**М.Д. ЛЕВИН [1], В.В. ТРОЯН [2]**

# АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ АНОРЕКТАЛЬНОЙ ЗОНЫ. ГИПОТЕЗА УДЕРЖАНИЯ КАЛА И ДЕФЕКАЦИИ

Государственный гериатрический центр, г. Натания [1],
Израиль,
ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования» [2],
Республика Беларусь.

На основании собственных исследований и анализа литературы предлагается детализация ранее предложенной гипотезы удержания кала и дефекации. Процесс удержания кала начинается с торможения пассажа фекалий, которые скапливаются последовательно над колосигмоидным и ректосигмоидным сфинктерами и анальным каналом. Плотность кала увеличивается за счет всасывания поды, а их объем уменьшается.

Удержанию кала способствует смещение вперед ректоанального соединения. Предполагается, что в ответ на электрический стимул сокращается только часть гладкомышечных волокон внутреннего анального сфинктера (ВАС), которые уже восстановили свой сократительный потенциал после предыдущего сокращения. В последующей момент сокращаются другие порции. Этот непрерывный процесс обеспечивает поддержание тонуса ВАС круглые сутки.

Длительному удержанию кала способствует смена реакции удержания (релаксация ВАС и сокращение наружного анального сфинктера (НАС) и пуборектальной мышцы (ПРМ)) реакцией адаптации (сокращение ВАС и расслабление НАС и ПРМ) и наоборот. Во время сокращения одних мышц другие восстанавливают способность к сокращению

Рефлекс дефекации приводит к расслаблению ПРМ, НАС и ВАН и сокращению мышцы, поднимающей задний проход, которая раскрывает анальный канал до ширины просвета прямой кишки. Через этот канал перистальтическая волна прямой кишки изгоняет каловые массы наружу.

*Ключевые слова: Физиология прямой кишки, анальный канал, удержание кала, дефекация, пуборектальная мышца, мышца поднимающая задний проход, аноректальный рефлекс*

Based on our own investigations and literature analysis specification of our hypothesis of continence and defecation published earlier is presented here. The process of continence starts with inhibited passage of feces collected above the colonosigmoid and rectosigmoid sphincters and the anal canal. Feces density increases due to water absorption and its volume decreases.

Anterior displacement of the recto-anal connection contributes to feces continence. We suppose that multiple bundles of smooth muscle fibers in the internal anal sphincter (IAS) are present at different stages of the restoration of the contraction potential. Only mature bundles, i.e. bundles with large enough potential to contract, respond to electrical stimulus. Each next wave of electrical stimulation affects different bundles of fibers. This continuous process ensures high tonus of IAS 24 hours a day.

Interchanging continence reaction and reaction of adaptation promote prolonged fecal retention and vice versa. During contraction of one group of muscles, the other muscle group restores its contraction potential.

The reflex of defecation results in relaxation of the IAS, PRM, EAS and contraction of the musculus levator ani, which opens the anal canal up to the width of the rectum. Then, peristaltic wave of the rectum ensures propulsion of fecal masses.

*Keywords: Rectum physiology, anal canal, continence, defecation, puborectal muscle, musculus levator ani, anorectal reflex*

Удержание кала и дефекация представляют собой две существенные функции человеческого организма. Любые изменения, приводящие к недержанию кала и/или хроническому запору, серьёзнейшим образом ухудшают качество жизни. Удержание кала определяется как способность задерживать кал до осознанной возможности дефекации, а дефекация – это эвакуация кала из толстой кишки. Обе эти функции связаны комплексом физиологических процессов, которые до конца не понятны [1]. Так, например, нет общепринятых представлений о том, каким образом осуществляется длительное, фактически постоянное удержание кала. Известно, что наружный анальный сфинктер (НАС) отвечает за экстренное удержание во время подъема внутрибрюшного давления, так как сила его сокращения резко уменьшается в течение нескольких минут [2, 3]. Трудно себе представить, чтобы внутренний анальный сфинктер (ВАС) мог обеспечивать удержание кала в результате непрерывного сокращения [1]. Сокращение – это работа мышц, сопровождающаяся затратой энергии и истощением ресурсов, для восстановления которых мышца должна расслабиться. Во всяком случае, так ведут себя все виды мышц, включая сердечную мышцу.

**Цель настоящей работы**: проанализировать опубликованные на данном этапе работы, посвящённые указанной выше проблеме, и детализировать предложенную нами ранее гипотезу удержания кала и дефекации [3].

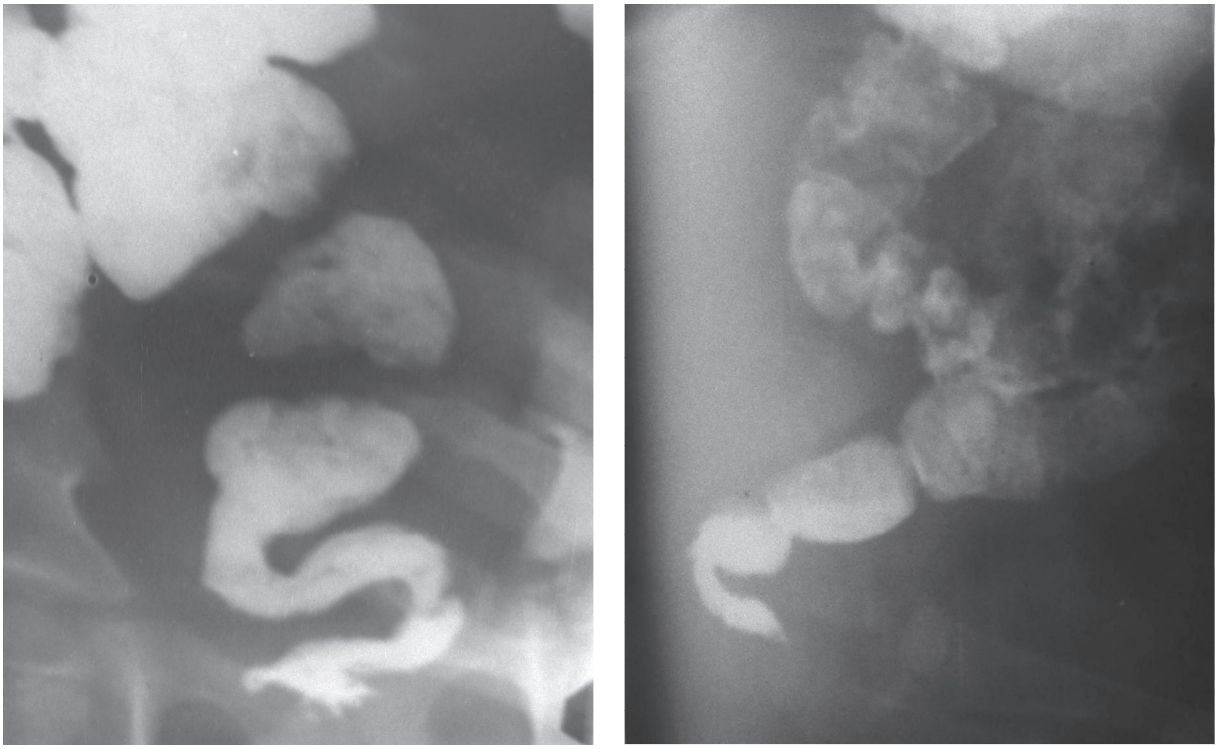
## Анатомия и физиология аноректальной зоны

Прямая кишка. Название прямой кишки у человека находится в противоречии с её истинной формой. Она получила это название в результате исследования у собак. У человека прямая кишка совершает по два изгиба в поперечном и сагиттальном направлениях и фактически является самой непрямой кишкой. Она начинается на уровне третьего крестцового позвонка, где сигмовидная кишка проникает в ткани малого таза и теряет брюшинный покров. На уровне пубококцигиальной линии она переходит в анальный канал [4]. В результате перистальтической активности толстой кишки в прямую кишку медленно поступают порции фекалий, из которых продолжается всасывание воды. В результате этого каловые массы становятся тверже и уменьшаются в объеме (рис. 1). Эти снимки являются убедительным доказательством того, что в прямой кишке происходит интенсивное всасывание воды, в результате чего уменьшается объём каловых масс, что способствует более длительному удержанию кала.

Таким образом, прямая кишка представляет собой резервуар, в котором скапливаются фекалии, и формируются плотные каловые массы. Ежедневно во время дефекации выделяется около 200 грамм кала [1].

Анальный канал. Это дистальный отдел желудочно-кишечного тракта длиной от 1,7 см у новорожденных до 4 см у взрослых, который постоянно, за исключением коротких периодов дефекации, находится в сомкнутом состоянии и совместно с мышцами малого таза осуществляет удержание кала и акт дефекации [5]. Циркулярные гладкомышечные волокна прямой кишки, перейдя в стенку анального канала, увеличиваются в объеме, образуя мышечный жом – ВАС, которому приписывается основная роль в удержании кала [6, 7].

Снаружи от ВАС расположены волокна поперечно-полосатой мускулатуры НАС. Его подкожная часть прикрепляется к копчику, а глубокая часть интимно связана с пуборектальной мышцей (ПРМ) [8]. Аналь-



А Б

**Рис. 1. Рентгенограммы аноректальной зоны ребёнка 8 лет, выполненные через 24 часа после приёма внутрь бариевой взвеси (пассаж). А. Прямая рентгенограмма. S – образно изогнутая прямая кишка содержит каловые массы с высокой концентрацией контрастного вещества. Над ней в сигмовидной кишке расположены две порции фекалий большего объёма и с более низкой концентрацией бария. Б. Боковая рентгенограмма. В результате медленной перистальтики каловые массы в прямой кишке разделены на 4 сегмента, которые по мере приближения к анальному каналу уменьшаются в объёме и становятся более контрастными**

ный канал проникает через тазовое дно, основным компонентом которого является пара симметрично расположенных мышечных пластин, состоящих в основном из поперечнополосатых волокон. Обычно их называют мышцами, поднимающими задний проход (m. levator ani) (МПЗП). ПРМ является частью тазового дна и представляет собой петлю, которая на уровне пубококцигиальной линии огибает сзади прямую кишку и обеими ножками прикрепляется к лобковой кости. Кроме этого, каждая из двух МПЗП подразделяется на 3 части: лобково-копчиковую, подвздошно-копчиковую и седалищно-копчиковую [9].

### Удержание кала

Исследования A. Shafik et al. [9] показали, что в области соединения нисходящей и сигмовидной кишок имеется физиологический «колосигмоидный сфинктер» (КСС) длиной 2,1±0,9 см. В этой зоне давление достоверно выше, чем в рядом расположенных сегментах. После резкого раздувания в нисходящей кишке баллона большого диаметра в ней определяется резкий подъём давления и снижение давления в области КСС, которое продолжается 7,2±1,2 секунды. При раздувании такого же баллона в сигмовидной кишке давление в области КСС увеличивается. Малые объёмы на тонус сфинктера не влияют. После анестезии кишечных сегментов реакция сфинктера на растяжение отсутствует. Авторы пришли к выводу, что КСС участвует в пассаже толстокишечного содержимого и регулируется колосигмоидным рефлек-

сом [9].

Эта же группа авторов обнаружила в ректосигмоидном соединении кишечный сегмент длиной 2,8±0,9 см с утолщенным циркулярным гладкомышечным слоем по сравнению с выше и ниже лежащими сегментами [10]. Этот функциональный ректосигмоидный сфинктер (РСС) расслабляется при сокращении сигмовидной кишки и сокращается при сокращении прямой кишки [11]. Они обнаружили разную реакцию сфинктера на разные объёмы. Так, например, вслед за быстрым раздуванием в сигме баллона объёмом 52,1±3,6 мл тонус РСС увеличивался, а давление в прямой кишке не изменялась. После быстрого раздувания в сигме баллона объёмом 86±4,1 мл РСС расслаблялся, и баллон выталкивался в прямую кишку. Это сопровождалось увеличением ректального давления, и баллон изгонялся наружу. Давление в РСС не изменялось в ответ на растяжение кишки после анестезии кишечных сегментов [12]. Сокращение РСС в ответ на быстрое растяжение сигмовидной кишки большим объемом авторы назвали ректосигмоидным охранительным рефлексом. Они считают, что этот рефлекс препятствует быстрому продвижению толстокишечного содержимого в прямую кишку и является, таким образом, первым уровнем удержания кала. В русскоязычной литературе название функциональных сфинктеров толстой кишки посвящены учёным, впервые их описавшим. Колосигмоидный сфинктер называется сфинктером Балли, а ректосигмоидный – сфинктером О'Берна-Пирогова-Мутье [13].

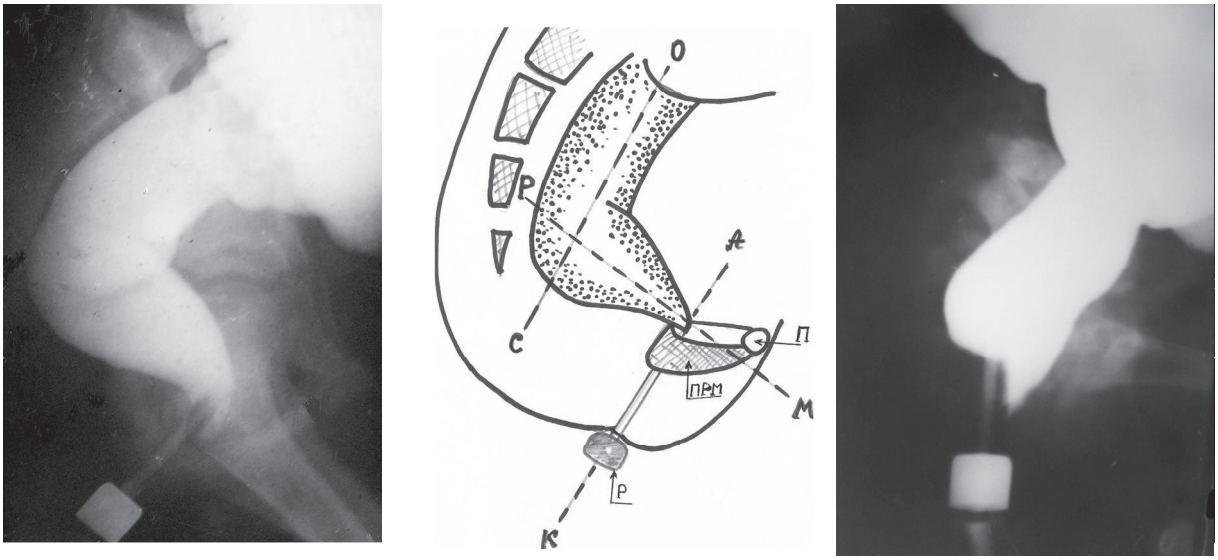
В 1877 году Gowers обнаружил, что вдувание воздуха в прямую кишку вызывает уменьшение давления в анальном канале [14]. Начиная с работы M. Schuster et al. [15], изучение аноректальной подвижности используется для дифференциальной диагностики болезни Гиршпрунга от других видов хронических запоров. При наличии ганглиев в межмышечном нервном сплетении, т.е. в норме, раздувание баллона в прямой кишке вызывает снижение давления в верхней части анального канала и повышение давления в нижней его части. Как установлено многочисленными исследованиями, снижение давления в верхней части анального канала обусловлено релаксацией ВАС, а повышение давления в нижней части анального канала – сокращением НАС (положительный ректоанальный рефлекс, recto-anal inhibitory reflex). У больных с врожденным аганглиозом такая же стимуляция прямой кишки приводит не к снижению, а кратковременному подъему анального давления. НАС при болезни Гиршпрунга сокращается как в норме [2, 3, 5, 14, 15]. Ректоанальный рефлекс сохранен у больных с параплегией [15]. S. Ohashi и E. Okamoto [16] обнаружили, что рефлекс не исчезает после изоляции аноректальной порции от окружающих тканей. Но он не вызывается после циркулярного пересечения мышечной оболочки на границе между прямой кишкой и анальным каналом, а также после селективного разрушения внутримышечного нервного сплетения прямой кишки. Из этого следует, что за ректоанальный рефлекс ответственны ганглии межмышечного нервного сплетения. Профессор A. Shafik [17] показал, что электрическая активность прямой кишки сохраняется после двусторонней ганглионектомии таза, но нарушается ритм электрических волн. Таким образом, были подтверждены исследования P. Meunier и P. Mollard [18], что водитель ритма находится в самой кишке, а также заключение J. Shepherd и P. Wright о том, что двигательная активность кишки находится под контролем экстраректальной автономной иннервации [19].

Является ли ректоанальный рефлекс функциональной особенностью ВАС, или

представляет собой проявление более общей закономерности? Мы обнаружили положительный ректоанальный рефлекс у трех больных через 3–8 лет после брюшно-промежностной проктопластики, выполненной по поводу аноректальных пороков развития. ВАС у них был ликвидирован, а в аноректальную зону был низведен участок сигмовидной кишки [20]. Аналогичные наблюдения описали C. Lin и C. Chen [21], в результате которых они пришли к выводу, что для сохранения рефлекса релаксации ВАС совершенно не обязательно сохранять во время операции сам сфинктер. Иначе говоря, циркулярный мышечный слой низведенной толстой кишки спустя некоторое время после операции начинает функционировать как ВАС. Сравнение реакции приведённых выше функциональных сфинктеров (КСС и РСС) с ВАС показывает их идентичность. Они раскрываются в ответ на повышение давления в краниальном от них сегменте. Очевидно, что эта функция заложена в межмышечных ганглиях левой половины толстой кишки. Сфинктерные зоны отличаются от остальных отделов более высоким тонусом и специфической реакцией, которая моделируется внекишечными нервными центрами в соответствие с выполняемой функцией. Этим можно объяснить тот факт, что низведенный вместо ВАС сегмент кишки через некоторое время начинает функционировать как ВАС.

В естественном состоянии ВАС обладает высоким тонусом, т.е. в норме он постоянно сокращен, расслабляясь только в ответ на растяжение прямой кишки. Максимальное внутри просветное давление в анальном канале варьирует от 25 до 85 см вод.ст., что значительно выше внутри ректального давления (2–5 см вод.ст.). Высокое давление в анальном канале является результатом сокращения ВАС, ПРМ и НАС [22]. По мнению R. Bennett и H. Duthie, ВАС обеспечивает до 80% давления [23]. Давление в анальном канале в спокойном состоянии человека принято называть давлением покоя. Но это не значит, что мышечные волокна ВАС находятся в состоянии покоя. Давление покоя подвержено регулярным колебаниям. Они состоят из медленных волн (амплитуда 5–25 см вод. ст.) с частотой 10–20 колебаний в минуту и сверх медленных волн с гораздо большей амплитудой (30–100 см вод. ст.) с частотой 3 колебания в минуту [24]. Эти волны исходят из ВАС, так как электрические записи из ВАС показывают колебания на тех же частотах [25]. A. Shafik et al. обнаружили во ВАС клетки с морфологическим и иммунологическим фенотипами подобными клеткам Cajal, которые считаются ответственными за генерацию электрической активности в толстой кишке и в желудке [26]. В то же время известно, что эфферентные нервные импульсы в гладкой мускулатуре не инициируют, а регулируют сокращение [27].

Известно также, что гладкая мускулатура способна долгое время оставаться частично сокращенной, т.е. поддерживать тонус. Однако очевидно, что вслед за сокращением неизбежно должно возникнуть расслабление мышц, во время которого они восстанавливают способность к последующему сокращению. С этих позиций объяснить почти непрерывное сокращение ВАС можно лишь, предположив, что мышечные пучки сокращаются не одновременно. Пучки волокон анастомозируют друг с другом. Их «…концы в пучках переплетаются с мышечными волокнами других пучков, так что образуется плотно связанная группа волокон, функционирующая более или менее совместно» [27]. Есть основание предполагать, что во ВАС огромное множество групп гладкомышечных волокон находятся на разных стадиях восстановления сократительного потенциала. В




А Б В

**Рис. 2. Боковая рентгенограмма аноректальной зоны ребёнка 11 лет (А), выполненная во время ирригоскопии и схема к ней (Б). На схеме: ОС – ось вертикальной ветви прямой кишки; РМ – ось горизонтальной ветви прямой кишки; АК – ось анального канала; П – лобковая кость; ПРМ – пуборектальная мышца; Р – рентгеноконтрастный ограничитель вблизи анального отверстия. В. Боковая рентгенограмма аноректальной зоны ребенка 4 мес. Определяется проникновение контрастного вещества спереди от наконечника клизмы, в то время как задняя стенка анального канала прижата к наконечнику сократившейся ПРМ. Оси прямой кишки и анального канала совпадают. Еще не появилось горизонтальное смещение дистальной части прямой кишки**

каждый момент электрический стимул, возбуждаемый клетками Cajal, побуждает к сокращению группы пучков, которые уже готовы к сокращению. К следующей электрической волне «созревают» другие группы, прошедшие путь восстановления. Этот беспрерывный процесс обеспечивает непрерывное тоническое сокращение ВАС. Чем выше электрический потенциал, тем большее количество групп мышечных пучков (более или менее готовых к сокращению) побуждается к сокращению, что приводит к увеличению давления в анальном канале.

Мы выполняли рентгенологическое исследование методом дозированной гидростатической ирригоскопии. На наконечник клизмы нанизывался рентгеноконтрастный ограничитель, который соприкасался с анальным отверстием (рис 2, А). Длина анального канала измерялась на боковых снимках после введения бариевой взвеси в толстую кишку. Она равна расстоянию между прямой кишкой и рентгеноконтрастным маркером по заднему контуру наконечника. На боковой рентгенограмме аноректальной зоны определяется смещение оси анального канала кпереди по отношению к оси прямой кишки (рис. 2, Б) (5). У новорождённых и младенцев первых месяцев жизни эти оси совпадают (рис. 2, В). Смещение осей увеличивается с возрастом. Эти данные свидетельствуют о том, что смещение оси анального канала происходит в процессе онтогенеза и обусловлено сокращением ПРМ, которая тянет верхнюю часть анального канала вперед [28]. Между прямой кишкой и анальным каналом возникает угол (аноректальный угол), который в норме равен 80–100 градусов. Такое смещение ректоанального соединения вперед приводит к тому, что сила перистальтической волны, воздействующая на сформированные каловые массы, направлена на горизонтально расположенную стенку прямой кишки (рис. 2 В, 3). Это

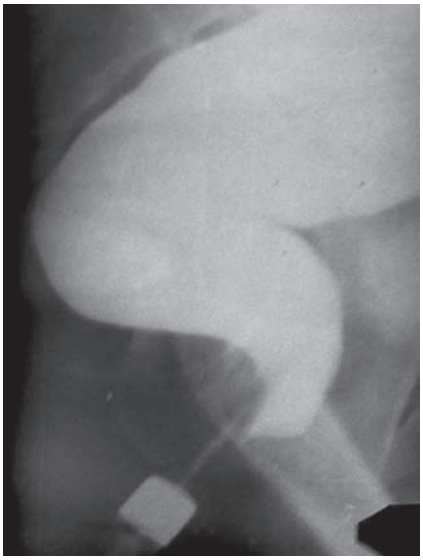


**Рис. 3. Рентгенограмма аноректальной зоны взрослого пациента. Во время ирригоскопии определяется проникновение контрастного вещества спереди от наконечника клизмы. Задняя стенка на этом уровне прижата к наконечнику сокращенной ПРМ. Удержание кала в этот момент осуществляется ПРМ и НАС (реакция удержания)**

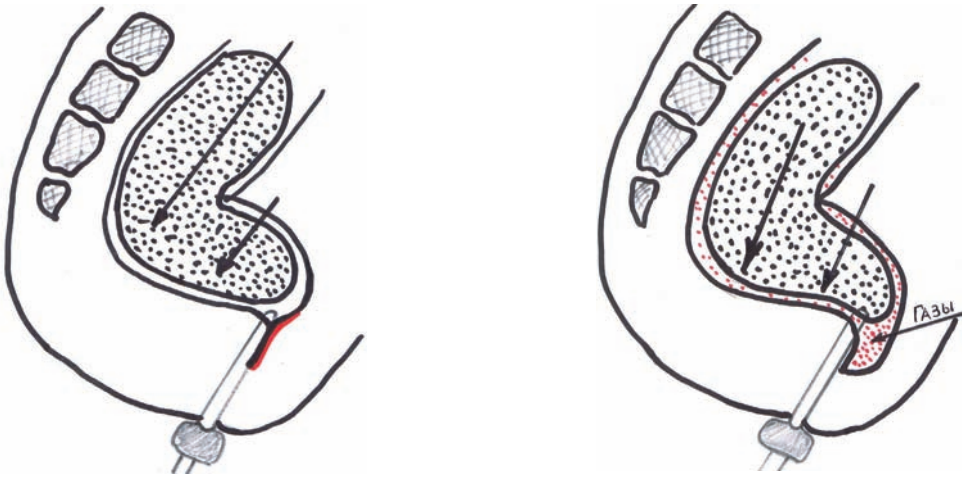
предохраняет ректоанальное соединение от высокого давления и способствует, таким образом, удержанию кала.

В процессе заполнения толстой кишки контрастным веществом происходит периодическое проваливание контрастного вещества в анальный канал спереди от наконечника клизмы. В это время задняя стенка плотно прижимается к наконечнику (рис. 3). Аналогичная картина наблюдается при дефекографии. Опускание бария в анальный канал объясняется релаксацией ВАС, а задняя стенка прижимается к наконечнику в результате сокращения ПРМ [28].

Легко представить, каким образом ведёт себя аноректальная зона при наличии в прямой кишке сформированных каловых масс. При поступлении в прямую кишку очередной порции фекалий, когда давление в прямой кишке поднимается выше порогового уровня, происходит расслабление (снижение тонуса) ВАС и сокращение ПРМ и НАС (реакция удержания) [3]. Однако вне акта дефекации каловые массы не сдвигаются с места, так как давление каловых масс направлено на горизонтальную ветвь прямой кишки. Анальный канал, несмотря на снижение тонуса ВАС, остаётся закрытым (рис 4, А). Если в прямой кишке есть газ, то он оказывает одинаковое давление на все окружающие его стенки. И так как тонус ВАС снижен, газ проникает в верхнюю часть анального канала спереди от наконечника клизмы. Равномерное давление на чувствительные элементы слизистой оболочки позволяет человеку с достаточной уверенностью определить наличие газа, чтобы выпустить газы в такой окружающей обстановке, где эвакуация фекалий была бы недопустима (рис. 4, Б).

Ранее нами было показана специфическая чувствительность верхней части анального канала [29]. В старческом возрасте возникает слабость ПРМ, которая проявляется укорочением анального канала. Поэтому кал малого объёма в виде горошины легко проникает в верхнюю часть анального канала, вызывая постоянную потребность в дефекации. Однако она невозможна, так как объём ректального содержимого значительно меньше порогового. Пациент определяет это состояние как хронический запор, хотя никакого затора для продвижения фекалий нет [29].

В 10 случаях заполнение толстой кишки контрастным веществом производилось через интубационную трубку с надувным латексным баллоном, соединенным с манометром [3, 30]. Баллон располагался в верхней части анального канала, что позволяло измерить давление, создаваемое ВАС в процессе введения бариевой взвеси. У детей, приученных к горшку, заполнение толстой кишки контрастным веществом сопровождалась 2–3 периодами проваливания контрастного вещества спереди от интубационной трубки с последующим




А Б

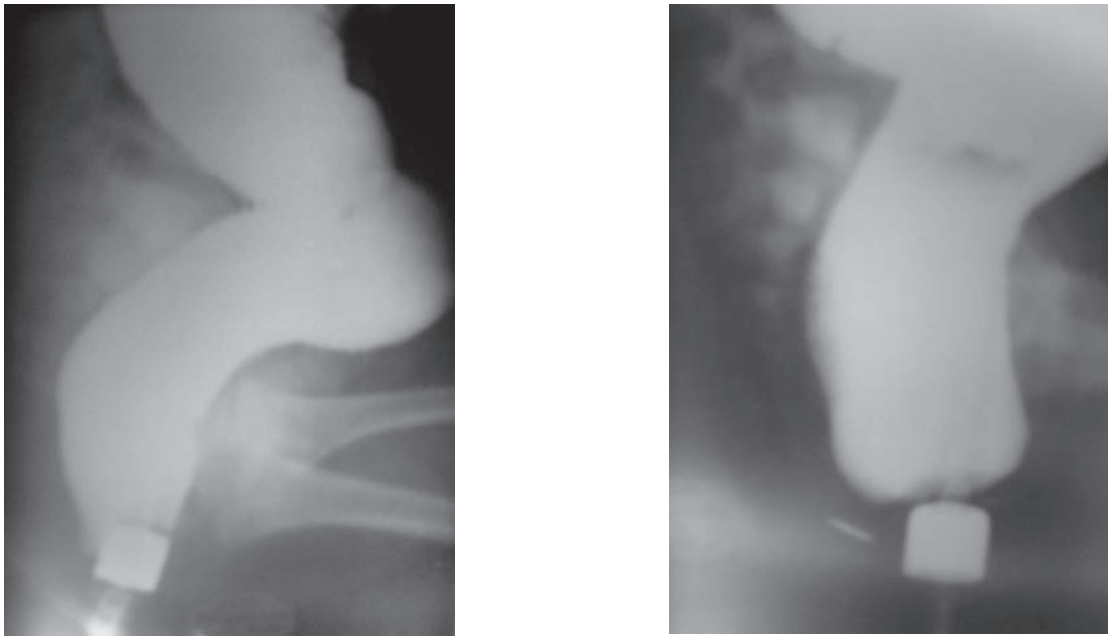
**Рис. 4. Схема возникновения реакции удержания при наличии в прямой кишке сформированных каловых масс. А. При подъеме давления в прямой кишке до порогового уровня тонус ВАС снижается, но каловые массы не смещаются, и анальный канал не раскрывается. Стрелками показан вектор давления каловых масс. Б. Давление газов распространяется равномерно во все стороны. Поэтому, когда тонус ВАС снижается, газ проникает в верхнюю часть анального канала и воздействуют на рецепторы слизистой оболочки**

выталкиванием бария назад в прямую кишку. Проваливание контрастного вещества в анальный канал сопровождалось снижением анального давления, а исчезновение бария из анального канала – восстановлением давления до базального уровня [3]. Таким образом, при длительном удержании кала происходит периодическая релаксация ВАС, сопровождающаяся сокращением ПРМ и НАС (реакция удержания). Реакция удержания сменяется восстановлением тонуса ВАС [30] и снижением тонуса ПРМ и НАС, так как функцию удержания на себя берет ВАС. Это явление обратное реакции удержания было нами названо реакцией адаптации, так как оно опосредовано снижением тонуса прямой кишки, которая таким образом адаптируется к увеличенному объёму содержимого. Аналогичный термин использовали A. Holschneider et al. для объяснения волнообразной активности прямой кишки при манометрическом исследовании [31]. Таким образом, длительное удержание кала происходит в результате попеременной смены реакции удержания реакцией адаптации и наоборот.

## Дефекация

Дефекация начинается с ощущения в прямой кишке критического уровня заполнения, которое передается в кору головного мозга и воспринимается как необходимость опорожнить прямую кишку. Точный объём, который является триггером восприятия, зависит от состояния прямой кишки (т.е. воспаления слизистой, податливости ректальной стенки), а также от характера содержимого (т.е. консистенции и объема) [32].

Считается общепринятым, что дефекация сопровождается релаксацией ПРМ, а также НАС, ВАС и МПЗП. A. Shafik et al. исследовали гипотезу, что расслабление мышц тазового дна возникает раньше сокращения прямой кишки, так что содержимое прямой кишки вступает в уже открытый анальный канал [33]. Они раздували в прямой кишке баллон с разным объёмом и определяли на основании электромиографического исследования активности НАС



А Б

**Рис. 5. Боковые рентгенограммы аноректальной зоны детей во время непроизвольной дефекации после заполнения толстой кишки бариевой взвесью. А. Здоровый ребёнок. Б. Больная с эктопией анального отверстия в преддверие влагалища. Контрастная метка расположена в области активности НАС. В обоих случаях анальный канал раскрывается до ширины прямой кишки**

промежуток времени от начала расслабления мышц тазового дна до начала эвакуации, а также от начала сокращения прямой кишки до начала эвакуации. При вдувании в ректальный баллон от 20 до 100 мл регистрировалось прогрессивное увеличение тонуса НАС и его электрического потенциала. После введения в баллон от 120 до 180 мл определялось постепенно уменьшение этих показателей, в то время как ректальное давление не изменялось. А после введения от 200 до 220 мл давление в прямой кишке увеличивалось, тонус анального канала уменьшался, а НАС не проявлял электрической активности. На основании сравнения временных интервалов авторы пришли к заключению, что «расслабление мышц тазового дна предшествует сокращению прямой кишки». Заключение о функции мышц тазового дня на основании изучения функции НАС было сделано по следам предыдущей работы, где A. Shafik пришел к выводу, что все мышца тазового дна сокращаются как одна мышца [34]. В предыдущих работах его коллектива анатомически и физиологически было показано, что НАС, уретральный сфинктер, бульбокавернозная мышца происходят от ПРМ. Он предположил, что, так как мышца, поднимающая задний проход, имеет ту же иннервацию, она будет сокращаться при стимуляции НАС, как все выше перечисленные мышцы. Его предположение подтвердилось. Автор обнаружил усиление электромиографической активности в МПЗП. Однако, если после стимуляции НАС реакция всех мышц была мгновенной, то реакция МПЗП, происходила через латентный период, равный 21,3±6,6 мс. A. Shafik пришел к ошибочному заключению, что все мышцы таза функционируют как одна, несмотря на свою же работу, где было показано, что «миоэлектрическая активность может проходить через дефасциированную мышцу» [35]. Известно, что фасциальных перегородок между мышцами таза не существует. Таким образом, предположив ошибочно, что все мышцы таза функцио-

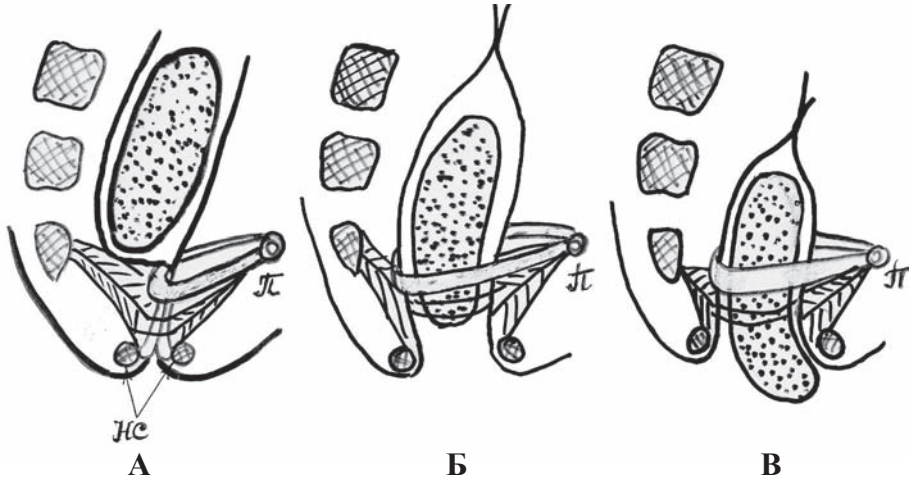



**Рис. 6. Схема акта дефекации.**
**А. В прямой кишке сформированные каловые массы. Анальный канал закрыт. П – лобковая кость. НС – наружный анальный сфинктер. Б. В результате сокращения мышц тазового дна (красным цветом) анальный канал раскрылся до диаметра равного диаметру каловых масс. ПРМ и НАС расслаблены. Началась перистальтика с сигморектального соединения. В. Мышцы тазового дна фиксируют анальное кольцо**

нируют как единая мышечная масса, A. Shafic et al. ошибочно заключили, что МПЗП во время дефекации расслабляется как другие мышцы аноректальной зоны.

Во время ирригоскопии у детей, не приученных к горшку, мы наблюдали непроизвольную дефекацию, во время которой происходило широкое раскрытие анального канала до ширины, равной диаметру прямой кишки (рис. 5). Если бы жидкая бариевая взвесь проходила бы через анальный канал в результате механического проталкивания, это происходило бы узкой струей, прокладывающей путь в пределах тазового дна через плотно лежащие мышцы. Так это и происходит у больных с функциональным запором [36]. Формирование гладкостенного канала по диаметру равному ширине прямой кишки, т.е. по диаметру сформированных в ней каловых масс, прямо указывает на МПЗП. Как ни странно, этой мышце (m. levator ani) до сих пор приписывается роль, которая обозначена в её названии [37, 38]. Очевидно, что эта массивная мышца предназначена для более серьёзной роли – она формирует анальный канал для прохождения каловых масс.

A. Shafik et al. показали, что раскрытие анального канала во время дефекации сопровождается перистальтической волной, которая начинается с ректосигмоидного соединения и, продолжаясь в аборальном направлении, изгоняет кал из прямой кишки. Они считают, что это «выжимание» имеет рефлекторное происхождение [39] (рис. 6).

Наша гипотеза о том, что мышца, подымающая задний проход, раскрывает анальный канал во время акта дефекации, была опубликована в 1983 году [3]. В 2007 году D. Li и M. Guo в результате исследования акта дефекации под контролем компьютерной томографии пришли к заключению, что вообще нет мышц, которые поднимают задний проход. Сокращение мышцы, «поднимающей задний проход», вызывает раскрытие анального канала [40]. К этому выводу пришли также другие исследователи [41, 42].

## Гипотеза удержания кала и дефекации

Анализ рефлекторных реакций дис-

тальных отделов толстой и прямой кишок выявляет общую закономерность. При раздувании баллона, на каком бы то ни было уровне, давление краниальнее баллона увеличивается, а каудальнее него снижается. Такая разнонаправленность давления создает движущий момент и фактически является единицей перистальтической волны. Эта реакция опосредована интрамуральной нервной системой, но находится под контролем вне кишечных центров, которые в ответ на сиюминутные потребности организма изменяют силу сокращения, скорость передвижения и порог ответной реакции. В удержании каловых масс играют разные факторы.

1. Этот процесс начинается на границе нисходящей и сигмовидной кишок, где вследствие необходимости торможения в продвижении каловых масс возникает «колосигмоидный» функциональный сфинктер. Относительно жидкие фекалии задерживаются над этим сфинктером до тех пор, пока не достигнут определенного (порогового) объёма, так как на малые объёмы сфинктер не реагирует, т.е. не пропускает фекалии. Во время задержки фекалий жидкость из них всасывается в стенке кишки. В сигмовидную кишку проходят более густые порции определённой величины.

2. Аналогичную функцию торможения выполняет функциональный ректосигмоидный сфинктер. Над ним задерживается несколько порций, прошедших колосигмоидный сфинктер. Продвигаясь по сигмовидной кишке, они уменьшаются в объёме и над ректосигмоидным сфинктером образуют единую и более плотную порцию фекалий.

3. Этот процесс продолжается в прямой кишке. Медленной перистальтической волной порции кала продвигаются к дистальной горизонтальной части прямой кишки, уменьшаясь в объёме и уплотняясь до твёрдого состояния. В одних случаях все порции сливаются, формируя единую массу. Если же продвижение было замедленным или при дегидратации организма, кал достигает конечного этапа округлыми и плотными порциями в виде «овечьего» кала.

4. В процессе онтогенеза в результате длительного сокращения ПРМ, которая тянет верхнюю часть анального канала вперед, дистальная часть прямой кишки приобретает горизонтальное положение. Она находится на пути каловых масс, побуждаемых к изгнанию перистальтической волной, и препятствует, таким образом, проникновению каловых масс в анальный канал. Этот же факт способствует развитию ректоцеле при обструктивном запоре.

5. Непрерывность сокращения анального канала обеспечивается координированной работой двух видов мышц.

**А.** Большую часть времени анальный канал перекрыт в результате сокращения ВАС. Мы предположили, что множество групп мышечных пучков находятся в разной стадии восстановления сократительного потенциала. В каждый момент электрический стимул, возбуждаемый клетками Cajal, побуждает к сокращению группы, которые уже готовы к сокращению. К следующей электрической волне «созревают» другие группы пучков, прошедшие путь восстановления. Таким образом, осуществляется длительное сокращение ВАС. При необходимости усилить тонус ВАС, внекишечные центры посылают более интенсивный электрический стимул, который вызывает сокращение дополнительного числа «почти созревших» групп мышечных пучков. При этом тонус каждого из мышечных волокон не изменяется, а тонус всего ВАС повышается.

**Б.** ПРМ и НАС состоят из поперечнополосатой мускулатуры, сокращение которой находится как под управлением рефлексов (непроизвольное), так и под воле-

вым контролем. Когда в прямую кишку поступает очередная порция кала, доведя общее количество содержимого до порогового уровня, возникает рефлекторное расслабление ВАС с одновременным сокращением НАС и ПРМ, т.е. **реакция удержания**. В это время удержание кала обеспечивается сокращением поперечнополосатой мускулатуры. Адаптируясь к этому объёму, прямая кишка расслабляется, в результате чего давление в ней снижается. Это приводит к сокращению ВАС и расслаблению НАС и ПРМ (**реакция адаптации**). В этой фазе удержание кала обеспечивается сокращением ВАС. Вновь поступивший в прямую кишку кал или повышение внутрибрюшного, а значит и внутриректального давления, приводит к развертыванию реакции удержания, которая сменяется реакцией адаптации. Многократное повторение этой ситуации способствует длительному удержанию до осознанной возможности дефекации.

**Анализ кишечного содержимого** происходит во время реакции удержания. При наличии в прямой кишке только сформированных каловых масс, когда тонус ВАС снижается, кал остаётся в прямой кишке, а проксимальная часть анального канала находится в сомкнутом состоянии. Газы и жидкий кал во время реакции удержания проникают в проксимальную часть анального канала, где осуществляется анализ, позволяющий осознать качество содержимого. Если ощущения наличия газа совпадает с возможностью его удаления, человеку достаточно легкого напряжения, чтобы поднять давление в прямой кишке и изгнать газы через сомкнутую дистальную часть анального канала. Если же обстановка этого не позволяет, человек волевым усилием вызывает сокращение НАС на протяжении нескольких секунд, до тех пор пока реакция удержания не сменится реакцией адаптации. В результате сокращения ВАС газы выдавливаются обратно в прямую кишку.

**Дефекация.** Позыв на дефекацию возникает либо при достижении каловыми массами определенного порогового объема, либо при быстром поступлении фекалий в прямую кишку. Когда потребность совпадает с возможностью, человек вызывает подъём внутрибрюшного, а значит и внутриректального давления напряжением брюшной стенки. Это является побудительным моментом для рефлекторного сокращения МПЗП, которая раскрывает анальный канал до ширины просвета прямой кишки. Изгнание кала осуществляется глубокой перистальтической волной прямой кишки. Все порции НАС и ПРМ расслабляются. Ширина выделяемого кала, если он оформлен, т.е. достаточно плотный, соответствует ширине прямой кишки. Если он не сформирован, то его ширина пропорциональна его вязкости, от которой зависит и ширина раскрытия поверхностной порции НАС.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Pathophysiology of constipation in older adult / G. L. MacCrea [et al.] // World J. Gastroenterol. – 2008. – Vol. 14, N 17. – P. 2631-2638.

2. Meunier, P. Manometric studies of anorectal disorders in infancy and childhood: an investigation of the physiopathology of continence and defaecation / P. Meunier, P. Mollard, M. Jaubert de Beaujeu // Br. J. Surg. – 1976. – Vol. 63, N 5. – P. 402-407.

3. Левин, М. Д. Рентгенофункциональные исследования актов удержания кала и дефекации // Педиатрия. – 1983. – Т. 2. – С. 49-52.

4. Cremin, R. J. A rational radiological approach to the surgical correction of anorectal anomalies / R. J. Cremin, S. Cywes, J. H. Louw // Surgery. – 1972. – Vol. 71, N 6. – P. 801-806.

5. Левин, М. Д. К рентгенологической анатомии толстой и прямой кишок у детей / М. Д. Левин // Вестн. рентгенологии. – 1985. – № 2. – С. 40-45.

6. Age-related changes in the neuromuscular development of the internal anal sphincter / R. Nakano [et al.] // J. Pediatr. Surg. – 2008. – Vol. 43, N 6. – P. 1106-1110.

7. Хэм, А. Гистология: пер. с англ. / А. Хэм, Д. Кор-

мак. – Мир, 1983. – Т. 4. – С. 155-156.
8. Генри, М. М. Колопроктология и тазовое дно. Патофизиология и лечение / М. М. Генри, М. М. Своша. – Медицина, 1988. – С. 28-30.
9. Colosigmoid junction: a study of its functional activity with identification of a physiologic sphincter and involvement in reflex actions / A. Shafik [et al.] // J. Invest. Surg. – 2003. – Vol. 16, N 1. – P. 29-34.
10. Shafik, A. Identification of a sphincter at the sigmoidorectal canal in humans: histomorphologic and morphometric studies / A. Shafik, S. Assad, S. Doss / / Clin. Anat. – 2003. – Vol. 16, N 2. – P. 138-143.
11. Shafik, A. The hypertonic rectosigmoid junction: description of a new clinicopathologic entity causing constipation / A. Shafik // Surg. Laparosc. Endosc. – 1997. – Vol. 7, N 2. – P. 116-120.
12. Role of the rectosigmoidal junction in fecal continence: concept of the primary continent mechanism / A. Shafik [et al.] // Arch. Surg. – 2006. – Vol. 141, N 1. – P. 23-26.
13. Михайлов, А. Н. Рентгенодиагностика основных болезней ободочной и прямой кишок / А. Н. Михайлов. – Минск: Беларусь, 1983. – 110 с.
14. Rosenberg, A. J. A new simplified technique for pediatric anorectal manometry / A. J. Rosenberg, A. R. Vola // Pediatrics. – 1983. – Vol. 71, N 2. – P. 240-245.
15. Schuster, M. M. The internal anal sphincter response: manometric studies on its normal physiology, neural pathways, and alteration in bowel disorders / M. M. Schuster, T. R. Hendrix, A. L. Mendeloff // J. Clin. Invest. – 1963. – Vol. 42. – P. 196-207.
16. Ohashi, S. An experimental study on the mechanism of rectosphincteric reflex in special reference to Hirschsprung's disease / S. Ohashi, E. Okamoto // J. Pediatr. Surg. – 1984. – Vol. 19, N 3. – P. 278-280.
17. Shafik, A. A study of the origin of the electric activity of the rectum: is it neurogenic or myogenic? / A. Shafik // Spinal Cord. – 1998. – Vol. 36, N 8. – P. 548-553.
18. Meunier, P. Control of the internal anal sphincter (manometric study with human subjects) / P. Meunier, P. Mollard Pflugers Archiv. – 1977. – Vol. 370. – P. 233-239.
19. Shepherd, J. J. The response of the internal anal sphincter in man to stimulation of the presacral nerve / J. J. Shepherd, P. J. Wright // Amer. J. Dig. Dis. – 1968. – Vol. 13. – P. 421-427.
20. Левин, М. Д. Функция аноректальной области в норме и при болезни Гиршпрунга / М. Д. Левин // Здравоохранение Белоруссии. – 1986. – Vol. 5. – P. 305.
21. Lin, C. L. The rectoanal relaxation reflex and continence in repaired anorectal malformations with and without an internal sphincter-saving procedure / C. L. Lin, C. C. Chen // J. Pediatr. Surg. – 1996. – Vol. 31, N 5. – P. 630-633.
22. Taylor, B. M. Longitudinal and radial variation of pressure in the human anal sphincter / B. M. Taylor, R. W. Beart, S. F. Phillips // Gastroenterol. – 1967. – Vol. 52. – P. 1143.
23. Bennett, R. C. The functional impotence of the internal sphincter / R. C. Bennett, H. L. Duthie // Brit. J. Surg. – 1964. – Vol. 51. – P. 355-357.
24. Haynes, W. G. Anorectal activity in man during rectal infusion of saline: a dynamic assessment of the anal continence mechanism / W. G. Haynes, N. W. Read // J. Physiology. – 1982. – Vol. 330. – P. 45-56.
25. Bouvier, M. Nervous control of the internal anal sphincter of the cat / M. Bouvier, J. Conella // J. Physiology. – Vol. 310. – P. 457-469.
26. Shafik, A. The identification of specialized pacemaking cells in the anal sphincters / A. Shafik, O. El-Sibai, I. Ahmed // Int. J. Colorectal. Dis. – 2005. – Vol. 9. – P. 1-5.
27. Гистология: пер. с англ. / под ред. А. Хэм, Д. Кормак. – М: Мир, 1983. – Т. 3. – С. 281-291.
28. Nussel, D. Semiologie radiologique fonctionelle dans la maladie de Hirschprung et dans d'autres formes de dischesie / D. Nussel, N. Genton, C. Bozic // Ann. Radiol. – 1976. – Vol. 19, N 1. – P. 111-122.
29. Никифоров, А. Н. Состояние анального канала у лиц пожилого возраста, страдающих хроническим запором (рентгенологическое исследование) / А. Н. Никифоров, М. Д. Левин // Медицинская панорама. – 2006. – № 6. – С. 7.
30. Мишарев, О. С. Функциональные и рентгенологические исследования аноректальной зоны при заболеваниях кишечника / О. С. Мишарев, М. Д. Левин // Хирургия. – 1984. – Vol. 12. – P. 78-82.
31. Holschneider, A. M. Diagnosis and therapy of chronic constipation / A. M. Holschneider, P. Klehr, H. Fendel // Pediatr. Radiol. – 1976. – Vol. 1192, N 2. – P. 403-416.
32. Bharucha, E. Pelvic floor: anatomy and function / A. E. Bharucha // Neurogastroenterol. Motil. – 2006. – Vol. 18. – P. 507-519.
33. The "opening time" and "pelvic floor electromyographic lag time": two novel tools in the assessment of anorectal evacuation time / A. Shafik [et al.] // J. Ivest. Surg. – 2006. – Vol. 19, N 5. – P. 307-311.
34. Shafik, A. A new concept of the anatomy of the anal sphincter mechanism and physiology of defecation: mass contraction of the pelvic floor muscles / A. Shafik // Int. Urogenicol. J. Pelvic. Floor Dysfunc. – 1998. – Vol. 9, N 1. – P. 28-32.
35. Shafik, A. Is myoelectric activity transmittable from one muscle to another: an experimental study /

A. Shafik, O. El-Sibal, A. A. Shafik // Int. J. Surg. Investig. – 2000. – Vol. 2, N 2. – P. 165-170.
36. Proctographic featureof anismus / S. Halligan [et al.] // Radiology. – 1995. – Vol. 197, N 3. – P. 679-682.
37. Pena, A. Potential anatomic sphincters of anorectal malformations in females / A. Pena // Birth. Defects Orig. Artic. Ser. – 1988. – Vol. 24, N 4. – P. 163-175.
38. Stephens, F. D. Potential anatomic sphincters of anorectal malformations in males / F. D. Stephens // Birth. Defects Orig. Artic. Ser. – 1988. – Vol. 24, N 4. – P. 155-161.
39. Videodefecography: a study of the motile pattern / A. Shafik [et al.] // Surg. Radiol. – 2003. – Vol. 25, N 2. – P. 139-144.
40. Li, D. Morphology of the levator ani muscle / D. Li, M. Guo // Dis. Colon. Rectum. – 2007. – Vol. 50, N 11. – P. 1831-1839.
41. Dynamic imaging of the normal pelvic floor / V. Piloni [et al.] // Int. J. Colorectal. – 1997. – Vol. 12, N 4. – P. 246-253.
42. Zbar, A. P. Anorectal morphology and function: analysis of Shafik legasy / A. P. Zbar, M. Guo, M. Pescatori // Tech. Coloproctol. – 2008. – Vol. 12. – P. 191-200.

**Адрес для корреспонденции**

Amnon VeTamar 1/2,
Natanya 42202, Israel,
e-mail: nivel70@hotmail.com,
Левин М.Д.

*Поступила 22.12.2008 г.*

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

27–28 октября 2009 г. в Москве состоится
III Всероссийская научно-практическая конференция
и специализированная выставка «Высокие медицинские технологии»

**Основные направления конференции:**

- Обеспечение населения высокотехнологичной (дорогостоящей) медицинской помощью.

- Научные достижения в сфере оказания хирургических видов высокотехнологичной медицинской помощи: абдоминальная хирургия, сердечно-сосудистая хирургия, торакальная хирургия, урология, онкология, нейрохирургия, травматология, ортопедия.

- Научные достижения в сфере оказания терапевтических видов высокотехнологичной медицинской помощи: рентгенрадиология, урология, оториноларингология.

- Научные достижения в сфере оказания высокотехнологичной медицинской помощи в акушерстве и гинекологии.

- Научные достижения в сфере оказания высокотехнологичной медицинской помощи в экстракорпоральной терапии.

**Оргкомитет Конференции:**
129515, Москва, ул. Академика Королева, 13, офис 823-824
Телефон: +7(495) 617-36-43/44,
факс: +7 (495) 617-36-79
E-mail: expomap@inbox.ru
**Дополнительная информация на сайте: www.expodata.ru**