



Научный обзор | Review
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM701831>

This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2026

Функциональная морфология сфинктерного аппарата прямой кишки

Г.Н. Суворова, С.Н. Чемидронов, А.С. Пронина, Ю.В. Григорьева, Г.А. Севрюгина
ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»
Минздрава России (Самара, Российская Федерация)

Аннотация

Дисфункции тазового дна в последнее время являются одной из наиболее распространенных проблем. К типичным клиническим проявлениям тазовой дисфункции относятся недержание мочи и кала, пролапс тазовых органов. Основную роль в этих рисках играет мышечно-фасциальная основа тазового дна. Признанными потенциальными факторами возникновения тазовой дисфункции являются возраст человека, ожирение, роды. Проведенный анализ более 50 источников литературы показывает значимость мышечного, слизистого, подслизистого и сосудисто-нервных

компонентов прямой кишки для выполнения сфинктерной функции. Эти знания позволят клиницистам выполнять диагностические и лечебные процедуры с минимальными негативными для пациента последствиями, учитывая морфофункциональные особенности каждого из компартментов сфинктерного аппарата.

Ключевые слова: наружный анальный сфинктер, внутренний анальный сфинктер, мышца, поднимающая задний проход, мышечное волокно.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Суворова Г.Н., Чемидронов С.Н., Пронина А.С., Григорьева Ю.В., Севрюгина Г.А. **Функциональная морфология сфинктерного аппарата прямой кишки.** Наука и инновации в медицине. 2026;11(2):98-104. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM701831>

Сведения об авторах

Суворова Г.Н. – д-р биол. наук, профессор, заведующая кафедрой гистологии и эмбриологии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0462-1344>
E-mail: g.n.suvorova@samsmu.ru

***Чемидронов Сергей Николаевич** – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой анатомии человека.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9843-1065>
E-mail: s.n.chemidronov@samsmu.ru

Пронина А.С. – старший преподаватель кафедры гистологии и эмбриологии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4143-5628>
E-mail: a.s.pronina@samsmu.ru

Григорьева Ю.В. – д-р мед. наук, профессор кафедры гистологии и эмбриологии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7228-1003>
E-mail: yu.v.grigoreva@samsmu.ru

Севрюгина Г.А. – канд. мед наук, доцент кафедры анатомии человека.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8954-4618>
E-mail: g.a.sevryugina@samsmu.ru

***Автор для переписки**

Получено: 25.01.2026

Одобрено: 25.02.2026

Опубликовано: 21.03.2026

Functional morphology of the sphincter apparatus of the rectum

Galina N. Suvorova, Sergei N. Chemidronov, Antonina S. Pronina,
Yuliya V. Grigoryeva, Galina A. Sevryugina
Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

Abstract

Pelvic floor dysfunction has recently become one of the most common problems. Typical clinical manifestations of pelvic dysfunction include urinary and fecal incontinence and pelvic organ prolapse. The musculo-fascial structure of the pelvic floor plays a major role in these risks. Recognized potential factors for the development of pelvic dysfunction include age, obesity, and childbirth.

An analysis of over 50 literature sources demonstrates the importance of the muscular, mucosal, submucosal, and vascular-nerve components of the

rectum in sphincter function. This knowledge will enable clinicians to perform diagnostic and therapeutic procedures with minimal adverse effects on the patient, taking into account the morpho-functional characteristics of each sphincter compartment.

Keywords: external anal sphincter, internal anal sphincter, levator ani muscle, muscle fiber.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Suvorova GN, Chemidronov SN, Pronina AS, Grigoryeva YuV, Sevryugina GA. **Functional morphology of the sphincter apparatus of the rectum.** Science and Innovations in Medicine. 2026;11(2):98-104. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM701831>

Information about authors

Galina N. Suvorova – BD, Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Histology and Embriology.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0462-1344>
E-mail: g.n.suvorova@samsmu.ru

***Sergei N. Chemidronov** – MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Department of Human Anatomy.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9843-1065>
E-mail: s.n.chemidronov@samsmu.ru

Antonina S. Pronina – assistant professor of the Department of Histology and Embriology.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4143-5628>
E-mail: a.s.pronina@samsmu.ru

Yuliya V. Grigoryeva – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Histology and Embriology.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7228-1003>
E-mail: yu.v.grigoreva@samsmu.ru

Galina A. Sevryugina – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Human Anatomy.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8954-4618>
E-mail: g.a.sevryugina@samsmu.ru

***Corresponding author**

Received: 25.01.2026

Accepted: 25.02.2026

Published: 21.03.2026

■ ВВЕДЕНИЕ

Изучение сфинктерных устройств организма человека важно не только с чисто теоретической точки зрения, но и имеет большое значение для практической медицины. Л.Л. Колесников, уделявший особое внимание в своих научных изысканиях различным сфинктерам, выделял «сфинктерологию» как отдельное актуальное и перспективное направление в медицине [1]. Особое место среди запирательных устройств имеет сфинктерный аппарат прямой кишки [2]. Это обусловлено высокой распространенностью нарушений континенции: до 11–15% у взрослых, чаще у женщин после родов, и у пожилых людей, что значительно влияет на качество жизни и трудоспособность [3–16].

Детальное знание анатомически сложной архитектуры сфинктерной системы прямой кишки необходимо для понимания фундаментальных механизмов как аноректальной, так и урогенитальной дисфункций. Особенно важно это знание для хирургов: выбор хирургической тактики, определение возможности выполнения сфинктеросберегающих операций требуют понимания анатомического и гистологического устройства сфинктерного аппарата прямой кишки [13–18].

Для написания данного обзора был проведен поиск литературы в базах данных PubMed, Scopus и РИНЦ. Глубина поиска составила 50 лет (1975–2025 гг.). Такой широкий временной диапазон обусловлен целью работы: представить целостную картину морфологии сфинктерного аппарата, базирующуюся как на фундаментальных классических исследованиях, заложивших основы понимания анатомии и гистологии этой области (работы Л.Л. Колесникова, Е.П. Мельмана, А. Shafik), так и на современных данных, полученных с применением новейших методов визуализации (МРТ, 3D-реконструкция, электронная микроскопия) и отражающих взгляд на проблему с позиций доказательной медицины.

Включение монографий обусловлено необходимостью описания системной анатомии и устоявшихся концепций, которые в полном объеме редко представлены в отдельных статьях. Предпочтение отдавалось источникам с высоким индексом цитирования и работам, опубликованным в рецензируемых журналах. Такой подход позволил нам проследить эволюцию взглядов на строение сфинктерного комплекса и обобщить данные разных методологических уровней – от макроскопической анатомии до ультраструктуры тканей.

■ СФИНКТЕРНЫЙ АППАРАТ ПРЯМОЙ КИШКИ

Рельефные и клапанные устройства

Согласно определению морфологов, сфинктер – это утолщение окружности пищеварительного тракта. Но сфинктерный аппарат не ограничивается мышечными сфинктерами как исполнительными механизмами, а включает рельефные устройства и систему кровеносных сосудов, способных регулировать просвет органа [13–19].

К рельефным клапанным устройствам, обеспечивающим относительную анатомическую и функциональную автономию прямой кишки, относятся изгибы ее стенки, которые формируются во фронтальной и сагиттальной

плоскостях [1, 13–18]. В сагиттальной плоскости различают два изгиба: сакральный и промежностный. Первый изгиб находится на передней поверхности крестца и копчика, приблизительно на 2 см впереди верхушки копчика, его вогнутая сторона обращена к лобковому симфизу. Второй изгиб появляется при прохождении прямой кишки через диафрагму таза, где кишка образует короткую дугу, вогнутой стороной обращенную кзади и кверху. Во фронтальной плоскости различают три изгиба. Верхний находится в области перехода сигмовидного отдела в ампулу, средний – в середине ампулы, обращен вправо, нижний – расположен слева, располагается непосредственно над тазовым дном.

Следующая система, участвующая в клапанной функции, – продольные и поперечные складки слизистой оболочки прямой кишки, которые образуются благодаря наличию в подслизистой основе пучков эластических волокон и гладких миоцитов [18–21]. Из складок, имеющих поперечное направление, наиболее выражены три – верхняя, средняя и нижняя, находящиеся в ампулярной части кишки. Верхняя и нижняя складки располагаются на левой, а средняя – на правой полуокружностях кишки. Наиболее развита средняя складка, которая содержит больше, чем другие складки, гладких миоцитов [13]. Складки спиралевидно переходят друг в друга, создавая определенную поддержку для каловых масс. Во время процесса дефекации эти рельефные структуры придают движению содержимого вращательный характер, что препятствует слишком быстрому движению кала к заднему проходу, способствует всасыванию воды и оформлению каловых масс [17–20].

Определенный вклад в выполнение клапанной функции прямой кишки вносят и продольные складки слизистой оболочки прямой кишки, расположенные ближе к заднепроходному каналу, которые называют заднепроходными столбами. Их количество колеблется от 4 до 12, в дистальной части анальные столбы соединяются складкой слизистой оболочки, которая называется анальной заслонкой. В результате формируются продольно расположенные заднепроходные (анальные, морганьевы) крипты – пазухи, ограниченные снизу полулунными заднепроходными заслонками, которые Е.П. Мельман и И.Г. Дацун называют клапанами [23]. Эти заслонки формируют гребень, его свободный край обозначается как зубчатая аноректальная линия, которая является границей между столбовой и промежуточной зонами анального канала. Кроме постоянных (анатомических) складок, имеющих поперечное направление, можно обнаружить множество временных (физиологических) складок, имеющих продольное направление [24].

Мышечный компонент.

Внутренний анальный сфинктер

Непосредственно мышечные запиратели образованы двумя сфинктерами – внутренним и наружным. Внутренний сфинктер, образованный гладкой мышечной тканью, по сути представляет собой утолщение внутреннего циркулярного слоя мышечной оболочки прямой кишки. Этот сфинктер непосредственно отвечает за невозможность случайного прохождения газов и жидких фекалий [25–27]. Считается, что в покоем состоянии именно он обеспечивает 60–80% давления. Пучки миоцитов внутреннего

сфинктера располагаются как циркулярно, так и по полой спирали. Мышечная ткань этого сфинктера достаточно мономорфна, доминирующей субпопуляцией являются компактно расположенные темные миоциты. Среди них встречаются одиночно расположенные малые миоциты, а также клетки Кахала. В дистальной части внутреннего сфинктера между компартаментами миоцитов встречаются прослойки продольно расположенных пучков миоцитов наружного слоя мышечной оболочки, что, вероятно, не только способствует его фиксации, но и поднимает сфинктер во время дефекации [25, 26].

Исследование мышечных компарментов внутреннего сфинктера обнаруживает, что образующие его светлые и темные миоциты располагаются без определенной концентрации, интегрируясь в единую систему [27]. Миоциты одноядерные, чаще всего ядра имеют палочковидную или овальную форму, в зависимости от функционального состояния клетки конфигурация ядра может изменяться, в этом случае ядерная оболочка образует инвагинации. Цистерны эндоплазматической сети и свободные рибосомы в основном локализируются в околядерных участках, в то время как митохондрии в основном располагаются между миофиламентами и под плазмолеммой (**рисунок 1**). Основной объем миоцитов занимает сократительный аппарат, организованный в виде плотно упакованных актиновых и миозиновых миофиламентов. Плотные тельца многочисленны, располагаются как между миофиламентами, так и на внутренней поверхности плазмолеммы.

Светлые миоциты составляют около 17% от популяции мышечных клеток, отличаются более рыхлым расположением сократительных филаментов, часто содержат свободную от миофиламентов подплазмолеммную зону, что, по мнению В.А. Говырина и Т.Е. Корнеевой (1994), является признаком расслабления мышечных клеток [28].

В миоцитах хорошо развита система везикул, представленная кавеолами, расположенными под плазмолеммой. В целом миоциты формируют единую функциональную систему, которая обеспечивается различными типами взаимодействий. На боковых поверхностях и концевых участках часто встречаются интердигитации. Наиболее частыми являются простые неспециализированные контакты, их протяженность в среднем составляет 2-3 мкм. Между простыми контактами, особенно в зонах интердигитаций, встречаются специализированные контакты – десмосомы и нексусы [29]. В зонах контакта в виде десмосом под плазмолеммой часто концентрируются везикулы и элементы гладкой эндоплазматической сети, которая, как известно, является местом депонирования несвязанного кальция [30, 31].

Мышечные компарменты внутреннего сфинктера отделены друг от друга прослойками интерстиция, который представлен коллагеновыми и эластическими волокнами, расположенными в аморфном матриксе. Коллагеновые фибриллы и волокна располагаются вдоль продольной оси миоцитов, интимно вплетаясь в их сарколемму. Кроме того, по мнению А.С. Пыасов, F.S. Тураев (2021), соседние компарменты миоцитов обмениваются эластическими волокнами. Далее эти волокна проходят через сфинктер и выходят на поверхность, обращенную к просвету кишечника, где фиксируются на мышечном основании анальных столбов, формируя эластический каркас гребенчатой зоны

[30]. Эти эластические волокна частично перекидываются через нижний край внутреннего анального сфинктера в латеральном направлении снизу вверх и заканчиваются в межсфинктерной зоне.

Кроме этого, внутренний сфинктер в отдельных местах подкрепляется пучками продольно расположенных миоцитов, которые изгибаются и в виде дуг пересекают циркулярно расположенные пучки мышечных клеток. Внутренний сфинктер находится в состоянии постоянного тонического сокращения, он тонко реагирует на возрастание внутрибрюшного давления, контролируется как симпатическими, так и парасимпатическими волокнами [20–23]. Расслабление внутреннего сфинктера не зависит от поступающей в анальный отдел перистальтической волны, а вызывается растяжением ампулярной части прямой кишки, предшествуя дефекации.

Мышечный компонент. Наружный анальный сфинктер и мышца, поднимающая задний проход

Вокруг внутреннего сфинктера расположен наружный сфинктер прямой кишки, которому одни авторы отводят ведущую роль в герметизации прямой кишки [30, 31], другие считают, что он обеспечивает 20–25% давления в покоем анальном канале [32]. Этот сфинктер заканчивается ниже внутреннего, его волокна охватывают нижний край внутреннего сфинктера таким образом, что последний как бы «включен» в наружный [33]. Мышечные элементы наружного сфинктера вплетаются в дерму кожи, в сухожильный центр промежности, а у мужчин они соединены с гладкой мускулатурой перепончатой части уретры. Также есть работы, показывающие, что мышечные петли этого сфинктера переходят одна в другую, прикрепляются к лобковой мышце прямой кишки, а также к лобковой кости и копчику.

Фиксация наружного и внутреннего сфинктеров обеспечивается мышцей, поднимающей задний проход, большинство волокон которой прочно вплетены в нижнюю часть прямой кишки [34–43]. Более того, пучки *m. levator ani*

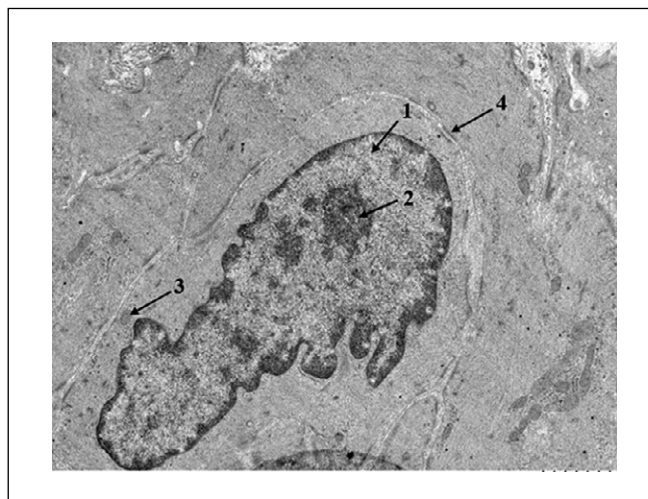


Рисунок 1. Ультраструктура фрагмента гладкого миоцита внутреннего сфинктера прямой кишки: 1 – ядро; 2 – ядрышко; 3 – митохондрии; 4 – десмосома. ТЭМ. Увеличение $\times 6000$ (фото А.С. Прониной, 2025).

Figure 1. Ultrastructure of a fragment of a smooth muscle cell of the internal sphincter of the rectum: 1 – nucleus; 2 – nucleolus; 3 – mitochondria; 4 – desmosome. TEM. $\times 6000$ magnification (photo by A.S. Pronina, 2025).

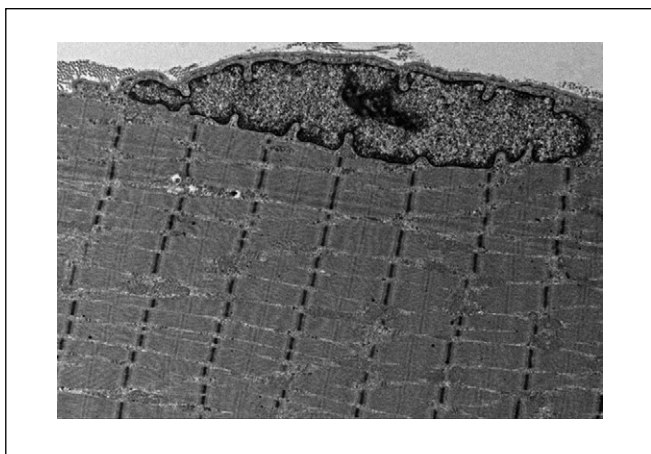


Рисунок 2. Фрагмент мышечного волокна поперечнополосатой мышечной ткани наружного сфинктера прямой кишки. Контрольная группа. ТЭМ. Увеличение $\times 5000$ (фото Г.Н. Суворовой).

Figure 2. Fragment of a muscle fiber of striated muscle tissue of the external sphincter of the rectum. Control group. TEM. $\times 5000$ magnification (photo by G.N. Suvorova).

переплетаются с пучками наружного слоя мышечной оболочки, которую некоторые авторы называют объединенной продольной мышцей. Эта объединенная мышца проникает в слой между наружным и внутренним сфинктером [39, 44]. В дистальном направлении объединенная продольная мышца формирует центральное сухожилие, которое делит наружный сфинктер на три части: глубокую, поверхностную и наружную подкожную.

Наиболее поверхностно располагается подкожная порция, которая фиксирована в дерме кожи. Глубже располагается поверхностный слой наружного сфинктера, который фиксируется на сухожильном центре промежности. Глубокий слой в виде кольца охватывает внутренний сфинктер.

Мышечные волокна всех порций наружного сфинктера имеют строение, типичное для поперечнополосатой скелетной мышечной ткани (**рисунок 2**). Они представляют собой клеточно-симпластические структуры, снаружи покрытые базальной мембраной [21, 29].

Центральная часть волокон содержит плотно расположенные миофибриллы, между которыми находятся одиночно расположенные митохондрии и цистерны саркоплазматической сети. Миосателлиты достаточно редки, располагаются между плазмолеммой симпласта и базальной мембраной мышечного волокна. Эндомизий содержит в основном коллагеновые волокна, в небольшом количестве – эластические.

Самая сильная фиксация сфинктерного аппарата, по мнению большинства авторов, обеспечивается мышцей, поднимающей задний проход [26–29, 36–38]. Эта мышца образована поперечнополосатой скелетной мышечной тканью, мышечные волокна которой состоят из миосимпласта и миосателлитов. Следует отметить, что в ультраструктурной организации мышечной ткани нет зависимости от пола человека. Миосимпласты покрыты плазмолеммой и базальной мембраной (**рисунок 3**).

Ядра миосимпластов имеют различную электронную плотность, чаще всего в них преобладает мелкодисперсный хроматин, гетерохроматин располагается под карриолеммой, вокруг ядер, а также в виде скопления под

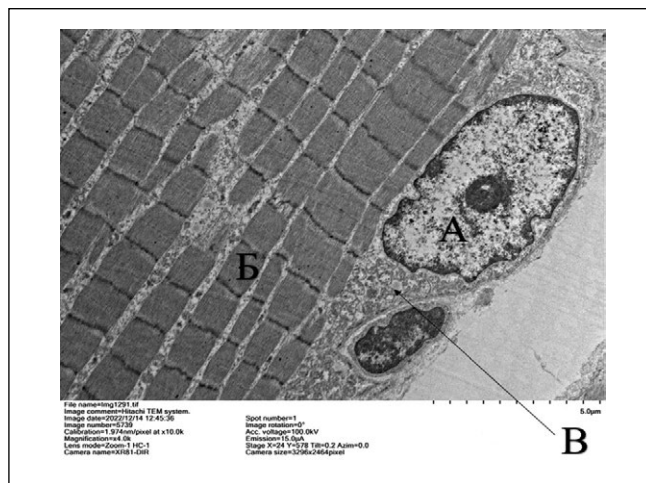


Рисунок 3. Фрагмент мышечного волокна мышцы, поднимающей задний проход: А – ядро миосимпласта, Б – миофибриллы, В – скопление митохондрий вокруг ядра и под сарколеммой. Увеличение $\times 10\,000$ (фото С.Н. Чемидронова).

Figure 3. Fragment of a muscle fiber of the levator ani muscle: A – myosimplast nucleus, B – myofibrils, C – accumulation of mitochondria around the nucleus and under the sarcolemma. $\times 10000$ magnification (photo by S.N. Chemidronov).

сарколеммой располагаются митохондрии (**рисунок 4**). Миосателлиты располагаются крайне редко, в соответствии с единой характеристикой скелетной мышечной ткани, отделены от миосимпласта плазмолеммой, снаружи покрыты базальной мембраной.

Миофибриллы, занимающие основной объем миосимпласта, располагаются по его продольной оси, одиночно расположенные митохондрии располагаются на уровне светлых дисков. Эндомизий содержит коллагеновые фибриллы, вплетающиеся в базальную мембрану. Мышечные волокна подчас располагаются настолько плотно, что коллагеновые фибриллы вплетаются в сарколемму соседних волокон.

Следует отметить, что в мышечных тканях сфинктеров и мышцы, поднимающей задний проход, волокнистые

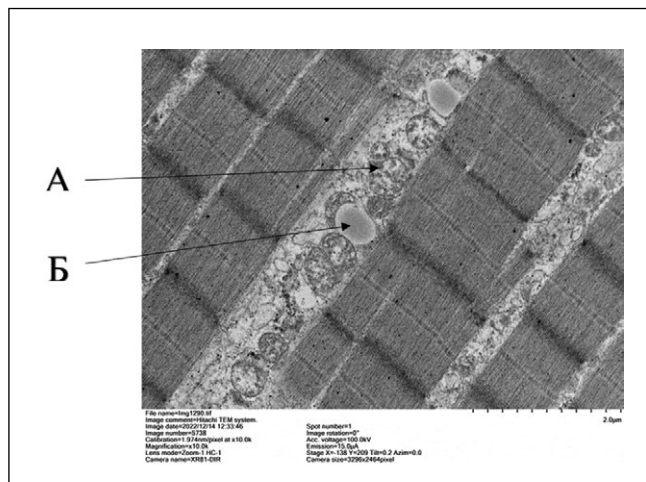


Рисунок 4. Фрагмент мышечного волокна мышцы, поднимающей задний проход: А – митохондрии, расположенные между миофибриллами, Б – липидная капля. Увеличение $\times 10\,000$ (фото С.Н. Чемидронова).

Figure 4. Fragment of a muscle fiber of the levator ani muscle: A – mitochondria located between myofibrils, B – lipid droplet. $\times 10000$ magnification (photo by S.N. Chemidronov).

структуры эндо- и перимизия, перестраиваясь в различных направлениях, не просто окружают пучки миоцитов и мышечных волокон, но объединяют сфинктеры в единое анатомическое образование, тем самым, возможно, обеспечивая синхронность работы внутреннего и наружного сфинктеров.

Сосудистый компонент как вспомогательный запирающий механизм

Кроме перечисленных рельефных и мышечных устройств, сфинктерный аппарат имеет в качестве вспомогательных элементов подслизистые вены. Последние, расположенные над сфинктерами, образуют венозные сплетения большой емкости, которые, по мнению ряда авторов, например, В.Ф. Байтингера и соавт. (1993), являются своеобразными «подушками» при открывании и закрывании сфинктера [39–46].

Прямокишечное венозное сплетение включает внутреннюю часть – подслизистое венозное сплетение и наружную часть – вены наружной оболочки. В подслизистой основе вены неодинакового калибра соединяются между собой многочисленными разнонаправленными анастомозами. В

отдельных местах они расширяются, формируя ампулы и лакуны. Кроме того, на уровне анальных заслонок могут появляться артериоловеноулярные анастомозы. Согласованное наполнение и дренаж сосудистого сплетения анального канала обеспечивается «сфинктерным» механизмом, присущим сосудам [47–52].

В целом в этой области формируются кавернозные структуры, богатые механо- и барорецепторами, которые не просто регулируют дренаж и депонирование крови, но и обеспечивают гидравлическую герметизацию прямой кишки: после опорожнения прямой кишки кавернозные вены заполняются кровью, подслизистая основа утолщается, и происходит эластическое смыкание анального отверстия.

■ ВЫВОДЫ

Таким образом, конструктивная основа сфинктерного устройства анального отдела прямой кишки характеризуется как макроскопической, так и микроструктурной оригинальностью, и сложностью его архитектуры. Эти особенности необходимо учитывать при проведении хирургического, рентгенологического или эндоскопического обследований. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Суворова Г.Н.: разработка концепции, дизайн исследования. Чемидронов С.Н.: редактирование рукописи. Пронина А.С., Григорьева Ю.В., Севрюгина Г.А.: подбор научной литературы, ее анализ, написание текста рукописи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Suvorova G.N.: concept development, study design. Chemidronov S.N.: editing of the manuscript. Pronina A.S., Grigoryeva Yu.V., Sevryugina G.A.: selection of scientific literature, its analysis, writing of the manuscript. The authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kolesnikov LL. *The human sphincter apparatus*. SPb., 2000. (In Russ.). [Колесников Л.Л. *Сфинктерный аппарат человека*. СПб., 2000].
- Jorge JMN, Bustamante-Lopez LA, Froehner I. Anatomy of the Anorectal Region and Pelvic Floor. In: *Anorectal Physiology*. 2020. Springer, Cham. DOI: [10.1007/978-3-030-43811-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43811-1)
- Kadam-Halani PK, Arya LA, Andy UU. Clinical anatomy of fecal incontinence in women. *Clin Anat*. 2017(7):901-911. DOI: [10.1002/ca.22951](https://doi.org/10.1002/ca.22951)
- Hoey RF, Hubscher CH. Investigation of Bowel Function with Anorectal Manometry in a Rat Spinal Cord Contusion Model. *J Neurotrauma*. 2020;37(18):1971-1982. DOI: [10.1089/neu.2020.7145](https://doi.org/10.1089/neu.2020.7145)
- Nygaard I, Shaw M. Physical activity and the pelvic floor. *Am J Obstet Gynecol*. 2016;214(2):164-171. DOI: [10.1016/j.ajog.2015.08.067](https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.08.067)
- Muro S, Tsukada Y, Ito M, et al. The series of smooth muscle structures in the pelvic floors of men: dynamic coordination of smooth and skeletal muscles. *Clin Anat*. 2021;34(2):272-282. DOI: [10.1002/ca.23713](https://doi.org/10.1002/ca.23713)
- De Lancey J. Functional anatomy of the pelvic floor and urinary continence mechanism. In: *Pelvic floor reeducation. Principles and practice*. New York, 1994:9-21.
- Ferreira S, Ferreira M, Carvalhais A, et al. Re-education of pelvic floor muscles in volleyball athletes. *Rev Assoc Med Bras*. 2014;60: 428-433. DOI: [10.1590/1806-9282.60.05.010](https://doi.org/10.1590/1806-9282.60.05.010)
- Okada T, Hasegawa S, Nakamura T, et al. Precise three-dimensional morphology of the male anterior anorectum reconstructed from large serial histologic sections: a cadaveric study. *Dis Colon Rectum*. 2019;62:1238-1247. DOI: [10.1097/DCR.0000000000001449](https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000001449)
- Escalona-Vargas D, Oliphant S, Siegel E, Eswaran H. Characterizing pelvic floor muscles activities using magnetomyography. *Neurourology Urodyn*. 2019;38(1):151-157. DOI: [10.1002/nau.23870](https://doi.org/10.1002/nau.23870)
- Stansfield E, Mitteroecker P, Umek W, Fischer B. The variation in shape and thickness of the pelvic floor musculature in males and females: a geometric-morphometric analysis. *Int Urogynecol J*. 2023;34(2):453-461. DOI: [10.1007/s00192-022-05311-5](https://doi.org/10.1007/s00192-022-05311-5)

12. Shaw JM, Nygaard IE. Role of chronic exercise on pelvic floor support and function. *Curr Opin Urol*. 2017;27(3):257-261. DOI: [10.1097/MOU.0000000000000390](https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000390)
13. Li L, Ren X, Xiao H, et al. Normal anorectal musculatures and changes in anorectal malformation. *Pediatr Surg Int*. 2020;36(1):103-111. DOI: [10.1007/s00383-019-04583-1](https://doi.org/10.1007/s00383-019-04583-1)
14. Akseenko AV. The human sigma-rectal sphincter: clinical and morphological parallels. In: *Sphincters of the digestive tract*. Tomsk, 1994:182-192. (In Russ.). [Аксененко А.В. Сигмаректальный сфинктер человека: клинические и морфологические параллели. В сб.: *Сфинктеры пищеварительного тракта*. Томск, 1994:182-192].
15. Chen JH, Nirmalathasan S, Pervez M, et al. The Sphincter of O'Beirne – Part 1: Study of 18 Normal Subjects. *Dig Dis Sci*. 2021;66(10):3516-3528. DOI: [10.1007/s10620-020-06657-w](https://doi.org/10.1007/s10620-020-06657-w)
16. Chen JH, Collins SM, Milkova N, et al. The Sphincter of O'Beirne – Part 2: Report of a Case of Chronic Constipation with Autonomous Dyssynergia. *Dig Dis Sci*. 2021;10:3529-3541. DOI: [10.1007/s10620-020-06723-3](https://doi.org/10.1007/s10620-020-06723-3)
17. Lin AY, Dinning PG, Milne T, et al. The “rectosigmoid brake”: review of an emerging neuromodulation target for colorectal functional disorders. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2017;44:719-728. DOI: [10.1111/1440-1681.12760](https://doi.org/10.1111/1440-1681.12760)
18. Lin AY, Du P, Dinning PG, et al. High-resolution anatomic correlation of cyclic motor patterns in the human colon: evidence of a rectosigmoid brake. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2017;312: G508-G515. DOI: [10.1152/ajpgi.00021.2017](https://doi.org/10.1152/ajpgi.00021.2017)
19. Suvorova GN, Vologdina NN, Chemidronov SN, et al. Ultrastructural and metabolic organization of the rectum external sphincter. *Izvestiya of the Samara Russian Academy of Sciences scientific center*. 2014;16;5(4):1241-1243. [Суворова Г.Н., Вологодина Н.Н., Чемидронов С.Н. и др. Ультраструктурная и метаболическая организация наружного сфинктера прямой кишки. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014;16;5(4):1241-1243].
20. Russel JG, Donoghue V. Rectal fold thickness as an indicator of disease. *Clinical Radiology*. 1983;34:427-431. DOI: [10.1016/s0009-9260\(83\)80232-3](https://doi.org/10.1016/s0009-9260(83)80232-3)
21. Huizinga JD, Liu L, Barbier A, Chen JH. Distal Colon Motor Coordination: The Role of the Coloanal Reflex and the Rectoanal Inhibitory Reflex in Sampling, Flatulence, and Defecation. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:720558. DOI: [10.3389/fmed.2021.720558](https://doi.org/10.3389/fmed.2021.720558)
22. Milkova N, Parsons SP, Ratcliffe E, et al. On the nature of high-amplitude propagating pressure waves in the human colon. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2020;318(4):G646-G660. DOI: [10.1152/ajpgi.00386.2019](https://doi.org/10.1152/ajpgi.00386.2019)
23. Melman EP, Datsun IG. *Functional morphology of the rectum and structural basis of the pathogenesis of hemorrhoids*. М., 1986. (In Russ.). [Мельман Е.П., Дацун И.Г. *Функциональная морфология прямой кишки и структурные основы патогенеза геморроя*. М., 1986].
24. Guschin YaA, Muzhikyan AA, Shedko VV, et al. Comparative morphology of the lower gastrointestinal tract of experimental animals and humans. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2018;1:138-150. [Гущин Я.А., Мужикян А.А., Шедько В.В., и др. Сравнительная морфология нижнего отдела желудочно-кишечного тракта экспериментальных животных и человека. *Международный вестник ветеринарии*. 2018;1:138-150]. URL: <https://vetjournal.spbgovm.ru/jour/article/viewFile/446/444>
25. Barmin VYu, Studnitsky VB, Medvedev MA. Electrophysiological and contractile properties of smooth muscle cells of the internal anal sphincter. In: *Sphincters of the digestive tract*. Tomsk, 1994:193-201. (In Russ.). [Бармин В.Ю., Студницкий В.Б., Медведев М.А. Электрофизиологические и сократительные свойства гладкомышечных клеток внутреннего анального сфинктера. В сб.: *Сфинктеры пищеварительного тракта*. Томск, 1994:193-201].
26. Somlyo AV, Frabzini-Armstrong C. New views of smooth muscle structure using freezing depetching and rotary shadowing. *Experientia*. 1985;41(7):841-85. DOI: [10.1007/BF01970000](https://doi.org/10.1007/BF01970000)
27. Пронина А.С. Строение гладкой мышечной ткани внутреннего сфинктера прямой кишки в условиях постнатального гипогонадизма. *Оренбургский медицинский вестник*. 2025;13(2):258.
28. Zashikhin AL, Agafonov YuV, Dolgikh OV. Phenotypic modulation of gallbladder smooth muscle cells during the development of acalculous cholecystitis. *Journal of medical and biological research*. 2022;10(2):161-166. [Зашихин А.Л., Агафонов Ю.В., Долгих О.В. Фенотипическая трансформация гладких миоцитов стенки желчного пузыря при развитии некалькулезного холецистита. *Журнал медико-биологических исследований*. 2022;10(2):161-166]. DOI: [10.37482/2687-1491-Z102](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z102)
29. Suvorova GN. Histogenesis of the muscular tissue of the external sphincter of the rectum. *Morphological Newsletter*. 2001;1-2:87-89. (In Russ.). [Суворова Г.Н. Гистогенез мышечной ткани наружного сфинктера прямой кишки. *Морфологические ведомости*. 2001;1-2:87-89].
30. Shmurak MI. The feces flow in colon: biomechanics, rheology, simulation. *Russian journal of biomechanics*. 2022;4:73-87. [Шмурак М.И. Течение каловых масс в толстом кишечнике: биомеханика, реология, моделирование. *Российский журнал биомеханики*. 2022;4:73-87]. URL: <https://ered.pstu.ru/index.php/rjb/article/viewFile/3599/2921>
31. Neves Jorge JM, Habr-Gama A. *Anatomy and Embryology of the Colon, Rectum, and Anus*. Springer-Verlag, New York, 2007:1-22.
32. Milto IV. *Human functional morphology*. *Viscerologiya*. М., 2023. (In Russ.). [Мильто И.В. *Функциональная морфология человека*. *Висцерология*. М., 2023].
33. Kolesnikov LL. *Sphincterology*. М., 2008. (In Russ.). [Колесников Л.Л. *Сфинктерология*. М., 2008].
34. Ashton-Miller JA, Delancey JO. Functional anatomy of the female pelvic floor. *Ann N Y Acad Sci*. 2007;1101:266-296. DOI: [10.1196/annals.1389.034](https://doi.org/10.1196/annals.1389.034)
35. Muctar S, Schmidt WU, Batzill W, et al. Functional anatomy of the female pelvic floor: interdisciplinary continence and pelvic floor surgery. *Die Urologie*. 2011;50(7):785-91. DOI: [10.1007/s00120-011-2605-8](https://doi.org/10.1007/s00120-011-2605-8)
36. Barleben A, Mills S. Anorectal anatomy and physiology. *Surg Clin North Am*. 2010;90:1-15. DOI: [10.1016/j.suc.2009.09.001](https://doi.org/10.1016/j.suc.2009.09.001)
37. Betschart C, Kim J, Miller JM, et al. Comparison of muscle fiber directions between different levator ani muscle subdivisions: *In vivo* MRI measurements in women. *Int Urogynecol J*. 2014;25:1263-1268. DOI: [10.1007/s00192-014-2395-9](https://doi.org/10.1007/s00192-014-2395-9)
38. Tsukada Y, Ito M, Watanabe K, et al. 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;59:426-433. DOI: [10.1097/DCR.0000000000000565](https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000565)
39. Timoh KN, Deffon J, Moszkowicz D, et al. Smooth muscle of the male pelvic floor: an anatomic study. *Clin Anat*. 2020;33:810-822. DOI: [10.1002/ca.23515](https://doi.org/10.1002/ca.23515)
40. Moser H, Leitner M, Baeyens J, et al. Pelvic floor muscle activity during impact activities in continent and incontinent women: a systematic review. *Int Urogynecol J*. 2018;29(2):179-196. DOI: [10.1007/s00192-017-3441-1](https://doi.org/10.1007/s00192-017-3441-1)
41. Muro S, Akita K. Pelvic floor and perineal muscles: a dynamic coordination between skeletal and smooth muscles on pelvic floor stabilization. *Anat Sci Int*. 2023;98(3):407-425. DOI: [10.1007/s12565-023-00717-7](https://doi.org/10.1007/s12565-023-00717-7)
42. Shafik A. A new concept of the anatomy of the anal sphincter mechanism and the physiology of defecation. II. Anatomy of the levator ani muscle with special reference to the puborectalis. *Invest Urol*. 1975;13:175-182. PMID: [1193814](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1193814/)
43. Shafik A. Levator ani muscle: new physioanatomical aspects and role in the micturition mechanism. *World J Urol*. 1999;17:266-273. DOI: [10.1007/s00345005014](https://doi.org/10.1007/s00345005014)
44. Chemidronov SN, Kolsanov AV, Suvorova GN. A new concept of pelvic floor support function: Striated-smooth muscle complex. *Pacific Medical Journal*. 2023;(3):32-38. [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](https://doi.org/10.34215/1609-1175-2023-3-32-38)

45. Kearney R, Miller JM, Ashton-Miller JA, et al. Obstetric factors associated with levator ani muscle injury after vaginal birth. *Obstet Gynecol.* 2006;107:144-149. DOI: [10.1097/01.AOG.0000194063.63206.1c](https://doi.org/10.1097/01.AOG.0000194063.63206.1c)
46. Hoyte L, Schierlitz K, Zou K, et al. Two- and 3-dimensional MRI comparison of levator ani structure, volume, and integrity in women with stress incontinence and prolapse. *Am J Obstet Gynecol.* 2001;185:13-19. DOI: [10.1067/mob.2001.116365](https://doi.org/10.1067/mob.2001.116365)
47. Aigner F, Gruber H, Conrad F, et al. Revised morphology and hemodynamics of the anorectal vascular plexus: impact on the course of hemorrhoidal disease. *Int J Colorectal Dis.* 2009;24(1):105-113. DOI: [10.1007/s00384-008-0572-3](https://doi.org/10.1007/s00384-008-0572-3)
48. Levin MD, Troyan VV. Anatomy and physiology of the anorectal zone. The fecal retention and defecation hypothesis. *Novosti Khirurgii.* 2009;17(2):105-118. (In Russ.). [Левин М.Д., Троян В.В. Анатомия и физиология аноректальной зоны. Гипотеза удержания кала и дефекации. *Новости хирургии.* 2009;17(2):105-118]. URL: https://www.surgery.by/pdf/full_text/2009_2_16_ft.pdf
49. Ilyasov AS. Connective tissue structures in the wall of the rat anal canal. *Morphology.* 2008;133(2):52-53. (In Russ.). [Ильясов А.С. Соединительнотканнные структуры в стенке анального канала крысы. *Морфология.* 2008;133(2):52-53].
50. He J, Wan Q, Du L, et al. Electroacupuncture Improves Anorectal Function in Neurogenic Fecal Incontinence Rats, Related to Reversing Anal Sphincter Atrophy and Enhancing Muscle Satellite Cell Activity. *Neurogastroenterol Motil.* 2025;37(12):e70138. DOI: [10.1111/nmo.70138](https://doi.org/10.1111/nmo.70138)
51. Kamidaki Y, Hosokawa T, Abe N, et al. Muscle regeneration therapy using dedifferentiated fat cell (DFAT) for anal sphincter dysfunction. *Pediatr Surg Int.* 2024;40(1):238. DOI: [10.1007/s00383-024-05812-y](https://doi.org/10.1007/s00383-024-05812-y)
52. Lysov NA, Panidov KV, Gelashvili PA. Features of histotopography, vascularization, innervation and development of muscles of the anal canal of the rectum in humans and laboratory white rats. *Vestnik meditsinskogo instituta «REAVIZ». Rehabilitatsiya, Vrach i Zdorov'ye.* 2012;3-4(7-8):7-24. (In Russ.). [Лысов Н.А., Панидов К.В., Гелашвили П.А. Особенности гистотопографии, васкуляризации, иннервации и развития мышц анального канала прямой кишки человека и лабораторной белой крысы. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, врач и здоровье.* 2012;3-4(7-8):7-24].