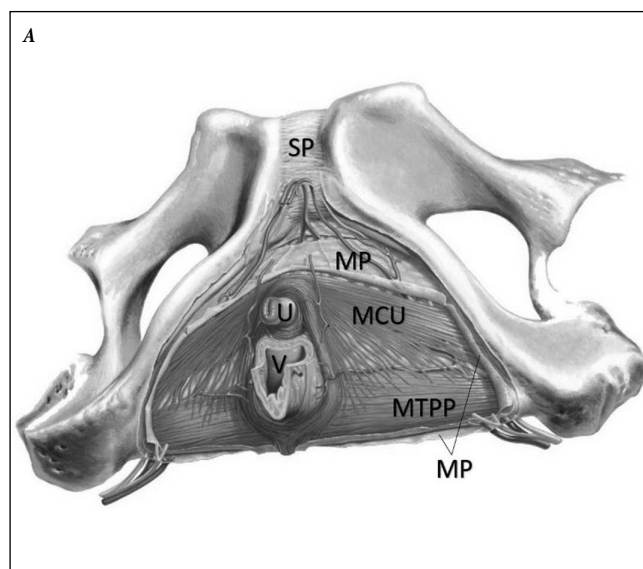


Рис. 1. Мочеполовая область женщины (А), мужчины (Б) [14]. Условные обозначения: SP – symphysis pubicus, лобковый симфиз; U – urethra, мочеиспускательный канал; V – vagina, влагалище; FO – foramen obturatorium; MCU – musculus compressor urethrae, сдавливатель уретры; MTPP – musculus transversus perinei profundus; глубокая поперечная мышца промежности; MP – membrane perinei, перинеальная мембрана. 1 – наружный сфинктер уретры (муж); * (звездочка) – бульбоуретральная (куперова) железа.

луковично-губчатой, поверхностной поперечной мышцей промежности, наружным анальным сфинктером (рис. 2). Можно полагать, что передний пучок продольной анальной мышцы участвует в поддержании центра промежности, подтягивая область между наружным анальным сфинктером и луковично-губчатой мышцей. Его очень сложно обнаружить из-за малых размеров при МРТ или компьютерной томографии (КТ). Однако Y. Nakajima и др. [16] выделили передний пучок продольной анальной мышцы с помощью ультразвуковой трансанальной сонографии. Его удалось визуализировать как у живых людей, так и на трупном материале [16].

У женщин передний пучок продольной анальной мышцы менее выражен, но также представлен гладкомышечными клетками, распространяющимися от продольного гладкомышечного слоя прямой кишки и покрывающими переднюю поверхность наружного анального сфинктера [16]. В отличие от мужчин луковично-губчатая мышца у женщин локализуется не в срединной плоскости. Поэтому передний пучок продольной анальной мышцы, не зажатый между наружным анальным сфинктером и луковично-губчатой мышцей, свободно распространяется по передней поверхности m. sphincter ani externus и к подкожной клетчатке акушерской промежности. Таким образом, передний пучок продольной анальной мышцы у женщин более широк и также служит поддерживающим элементом для внутренних органов таза, прежде всего дистальных отделов прямой кишки, и промежности.

Хиатальная связка

Мышца, поднимающая задний проход, образует урогенитальную и аноректальную расщелины hiatus urogenitalis et hiatus anorectalis для прохождения дистальных отделов пищеварительной системы и урогенитального аппарата через тазовое дно (рис. 3). Между мышцей, поднимающей задний проход, и тазовыми внутренностями (urethra, vagina, rectum) формируется промежуток, заполненный аморфной тканью, названной ligamentum hiatale [21–26].

Хиатальная связка представлена пучками гладкомышечных клеток, отходящих от стенки влагалища, прямокишечно-уретральной мышцы у мужчин, от продольного гладкомышечного слоя прямой кишки, при этом Tsukada не выделяет четкого различия между пучками продольной анальной мышцы и хиатальной связкой [26, 27]. Гладкие миоциты lig. hiatale расположены рассеянно и ориентированы в краниолатеральном направлении. Хиатальная связка одновременно контактирует с мышцей, поднимающей задний проход, и внутренними органами, формируя между ними анатомические взаимосвязи. Хиатальная связка дополняет и упрощает прикрепление и взаимодействие органов с m. levator ani [28, 29].

Lig. hiatale наиболее выражена и утолщена кзади от прямой кишки. В этом месте она часто называется lig. recto-coccygeale [30]. Прямокишечно-копчиковая связка lig. recto-coccygeale простирается от продольного гладкомышечного слоя прямой кишки к вентральной поверхности копчика, покрывая

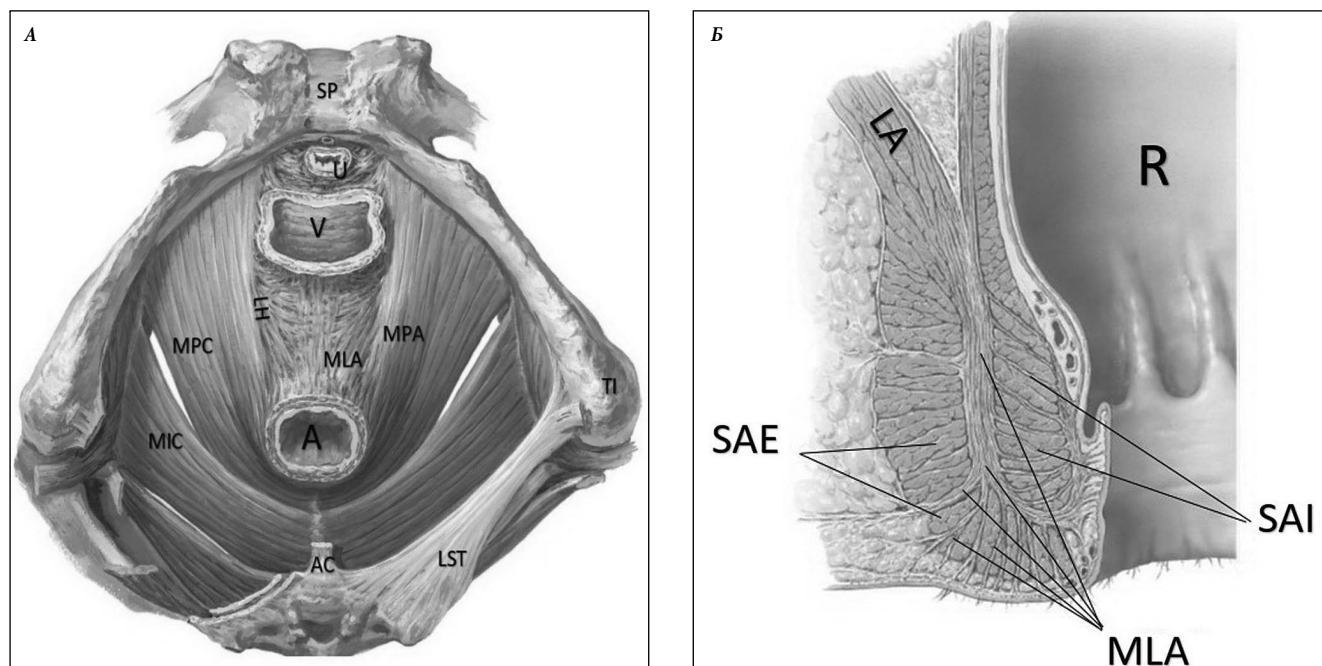


Рис. 2. Взаимодействие продольной анальной мышцы (MLA – m. longitudinalis analis) с мышцей, поднимающей задний проход (LA – m. levator ani), наружным анальным сфинктером (SAE – m. sphincter ani externus), внутренним анальным сфинктером (SAI) [14]. Объяснения в тексте. (А) – тазовое дно женщины; (Б) – прямая кишка. Условные обозначения: V – vagina, влагалище; U – urethra, мочеиспускательный канал; R – rectum, прямая кишка, слизистая оболочка; MIC – m. iliococcygeus, подвздошно-копчиковая мышца; MPC – m. pubo-coccygeus (лобково-копчиковая мышца); LST – lig. sacro-tuburale, крестцово-бугорная связка; AC – lig. apo-coccygeum, анально-копчиковое тело (связка); LH – ligamentum hiatale, связка урогенитальной расщелины

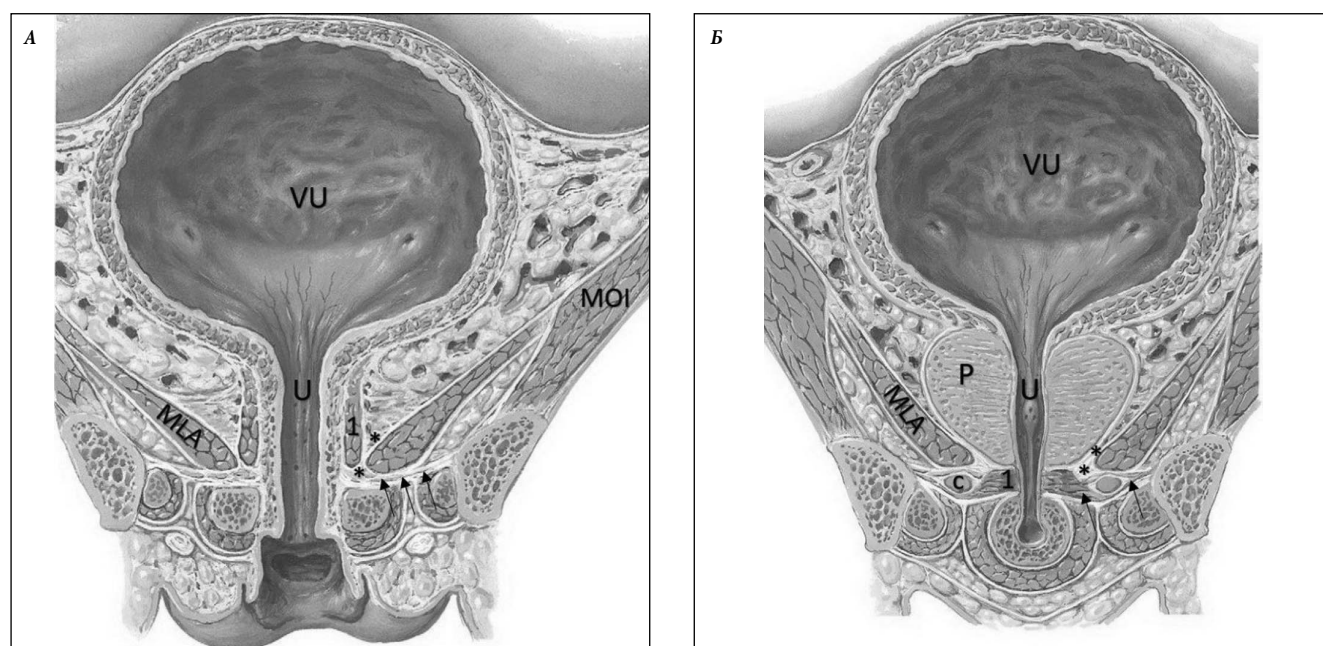


Рис. 3. Взаимоотношение мышцы, поднимающей задний проход, и тазовых органов [14]. «Сдавление» m. levator ani сверху и снизу гладкими мышцами, исходящими из внутренних органов сверху, и с медиальной стороны хиатальной связкой (* – звездочка), снизу – глубокой поперечной мышцей промежности (черные стрелки) на фронтальном срезе тазовой области. А – полость женского таза; Б – полость мужского таза. Условные обозначения: VU – vesica urinaria, мочевого пузыря; U – urethra, мочеиспускательный канал; MLA – musculus levator ani, мышца, поднимающая задний проход; MOI – musculus obturator internus, внутренняя запирающая мышца; P – prostata, простата; C – gl. bulbourethralis; бульбоуретральная железа (куперова).

внутреннюю поверхность мышцы, поднимающей задний проход.

Разреженные и уплотненные участки гладкомышечной ткани

Ориентация и плотность расположения гладкомышечных клеток в промежности тесно связана с их локализацией. Ориентация миоцитов зависит от направления контрактильной деятельности, а плотность связана с силой и интенсивностью мышечного сокращения. Например, в глубокой поперечной мышце промежности и переднем гладкомышечном пучке отмечается относительно плотное скопление миоцитов, а m. rectourethralis и lig. hiatale представляют собой разреженную гладкомышечную ткань [22, 31, 32]. Подобная неоднородность встречается также в продольной анальной мышце прямой кишки [3, 13, 16]. Ее плотная область является непосредственным продолжением мышечных пучков продольного гладкомышечного слоя прямой кишки и может рассматриваться как специфичная для кишки продольная мышца.

Разреженная область непосредственно прикрепляется к скелетным мышечным волокнам мышцы, поднимающей задний проход, – соответственно она может быть интерпретирована как гладкая мышечная ткань, «ответственная» за адгезию леватора – прямое прикрепление скелетной мышцы. Разница в плотности тесно связана с функцией области: плотные области гладкомышечной ткани отвечают за укорочение анального канала за счет формирования мышечных пучков; разреженные – для фиксации скелетных мышц и формирования изгибов [13, 33]. Плотные и разреженные области продольной анальной мышцы были отмечены

при МРТ – они отчетливо визуализировались различной степенью контрастности (рис. 4).

В области тазового дна гладкая мышца состоит из миоцитов, имеющих неопределенный ход, без формирования четких пучков. В ней отмечаются как плотные, так и разреженные участки – это показывает, к чему больше имеет отношение определенная зона мышцы – к скелетной мышце или внутреннему органу. Если к скелетной мышце, то область носит название «подобная соединительной ткани», если участок проявляет сократительную деятельность, то он интерпретируется как «подобный мышечной ткани».

Рассматривая поддерживающий механизм со стороны тазового дна, важно понимать, как мышцы, поднимающие задний проход и тазовые органы, контактируют друг с другом. Такое взаимодействие формируется гладкими мышцами, которые встраиваются между m. levator ani и органами малого таза. Данный тип взаимоотношений уникален для тазовой области, где гладкие мышцы внутренних органов находятся в непосредственной близости к скелетным мышцам тазовой стенки, а соединяющая гладкая мышечная ткань передает грузоподъемность мышцы, поднимающей задний проход на тазовые органы.

В месте, где волокна m. levator ani прикрепляются к стенке прямой кишки, можно выявить непосредственное прикрепление скелетных и гладких мышц [8, 27, 29, 34, 35]. Небольшое возвышение на переднелатеральной стенке прямой кишки, перпендикулярное к мышечным пучкам леватора, указывает на область прямого прикрепления скелетной и гладкой мышцы. Открытие прямого прикрепления изменило

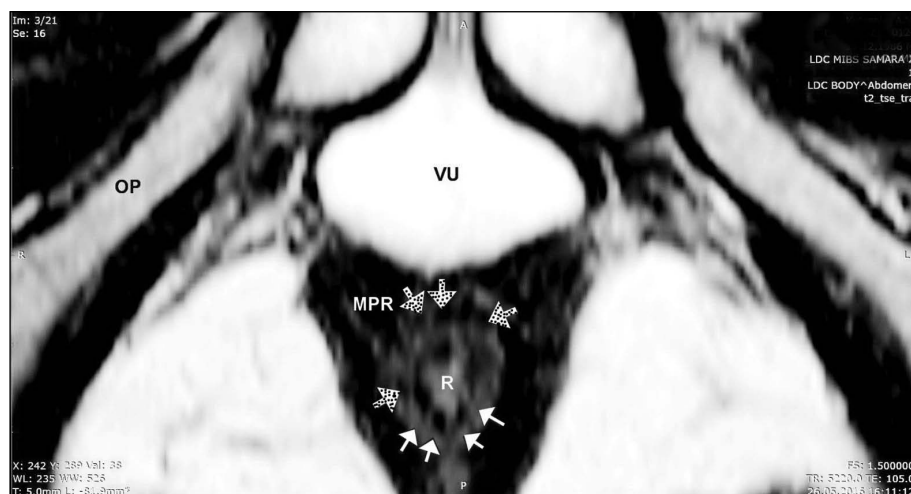


Рис. 4. Аксиальная МР – томограмма прямой кишки на уровне анального канала (мужчина, 34 года). В продольной анальной мышце *m. longitudinalis analis* MLA в стенке прямой кишки (R) отмечены более плотные (белые стрелки) и разреженные (заштрихованные стрелки) участки. Условные обозначения: VU – vesica urinaria, мочевой пузырь; OP – os pubis, лобковая кость; MPR – *m. pubo-rectalis*, лобково-прямокишечная мышца.

классическую концепцию «соединяющей продольной мышцы» анального канала. Показано, что волокна продольной анальной мышцы смешиваются с волокнами мышцы, поднимающей задний проход, формируя таким образом «соединение» или «объединение» между внутренним и наружным анальными сфинктерами [29, 34, 35]. Продольная анальная мышца прямой кишки и мышца, поднимающая задний проход, не смешиваются и состоят из скелетной и гладкой мышечной ткани [36, 37].

Мышца, поднимающая задний проход, зажата сверху и снизу гладкими мышцами, простирающимися от стенок внутренних органов. Это «зажатие» скелетной мышцы гладкими обнаружено в областях, где непосредственное прикрепление незначительное или отсутствует: стенка влагалища, латеральная и задняя стенка прямой кишки, латеральные отделы *m. rectourethralis* [22, 29, 37]. Гладкая мышца распространяется по верхнемедиальной поверхности *m. levator ani* и соответствует хиатальной связке. Гладкие мышцы, выстилающие леватор снизу, формируют глубокое перинеальное пространство и соответствуют глубокой поперечной мышце промежности. Небольшое количество пучков гладкомышечных клеток, отходящих от стенок внутренних органов, вплетается между мышечными пучками *m. levator ani*. Подобные вплетения обнаружены вокруг влагалища, прямой кишки, латеральнее *m. rectourethralis* [2, 3, 17, 29, 36, 37]. Вплетенная гладкая мышца формирует мощную сцепку между тазовым внутренним органом и мышцей, поднимающей задний проход, передавая силу действия скелетной мышце (*m. levator ani*) к внутренним органам.

Прямое прикрепление встречается преимущественно в переднелатеральном отделе стенки прямой кишки, где волокна мышцы, поднимающей задний проход, прикрепляются к ректальной стенке; в то время захват в гладкомышечные слои, как в тиски, скелетной мышцы – хиатальная связка – преимущественно проявляется

в латеральной и задней стенке прямой кишки и вокруг влагалища. Таким образом проявляется некоторая компенсация адгезии *m. levator ani* к тазовым органам в тех местах, где прямое прикрепление мышцы, поднимающей задний проход, незначительно или отсутствует полностью. Другими словами, прямое прикрепление и сэндвичинг (послойная адгезия) имеют комплементарную связь [29, 36, 37]. Ширина прямого прикрепления мышцы, поднимающей задний проход, и толщина хиатальной связки различны в зависимости от отдела. В переднелатеральной стенке прямой кишки прямое прикрепление леватора шире, а хиатальная связка более тонкая. Наоборот, в задней стенке

прямой кишки прямое прикрепление к rectum более узкое, а хиатальная связка – толще.

Таким образом, гладкие мышцы тазового выхода заполняют пространство между соседними скелетными мышцами, приводя к определенному порядку скелетные и гладкие мышц в различных областях тазового выхода [2, 3, 4, 21, 22]. Такой определенный порядок, очевидно, создает мощную адгезию между гладкими и скелетными мышцами с возможностью их взаимного перекрытия.

В связи с пенетрацией наружного анального сфинктера волокнами продольной анальной мышцы ее движения будут передаваться *m. sphincter ani externus*. Прослаивание скелетной мышцы гладкой может рассматриваться как комплементарное устройство [3, 26, 30–33]. В переднем отделе можно выделить комплементарную систему в виде «слоистого пирога», представленную гладкими и скелетными мышцами сверху вниз: хиатальная связка > мышца, поднимающая задний проход > глубокая поперечная мышца промежности > поверхностная поперечная мышца промежности. Комплементарное устройство тазового дна и мышц промежности позволяет передавать *m. levator ani* сокращение и расслабление гладких мышц органов малого таза.

Динамическая координация работы скелетной и гладкой мышечной ткани тазового дна

Традиционно механизм поддержки органов со стороны тазового дна трактовался с позиции работы связочного аппарата и скелетных мышц [36, 37]. Однако в описанных ранее таких структурах, как связки, позднее отмечалось наличие гладкомышечных клеток (*lig. uterosacrale*) [15, 35].

Основываясь на новом понимании анатомии скелетных и гладких мышц тазового дна и промежности, не может быть проигнорирована сократительная

способность гладкой мышцы и ее тесная связь со скелетной мышцей. Скелетная мышца, несомненно, является ключевым звеном в поддержке органов малого таза, однако фундаментальным опорным компонентом, по мнению ряда авторов, считается гладкая мышца.

Эффект Бэйлисса является автоконтрактивной реакцией гладкой мышцы. Этот эффект описан в гладкомышечной оболочке кровеносных сосудов [38, 39]. Его принцип заключается в том, что гладкие миоциты сокращаются в ответ на внезапное растяжение без воздействия нервных импульсов или гуморальных факторов. Учитывая эффект Бэйлисса и распространенность гладкомышечных клеток в области тазового дна и промежности, можно полагать, что при внезапном давлении (растяжении) со стороны органов брюшной полости возникает эффект, подобный гладкомышечной оболочке кровеносных сосудов. При этом функционально значимое свойство гладкомышечной ткани тазового дна и промежности заключается в мгновенной сократительной реакции, которая противодействует внутрибрюшному давлению, без нейрональной импульсации.

Тесные контакты между гладкими и скелетными мышцами определяет их взаимообратное влияние. Другими словами, направление, угол и длина волокон скелетной мышцы тазового дна и промежности могут изменяться в результате сокращения или расслабления гладких мышц в центральной области.

Когда же происходит сокращение скелетной мышцы, она не только тянет внутренние органы вперед, но также изменяет форму гладких мышц. С другой стороны, сокращение гладкой мышцы тянет скелетную мышцу к центру тазового выхода и изменяет ее угол и ориентацию.

Таким образом скелетные и гладкие мышцы сокращаются или расслабляются, обоюдно регулируя силу и направление действия. Тазовое дно формирует функциональную динамическую систему путем координирования работы распространенных гладких мышц и непрерывного пласта скелетных мышц. Поддерживающая основа тазового дна мультиструктурна [1, 10, 15, 19, 32, 36, 40, 41]. Новое понимание морфологии мышц тазового дна и промежности предполагает концепцию мышечной мультиструктуры, включающей различные типы мышц (скелетную и гладкую), ответственных за динамическую координацию функции тазового дна.

Заключение

Анатомия тазового дна ранее описана как комплекс скелетных мышц и связок. Однако подробная анатомия гладких мышц тазового дна и промежности в настоящее время исследуется с новой позиции динамической координации между скелетными и гладкими мышцами. Эта новая анатомическая концепция позволяет пересмотреть некоторые аспекты патофизиологии пролапса органов малого таза, может способствовать улучшению ранней диагностики и профилактики заболеваний тазового дна и промежности.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования: ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Литература / References

1. Muro S, Akita K. Novel combination method of wide-range serial sectioning and 3D-reconstruction visualizing both macrolevel dynamics and micro-level interactions in an attempt to analyze the female pelvic floor. *Anat Sci Int*. 2023. doi: 10.1007/s12565-023-00710-0
2. Muro S, Yamaguchi K, Nakajima Y, Watanabe K, Harada M, Nimura A, Akita K. Dynamic intersection of the longitudinal muscle and external anal sphincter in the layered structure of the anal canal posterior wall. *Surg Radiol Anat*. 2014;36:551–9. doi: 10.1007/s00276-013-1228-8
3. Muro S, Tsukada Y, Harada M, Ito M, Akita K. Anatomy of the smooth muscle structure in the female anorectal anterior wall: convergence and anterior extension of the internal anal sphincter and longitudinal muscle. *Colorectal Dis*. 2019;21:472–80. doi: 10.1111/codi.14549
4. Corton MM. Anatomy of pelvic floor dysfunction. *Obstet Gynecol Clin North Am*. 2009;36:401–19. doi: 10.1016/j.ogc.2009.09.002
5. Aigner F, Zbar AP, Ludwиковski B, Kreczy A, Kovacs P, Fritsch H. The rectogenital septum: morphology, function, and clinical relevance. *Dis Colon Rectum*. 2004;47:131–40. doi: 10.1007/s10350-003-0031-8
6. He M, Muro S, Akita K. Positional relationship between the lateral border of Denonvilliers' fascia and pelvic plexus. *Anat Sci Int*. 2022;97:101–9. doi: 10.1007/s10350-003-0031-8
7. Plochocki JH, Rodriguez-Sosa JR, Adrian B, Ruiz SA, Hall MI. A functional and clinical reinterpretation of human perineal neuromuscular anatomy: application to sexual function and continence. *Clin Anat*. 2016;29:1053–8. doi: 10.1002/ca.22774
8. Shafik A. Levator ani muscle: new physioanatomical aspects and role in the micturition mechanism. *World J Urol*. 1999; 17:266–73. doi: 10.1007/s003450050144
9. Shafik A, Ahmed I, Shafik AA, El-Ghamrawy TA, El-Sibai O. Surgical anatomy of the perineal muscles and their role in perineal disorders. *Anat Sci Int*. 2005;80:167–71. doi: 10.1111/j.1447-073x.2005.00109.x
10. Wu Y, Dabhoiwala NF, Hagoort J, Tan LW, Zhang SX, Lamers WH. Architectural differences in the anterior and middle compartments of the pelvic floor of young-adult and postmenopausal females. *J Anat*. 2017;230:651–63. doi: 10.1111/joa.12598
11. Wu Y, Dabhoiwala NF, Hagoort J, Hikspoors J, Tan LW, Mommen G, Hu X, Zhang S X, Lamers W H. Architecture of structures in the urogenital triangle of young adult males; comparison with females. *J Anat*. 2018;233:447–59. doi: 10.1111/joa.12864
12. Larson KA, Yousuf A, Lewicky-Gaupp C, Fenner DE, DeLancey JO. Perineal body anatomy in living women: 3-dimensional analysis using thin-slice magnetic resonance imaging. *Am J Obstet Gynecol*. 2010;203:494.e15–21. doi: 10.1016/j.ajog.2010.06.008
13. Muro S, Kagawa R, Habu M, Ka H, Harada M, Akita K. Coexistence of dense and sparse areas in the longitudinal smooth muscle of the anal canal: anatomical and histological analyses inspired by magnetic resonance images. *Clin Anat*. 2020; 33:619–26. doi: 10.1002/ca.23467
14. F. Netter. Human anatomy atlas. Transl. in russ. L.L. Kolesnikov guid. 6th ed M.: GEOTAR-Media 2018. – 624 p. (in Russ).
15. Muro S, Tsukada Y, Ito M, Akita K. The series of smooth muscle structures in the pelvic floors of men: dynamic coordination of smooth and skeletal muscles. *Clin Anat*. 2021;34:272–82. doi: 10.1002/ca.23713
16. Nakajima Y, Muro S, Nasu H, Harada M, Yamaguchi K, Akita K. Morphology of the region anterior to the anal canal in males:

- visualization of the anterior bundle of the longitudinal muscle by transanal ultrasonography. *Surg Radiol Anat.* 2017;39:967–73. doi: 10.1007/s00276-017-1832-0
17. Nyangoh Timoh K, Moszkowicz D, Zaitouna M, Lebacle C, Martinovic J, Diallo D, Creze M, Lavoue V, Darai E, Benoit G, Bessede T. Detailed muscular structure and neural control anatomy of the levator ani muscle: a study based on female human fetuses. *Am J Obstet Gynecol.* 2018;218:121.e1–12. doi: 10.1016/j.ajog.2017.09.021
 18. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека: Учеб. пособие. -2-е изд. стереотипное. – В 4 томах. Т. 2. – М.: Медицина, 1996. – 264 с. [Sinelnikov RD, Sinelnikov YaR. Atlas of human anatomy: Textbook. manual. 2nd ed. stereotypical. In 4 volumes. Vol. 2. Moscow. Medicine, 1996. 264 p. (In Russ.).]
 19. Nyangoh Timoh K, Deffon J, Moszkowicz D, Lebacle C, Creze M, Martinovic J, Zaitouna M, Diallo D, Lavoue V, Fautrel A, Benoit G, Bessede T. Smooth muscle of the male pelvic floor: an anatomic study. *Clin Anat.* 2020;33:810–22. doi: 10.1002/ca.23515
 20. Nyangoh Timoh K, Moszkowicz D, Creze M, Martinovic J, Zaitouna M. The male external urethral sphincter is autonomically innervated. *Clin Anat.* 2021;34:263–71
 21. Okada T, Hasegawa S, Nakamura T, Hida K, Kawada K, Takai A, Shimokawa T, Matsuda S, Shinohara H, Sakai Y. Precise three-dimensional morphology of the male anterior anorectum reconstructed from large serial histologic sections: a cadaveric study. *Dis Colon Rectum.* 2019;62:1238–47. doi: 10.1097/DCR.0000000000001449
 22. Soga H, Takenaka A, Murakami G, Kinugasa Y. Topographical relationship between urethral rhabdosphincter and rectourethralis muscle: a better understanding of the apical dissection and the posterior stitches in radical prostatectomy. *Int J Urol.* 2008;15:729–32.
 23. Kinugasa Y, Arakawa T, Abe H, Abe S, Cho BH, Murakami G, Sugihara K. Anococcygeal raphe revisited: a histological study using mid-term human fetuses and elderly cadavers. *Yonsei Med J.* 2012;53:849–55. doi: 10.3349/ymj.2012.53.4.849
 24. Kinugasa Y, Arakawa T, Abe H, Rodriguez-Vazquez JF, Murakami G, Sugihara K. Female longitudinal anal muscles or conjoint longitudinal coats extend into the subcutaneous tissue along the vaginal vestibule: a histological study using human fetuses. *Yonsei Med J.* 2013; 54:778–84.
 25. Oh C, Kark AE. Anatomy of the perineal body. *Dis Colon Rectum.* 1973; 16:444–54. doi: 10.1007/BF02588867
 26. Arakawa T, Hayashi S, Kinugasa Y, Murakami G, Fujimiya M. Development of the external anal sphincter with special reference to intergender difference: observations of mid-term fetuses (15–30 weeks of gestation). *Okajimas Folia Anat Jpn.* 2010; 87:49–58. doi: 10.2535/ofaj.87.49
 27. Tsukada Y, Ito M, Watanabe K, Yamaguchi K, Kojima M, Hayashi R, Akita K, Saito N. Topographic anatomy of the anal sphincter complex and levator ani muscle as it relates to intersphincteric resection for very low rectal disease. *Dis Colon Rectum.* 2016; 59:426–33.
 28. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:S86–92. doi: 10.1053/j.apmr.2003.12.005
 29. Arakawa T, Murakami G, Nakajima F, Kinugasa Y. Morphologies of the interfaces between the levator ani muscle and pelvic viscera, with special reference to muscle insertion into the anorectum in elderly Japanese. *Anat Sci Int.* 2004;79:72–81.
 30. Kinugasa Y, Arakawa T, Abe S, Ohtsuka A, Suzuki D, Murakami G, Fujimiya M, Sugihara K. Anatomical reevaluation of the anococcygeal ligament and its surgical relevance. *Dis Colon Rectum.* 2011;54:232–7. doi: 10.1007/DCR.0b013e318202388f
 31. Kato MK, Muro S, Kato T, Miyasaka N, Akita K. Spatial distribution of smooth muscle tissue in the female pelvic floor and surrounding the urethra and vagina. *Anat Sci Int.* 2020;95:516–22. doi: 10.1007/s12565-020-00549-9
 32. Zhai LD, Liu J, Li YS, Ma QT, Yin P. The male rectourethralis and deep transverse perineal muscles and their relationship to adjacent structures examined with successive slices of celloidin-embedded pelvic viscera. *Eur Urol.* 2011;59:415–21. doi: 10.1016/j.eururo.2010.11.030
 33. Lunniss PJ, Phillips RK. Anatomy and function of the anal longitudinal muscle. *Br J Surg.* 1992;79:882–4. doi: 10.1002/bjs.1800790908
 34. Delancey JO, Kearney R, Chou Q, Speights S, Binno S. The appearance of levator ani muscle abnormalities in magnetic resonance images after vaginal delivery. *Obstet Gynecol.* 2003; 101:46–53. doi: 10.1016/s0029-7844(02)02465-1
 35. Gabriel B, Denschlag D, Gobel H, Fittkow C, Werner M, Gitsch G, Watermann D. Uterosacral ligament in postmenopausal women with or without pelvic organ prolapse. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2005;16:475–9. doi: 10.1007/s00192-005-1294-5
 36. Suriyut J, Muro S, Baramée P, Wu Y. Various significant connections of the male pelvic floor muscles with special reference to the anal and urethral sphincter muscles. *Anat Sci Int.* 2020; 95:305–12.
 37. Kearney R, Sawhney R, Delancey JO. Levator ani muscle anatomy evaluated by origin-insertion pairs. *Obstet Gynecol.* 2004; 104:168–73. doi: 10.1097/01.AOG.0000128906.61529.6b
 38. Bayliss WM. On the local reactions of the arterial wall to changes of internal pressure. *J Physiol.* 1902; 28:220–31.
 39. Nelson MT. Bayliss, myogenic tone and volume-regulated chloride channels in arterial smooth muscle. *J Physiol.* 1998;507:629. doi: 10.1111/j.1469-7793.1998.629bs.x
 40. Shafik A, Sibai OE, Shafik AA, Shafik IA. A novel concept for the surgical anatomy of the perineal body. *Dis Colon Rectum.* 2007;50:2120–5. doi: 10.1007/s10350-007-9064-8
 41. Fritsch H, Lienemann A, Brenner E, Ludwikowski B. Clinical anatomy of the pelvic floor. *Adv Anat Embryol Cell Biol.* 2004;175:1–64. doi: 10.1007/978-3-642-18548-9