

СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ НИЖНЕГО ОТДЕЛА ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Гущин Я.А.¹, н.с., Мужикян А.А.¹, с.н.с., к.в.н., Шедько В.В.¹, н.с., Макарова М.Н.¹, д.м.н., Макаров В.Г.², д.м.н., профессор

¹АО «НПО «ДОМ ФАРМАЦИИ», ²ЗАО «Санкт-Петербургский институт фармации»

Ключевые слова: лабораторные животные, сравнительная морфология, желудочно-кишечный тракт, тонкая кишка, толстая кишка. **Keywords:** laboratory animals, comparative morphology, gastrointestinal tract, small intestine, large intestine



РЕФЕРАТ

Морская свинка (*Cavia porcellus*) принадлежит к отряду грызунов, семейству свинок (Caviidae). Впервые морские свинки были одомашнены в Южной Америке, затем были распространены по всему миру в качестве домашних питомцев. Начиная с 18-го века свинки стали широко использоваться для научных исследований различных направлений.

В наши дни морская свинка используется в качестве модели для многих инфекционных заболеваний человека, включая легочные, половые, глазные, слуховые, желудочно-кишечные и другие инфекции, которые могут угрожать жизни людей и животных. Преимущество использования морских свинок, как тест-системы среди ряда других лабораторных животных заключается в их сходстве с людьми внешними признаками проявления той или иной патологии и развитию иммунного ответа. Морские свинки часто используются в исследованиях по оценке репродуктивной токсичности, контактной гиперчувствительности или дерматита. Особенности строения дыхательных путей морской свинки делают этих животных хорошей моделью для изучения респираторных заболеваний. Функционально дыхательные пути морской свинки достаточно реактивны для некоторых вдыхаемых соединений. Морские свинки могут быть альтернативой хорькам при моделировании инфекционных заболеваний.

Выбор правильной биологической тест системы для исследования является залогом получения качественных и достоверных результатов уже на начальных этапах. В свою очередь видовое разнообразие при проведении доклинических исследований дает возможность исследователю подобрать адекватную модель для изучения той или иной патологии.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время анатомия и физиология лабораторных животных описана в многочисленных научных трудах, однако только в некоторых проводится сравнительный анализ полученной информации. В то же время при проведении доклинических исследований с использованием лабораторных животных зачастую возникают вопросы уже на стадии планирования, связанные с необходимостью экстраполяции данных, полученных на лабора-

торных животных на человека. Большое количество моделей, разных видов и семейств животных (кролики, крысы, мыши, хомяки, морские свинки и др.), различное их строение и физиология, гистологические особенности тканей и биохимических процессов, могут представлять сложности для исследователя. Поскольку большая часть лекарственных веществ предназначены для перорального приема, то важной задачей является изучение желудочно-кишечного тракта лабораторных

животных и сопоставление его функции и строения с кишечником человека. Время нахождения веществ в пищеварительном тракте и скорость их абсорбции могут значительно различаться между видами, что зависит от анатомических данных (длины отделов, скорости перистальтики), физиологических факторов (кислотность, качество желчи и панкреатического сока и прочее), биохимических процессов и состава микрофлоры. Поэтому важно учитывать эти особенности и предвидеть их влияние на метаболизм исследуемых веществ.

В предыдущем обзоре [1] нами были рассмотрены особенности анатомического и гистологического строения органов начального отдела желудочно-кишечного тракта (глотка, пищевод, желудок) человека и животных. В данной работе продолжено описание сравнительной морфологии кишечника человека и лабораторных животных, чаще всего используемых в научных исследованиях.

Представленные данные востребованы при выборе модели и планировании исследования, а так же помогут прогнозировать результаты и интерпретировать полученные данные.

Тонкая кишка (intestinum tenue)

Топографическая анатомия. Тонкая кишка расположена между желудком и толстой кишкой и является наиболее длинным отделом пищеварительной системы. Ее делят на три неравных отдела: двенадцатиперстную кишку, тощую кишку и подвздошную, которая заканчивается илеоцекальным клапаном, переходя в слепую кишку (рис. 1). Именно в тонкой кишке происходит основное переваривание химуса и всасывание продуктов расщепления. Сравнительная протяженность отделов тонкой кишки представлена в таблице 1 [4].

Двенадцатиперстная кишка (duodenum): У человека, является первым отделом тонкой кишки, отличается относительно небольшой протяженностью и по форме напоминает подкову. Начинается от привратника желудка, огибает большую кривизну и у двенадцати-

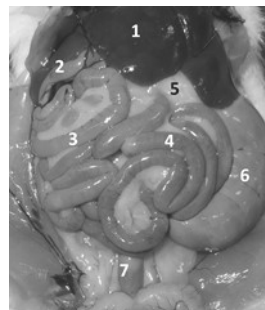


Рис. 1- Топографическая анатомия брюшной полости крысы. 1 — печень, 2 — нисходящая часть двенадцатиперстной кишки, 3 — тощая кишка, 4 — подвздошная кишка, 5 — жировая клетчатка с поджелудочной железой, 6 — слепая кишка, 7 — предпрямая кишка.

перстно-тощекишечного изгиба (flexura duodenojejunalis) переходит в следующий отдел тонкой кишки. У двенадцатиперстной кишки различают верхнюю часть или краниальную у животных (pars superior / cranialis), нисходящую часть (pars descendens), горизонтальную часть (pars horizontalis) и нисходящую/каудальную (pars ascendens/caudalis). Также кишка имеет несколько изгибов или извилин - верхний (или краниальный у животных) (flexura duodeni superior / cranialis) и нижний (или каудальный) (pars duodeni inferior/caudalis). Верхняя часть граничит с висцеральной поверхностью левой доли печени. Нисходящая часть огибает головку поджелудочной железы, правой почкой и граничит с воротами печени. Позади горизонтальной части располагается нижняя полая вена и аорта, а спереди к ней прилежат петли тонкой кишки. Восходящая часть граничит с телом поджелудочной железы. Двенадцатиперстно-тощекишечный изгиб фиксирован к диафрагме связкой подвешивающей двенадцатиперстную кишку или связкой Трейтца (m. et ligamentum suspensorii duodeni) [12].

Топография двенадцатиперстной кишки схожа у человека и у грызунов, однако, у кроликов отмечаются значительные отличия. Так у зайцеобразных двенадца-

Таблица 1

Сравнительная протяженность отделов тонкой кишки человека и животных

Вид	Длина тела (L), см	Длины отделов	Двенадцатиперстная кишка	Тощая кишка с подвздошной кишкой
Человек	170,0	Абсолютная длина (l), см	30,0	450,0
		Относительная длина, L/l	0,2	2,6
Кролик	40,0	Абсолютная длина (l), см	40,0	120,0
		Относительная длина, L/l	1,0	3,0
Морская свинка	20,0	Абсолютная длина (l), см	1,3	40,0
		Относительная длина, L/l	0,1	2,0
Крыса	15,0	Абсолютная длина (l), см	5,0	120,0
		Относительная длина, L/l	0,3	8,0
Мышь	5,0	Абсолютная длина (l), см	4,5	185,0
		Относительная длина, L/l	0,9	37,0
Хомяк	7,0	Абсолютная длина (l), см	2,3	42,0
		Относительная длина, L/l	0,3	6,0

типерстная кишка относительно длинная и состоит из нисходящей и восходящей частей. Нисходящая часть вначале формирует S-образный изгиб, затем, затрагивая хвостатую долю печени и формируя на ее поверхности вдавление - желобок, спускается до паха, где образует несколько петель. Около пилорического сфинктера по передней стенке определяется сосочек, куда открывается желчный проток. Более короткая восходящая часть поднимается до правой почки, переходит на левую сторону и продолжается тощей кишкой. Между нисходящей и восходящей частью располагается поджелудочная железа [18].

На поверхности слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки можно различить возвышения – места выхода желчного протока и протока поджелудочной железы. У человека, чаще всего, они сливаются вместе, образуя печеночно-поджелудочную ампулу, которая открывается в большой сосочек двенадцатиперстной кишки (papilla duodeni major) или Фатеров сосок, ниже которого расположен малый сосочек двенадцатиперстной кишки (papilla duodeni minor) с добавочными протоками поджелудочной же-

лезы [12]. У крыс и морских свинок протоки поджелудочной железы сливаются с общим желчным протоком и так же заканчиваются Фатеровым сосочком, однако отсутствуют добавочные протоки [22, 25]. У мышей есть еще несколько добавочных протоков поджелудочной железы, устья которых расположены как выше, так и ниже большого сосочка [25]. У морских свинок два основных протока и несколько второстепенных сливаются с желчным протоком и общим стволом заканчиваются единственным сосочком [23]. У кроликов билиарная и панкреатическая система значительно разобщена: желчные протоки открываются непосредственно возле начала двенадцатиперстной кишки, примерно в 1 см от пилоруса, а выводной проток поджелудочной железы расположен в восходящей части двенадцатиперстной кишки, примерно в 40 см от желудка [2].

Тощая (jejunum) и подвздошная (ileum) кишки не имеют видимой границы между собой. Тощая кишка длиннее и образует несколько петель, часть из которых лежит в малом тазу. Подвздошная кишка короче и имеет более прямое расположение. Прикрепляются кишки к

брюшной полости посредством брыжейки. У человека, мыши и морские свинки выделяют общую брыжейку (mesentery) [8, 24] у крыс, кроликов, хомяков можно выделить брыжейку тощей кишки (mesojejunum) и подвздошной кишки (mesoileum) [5, 18]. Спереди (вентральнее у животных) располагается большой сальник (epiploon). Стоит отметить отличие подвздошной кишки у кроликов. В отличие от остальных животных и человека она четко определяется, прежде всего, из-за своей утолщенной стенки, а также специфического образования у впадения ее в слепую кишку. Данное образование представляет собой расширение по типу дивертикула с очень мощными стенками, содержащими большое количество лимфоидной ткани, за что было названо лимфоидный дивертикул подвздошной кишки (diverticuli lymphaticum ilei) [2].

Гистологическое строение тонкой кишки. Как и любой полый орган, кишка имеет три оболочки: слизистую оболочку с мышечной пластинкой и подслизистым слоем, мышечную оболочку и наружную оболочку. Слизистая оболочка (tunica mucosa). В отличие от животных у человека по всей длине кишки имеются циркулярные или керкринговые складки (plicae circularis), которые образуются с участием подслизистой основы, расположены плотно и имеют большую глубину - до 8 мм [8], но по приближению к толстой кишке их количество и выраженность уменьшаются. Сами складки густо покрыты ворсинками (villi intestinales), имеющими вид пальцев, листика или язычка, на каждый миллиметр их приходится около 20. У грызунов и кроликов поверхность кишки гладкая и увеличение площади достигается за счет плотно расположенных ворсинок, так, например, у крыс их около 30 на 1 мм [12, 15, 24]. Высота и плотность ворсинок, наибольшая в начальном отделе тонкой кишки, постепенно снижается и достигает минимума у входа в слепую кишку [9]. Так, например, наиболее высокие и широкие ворсинки располагаются в двенадцатиперстной

кишке, при этом они имеют листовидную форму, а в конечном отделе тощей кишки они преимущественно пальцевидные и низкие [10].

Ворсинки покрыты однослойным столбчатым эпителием, представленным в основном высоким столбчатыми эпителиоцитами и меньшим количеством бокаловидных клеток (рис. 2). Столбчатые клетки участвуют во всасывании и имеют на апикальном полюсе микроворсинки, формирующие щеточную каемку. Бокаловидные клетки выделяют слизь, а небольшое их число (около 0,05%) являются энтероэндокринными и выделяют гормоны [10]. Различия в гистологическом строении кишечного эпителия у рассмотренных видов животных и человека на сегодняшний день не обнаружены.

Основу ворсинок составляет собственная пластинка слизистой оболочки (lamina propria), состоящая из рыхлой волокнистой соединительной ткани с ретикулярными волокнами и миоцитами. Она богата кровеносными сосудами, оплетающими ворсинку и плотно прилежащими к поверхностному эпителию, в центре ворсинки проходит лимфатический капилляр – млечный синус. Именно в собственной пластинке слизистой оболочки располагаются кишечные железы (glandulae intestinalis), их так же называют Люберкюновы железы или просто крипты. Они являются простыми трубчатыми железами, начинаются между ворсинками и продолжаются до мышечного слоя. Помимо основных клеток в состав желез входят клетки Панета, которые продуцируют лизоцим, и бескаемчатые цилиндрические клетки, являющиеся стволовыми и участвующие в регенерации эпителия.

В тонкой кишке встречается еще один вид желез – Бруннеровы, но их можно наблюдать только в двенадцатиперстной кишке. Это сложные трубчатые железы, их концевые отделы располагаются в подслизистом слое и, проходя через мышечную пластинку, выделяют секрет в крипты [10]. Железы содержат мукоциты – секреторные клетки, продуцирующие секрет, содержащий муцин в больших

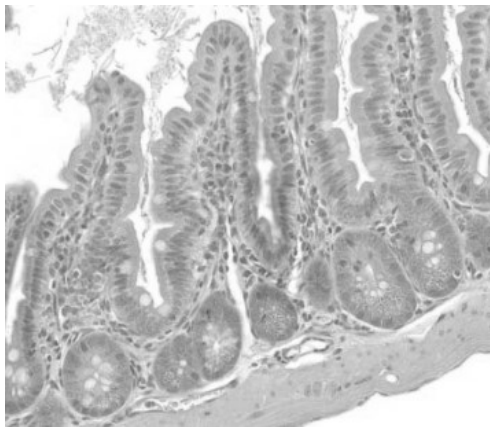


Рис. 2 – Тонкая кишка мыши. Окраска гематоксилин-эозин. Увеличение 100 [12]

количествах. Это обеспечивает защиту слизистой оболочки от воздействия желудочного сока. В отличие от других видов у кроликов в составе желез можно наблюдать клетки, продуцирующие серозный компонент, который участвует в переваривании пищи [14, 17].

На поверхности слизистой оболочки тонкой кишки можно увидеть возвышающиеся овальные бляшки, которые называются Пейеровыми (*noduli lymphoidei aggregati*) (рис. 3). Это лимфоидные образования, расположенные в собственной пластинке слизистой [8, 10], преимущественно (у большинства видов лабораторных животных и у человека) в дистальном отделе подвздошной кишки, хотя встречаются и в других частях кишки. У кроликов они рассеяны равномерно вплоть до двенадцатиперстной кишки [2]. Кроме больших скоплений, в собственной пластинке по всей длине кишки можно обнаружить скопления солитарных лимфатических фолликулов.

В подслизистой основе (*tela submucosa*), состоящей из рыхлой соединительной ткани с большим количеством эластических волокон, располагаются сплетения кровеносных сосудов и нервных волокон, которые называются Мейснеровым или подслизистым сплетением.

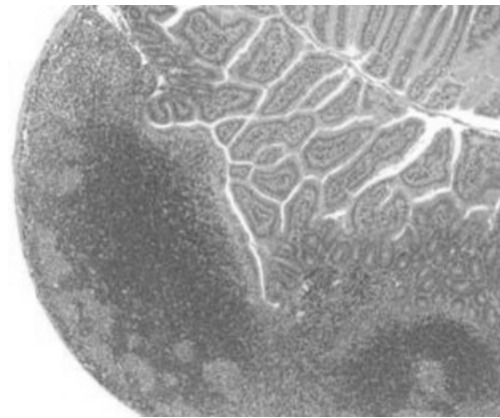


Рис. 3 – Пейерова бляшка в тонкой кишке мыши. Окраска гематоксилин-эозин. Увеличение 50 [12]

Последующие оболочки (мышечная и серозная) схожи у человека и животных. Мышечная оболочка (*tunica muscularis*) имеет два слоя: внутренний – циркулярный, в котором мышечные волокна следуют спиральным ходом, и наружный – продольный. Между мышечными слоями можно обнаружить нервные сплетения. Серозная оболочка (*tunica serosa*), являясь наружной оболочкой, покрыта плоским мезотелием, а ее основу составляет рыхлая соединительная ткань [10].

Толстая кишка (*intestinum crAssum*)

Это конечная часть кишечника, которая включает в себя слепую, ободочную и прямую кишку. В толстой кишке идет интенсивное всасывание воды, и формируются каловые массы. Начинается она илеоцекальным отверстием (*ostium ileocaecale*) и заканчивается анусом (*anus*) (рис. 4). Сравнительная протяженность отделов толстой кишки представлена в таблице 2 [4].

Топографическая анатомия

Слепая кишка (*caecum*). Начальный отдел толстой кишки, отделен от тонкой кишки Баугиниевой заслонкой (*valva iliocaecalis*), представляющей собой две складки, образующих, вдающуюся в полость слепой кишки воронку. У человека слепая кишка короткая, имеет мешковидную форму, от ее обращенного книзу

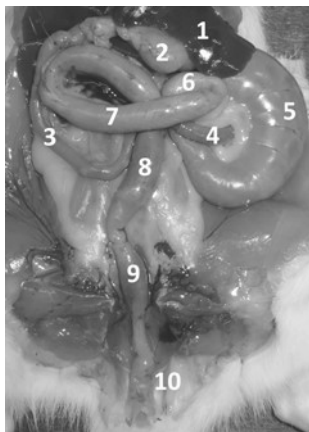


Рис. 4 – Толстая кишка крысы (тонкая кишка частично удалена). 1- Печень, 2- желудок, 3- двенадцатиперстная кишка, 4- подвздошная кишка, 5- слепая кишка, 6- восходящая часть ободочной кишки, 7- поперечная часть ободочной кишки, 8- нисходящая часть ободочной кишки, 9- предпрямая кишка, 10- прямая кишка

купола, от его заднемедиальной поверхности, отходит вниз червеобразный отросток (*appendix vermiformis*), богатый лимфоидной тканью. Дорсально кишка лежит на подвздошной и большой поясничной мышцах, кпереди от нее располагается брюшная стенка. Со всех сторон она покрыта брюшиной, хотя своей брыжейки не имеет. Расположение червеобразного отростка разнообразно, чаще всего он лежит в правой подвздошной ямке, но может опускаться в полость малого таза, занимать ретроцекальное положение или, редко, иметь забрюшинное положение. Аппендикс чаще имеет свою брыжейку, соединяясь со слепой кишкой и конечным отделом подвздошной [8].

У грызунов и зайцеобразных, и особенно у представителей с чисто растительным рационом питания, слепая кишка играет чрезвычайно важную роль в пищеварении, поскольку в ней происходит брожение и ферментативная обработка поступающего химуса, в отличие от человека со смешанным, но преимущественно белковым, типом питания. По-

этому кишка рассматриваемых животных значительно больше, чем у человека, и имеет богатый микробиологический состав [4, 16].

У крыс, мышей и хомяков слепая кишка относительно длинная и имеет разнообразную форму (чулка, подковы, мешка). Она слегка сужена в центре и делится на ампулу (*ampula ceci*), тело (*corpus ceci*) и кончик (*apex ceci*). При этом, в отличие от человека, у грызунов отсутствует выраженный аппендикс, хотя кончик слепой кишки содержит много лимфоидной ткани и может соответствовать червеобразному отростку [5, 6, 19]. В ампулу кишки илеоцекальным отверстием открывается подвздошная кишка, и от нее же начинается ободочная кишка слепободочным отверстием (*ostium sесocolicum*), которое у человека не выражено [5]. Из-за своих размеров кишка занимает большой объем и расположена между желудком и печенью краниально и каудально спускается в малый таз. Имеет довольно длинную брыжейку, которая фиксирует слепую и дистальный отдел подвздошной кишки [19].

У кроликов слепая кишка спиралевидно изогнута, очень толстая и длинная. Имеет общую с подвздошной кишкой брыжейку. В соответствии с ходом кишки в ней различают: среднюю продольную часть, которая лежит в центре, изгибается вправо и переходит в правую продольную часть, в тазу она поворачивает влево, формируя левую продольную часть, и направляется каудально вправо, где граничит с желудком. Кишка покрыта брюшиной, которая образует множество складок между слепой кишкой и другими отделами кишечника. Сама слепая кишка имеет три части: ампулу или купол, тело и терминальную часть. Широкая в начале, она конусовидно сужается к слепому концу, который оканчивается массивным червеобразным отростком [20]. Кишка разделена на ячейки, которые образованы перехватами. Этим перехватам изнутри соответствует спиральная дубликатура слизистой оболочки – высокая складка, проходящая по всей длине кишки. В ам-

**Сравнительная протяженность отделов
толстой кишки человека и животных**

Вид	Длина тела (L), см	Длины	Слепая кишка	Аппендикс	Ободочная кишка	Пред-прямая кишка	Прямая кишка
Человек	170,0	Абсолютная длина (l), см	8,0	8,0	150,0	-	14,0
		Относительная длина, L/l	0,05	0,05	0,9	-	0,1
Кролик	40,0	Абсолютная длина (l), см	40,0	13,0	40,0	70,0	15,0
		Относительная длина, L/l	1,0	0,3	1,0	1,8	0,4
Морская свинка	20,0	Абсолютная длина (l), см	10,0	-	32,0	70,0	-
		Относительная длина, L/l	0,5	-	1,6	3,5	-
Крыса	15,0	Абсолютная длина (l), см	8,0	-	7,0	4,0	7,0
		Относительная длина, L/l	0,5	-	0,5	0,3	0,5
Мышь	5,0	Абсолютная длина (l), см	3,5	0,4	5,0	5,0	-
		Относительная длина, L/l	0,7	0,1	1,0	1,0	-
Хомяк	7,0	Абсолютная длина (l), см	4,5	1,3	6,5	22,0	3,5
		Относительная длина, L/l	0,6	0,2	0,9	3,1	0,5

пулу илеоцекальным отверстием с нечетко выраженной заслонкой (valvula ileocaecale) открывается устье дивертикула подвздошной кишки. На вогнутой стенке кишки в пределах второй ячейки выделяется крупная (до 1,6 см) лимфоидная бляшка, являющаяся скоплением лимфоидной ткани и называется агрегатным лимфатическим полем (area lymphatica major), на противоположной стороне менее выраженная малая бляшка (area lymphatica minor). Переход в ободочную кишку выражен слабо и представляет собой широкую щель [2]. Аппендикс у кроликов хорошо развит, стенки его равномерно толстые, слизистая оболочка губчатая в результате наличия большого количества лимфоидных образований.

У морской свинки строение слепой кишки соответствует травоядным животным. Относительно, она значительно длиннее и шире, чем у других животных и человека. Она сильно изогнута, и напоминает разомкнутое кольцо, и занимает почти всю левую половину брюшной

полости. За счет тесного соприкосновения с петлей ободочной кишки на слепой кишке имеются вдавления или складки [7]. Так же кишка делится на ампулу или основание, корпус и верхушку. Основание мешкообразно расширено имеет сужение перед ободочной кишкой. Остальная часть кишки похожа на гофрированную трубку с ярко выраженными вздутиями и мышечными продольными тяжами. Червеобразный отросток у морских свинок отсутствует [21].

Ободочная кишка (colon)

У человека ободочная кишка делится на восходящую (colon ascendens), поперечно ободочную (colon transversum) и нисходящую (colon descendens). Восходящая кишка направляется вертикально вверх, спереди от квадратной мышцы поясницы и правой почки, достигает висцеральной поверхности печени, где делает поворот влево, образуя правый печеночный изгиб (flexura coli dextra), после чего переходит в поперечно-ободочную

кишку. Colon transversum, слегка провисая в центре, идет от правого подреберья к левому, где образует левый селезеночный изгиб (flexura coli sinistra). Кишка покрыта брюшиной и фиксируется к задней стенке брюшной полости брыжейкой. К передней поверхности прикрепляется желудочно-ободочная связка (ligamentum gastrocolicum) – часть большого сальника. После селезеночного изгиба в левом подреберье начинается нисходящая ободочная кишка, которая продолжается до уровня гребня подвздошной кости. Далее следует сигмовидная кишка. Кзади нисходящая кишка прилежит к левой почке и квадратной мышце поясницы, справа лежат петли тонкой кишки. Брюшина покрывает ее спереди и с боков [8].

Стоит сразу рассмотреть сигмовидную кишку человека (colon sigmoideum), которую у животных отдельно не выделяют. Эта часть кишечника начинается от гребня подвздошной кишки и переходит в прямую кишку на уровне мыса крестца. Длина ее переменна – от 15 до 67 см, она образует 1-2 изгиба. Имеет брыжейку и полностью покрыта брюшиной. Характерной особенностью толстой кишки человека является наличие трех мышечных лент, идущих от основания червеобразного отростка до прямой кишки: брыжеечная (taenia mesocolica), сальниковая (taenia omentalis) и свободная (taenia libera), между которыми формируются выпячивания стенок – гаустры (haustra coli). Так же характерно наличие 3-5 сантиметровых сальниковых отростков – пальцеобразных жировых выпячиваний (appendices epiploicae) [8].

У мелких грызунов (крысы, мыши, хомяки) ободочная кишка напоминает спираль, и делится на восходящую, поперечную и нисходящую, границей которых являются два слабо выраженных изгиба – правый и левый (flexurae coli dextra et sinistra) [5,18,24]. Ободочная кишка более длинная, восходящий отдел более выражен и имеет несколько изгибов [6,18]. Ободочная кишка грызунов, в отличие от кишки человека, гладкая, по-

скольку не имеет мышечных лент, жировые подвески так же не выражены [24].

У морской свинки отмечается чрезвычайно большая длина ободочной кишки (в 10-12 раз больше длины тела), которая в основном приходится на восходящий отдел, который образует крупные петли, охватывая тощую и слепую кишки. Поперечный отдел короче, но тоже образует петли, внедряющиеся в петли подвздошной кишки. Нисходящий отдел самый короткий и отличается относительно прямой формой. Сигмовидная кишка только намечается небольшим изгибом [7].

Ободочная кишка кроликов делится на две части. Широкая (до 2 см), но короткая большая ободочная кишка (colon major) имеет три мышечных ленты, формирующих три ряда гаустр. Малая ободочная кишка (colon minor) длиннее и более узкая (0,6-0,8 см), имеет только один тяж и один ряд гаустр. Большая ободочная кишка следует по краю слепой кишки до уровня желудка, образуя неполную петлю. Затем продолжается малая кишка, она изгибается и образует спираль, которая в правой подвздошной области делает резкий изгиб и переходит в предпрямую кишку (prerectum), границей перехода служит выраженный мускульный жом. Предпрямая кишка длинная (до 70 см) узкая, образует много петель и завитков. В ней различают начальную петлю, которая, изгибаясь, переходит в правую половину брюшной полости и достигает основания аппендикса, небольшую среднюю часть и конечную часть, которая достигает пилоруса желудка, направляется влево к почке, от которой следует прямо вниз вдоль позвоночника и переходит в истинную прямую кишку [2].

Прямая кишка (rectum). Прямая кишка является конечным отделом толстой кишки. У нее выделяют два отдела – ампулу (ampula recti) и анальный канал (canalis analis), а так же выделяют два изгиба в сагитальной плоскости: обращенный кзади крестцовый (flexura sacralis) и обращенный кпереди промежностный (flexura perinealis). Верхняя треть кишки полностью покрыта брюши-

ной, средняя только с трех сторон, нижняя треть не имеет серозной оболочки. В области анального канала имеется два сфинктера – внутренний (*musculus sphincter ani internus*) и наружный (*musculus sphincter ani externus*), который образован поперечнополосатыми мышцами и является произвольным сфинктером. Кпереди от кишки у мужчин расположены предстательная железа, мочевого пузырь, семенные пузырьки, ампула семявыносящих протоков, а у женщин матка и влагалище [8].

У животных строение кишки примерно соответствует строению кишки человека. У грызунов она короткая, прямая, так же имеет внутренний и наружный сфинктеры. Отличительной особенностью прямой кишки крысы от человека является отсутствие выраженной ампулы, что ведет к тому, что каловые массы не задерживаются, а опорожняются сразу же при поступлении. Кроме этого, прямая кишка крыс не образует изгибов, как это происходит у человека [3]. Кишка кроликов относительно длиннее, чем у грызунов (около 30 см), ампулярного расширения не имеет и разделена на прямую поясничную часть и слегка изогнутую тазовую. Рядом с анальным отверстием расположены парные ректальные железы (*glandulae rectalis*).

Гистологическое строение толстой кишки. Толстая кишка построена по единому плану и имеет три оболочки: слизистую оболочку с мышечной пластинкой и подслизистым слоем, мышечную оболочку и серозную [11]. Слизистая оболочка (*tunica mucosa*). Строение слизистой оболочки толстой кишки имеет ряд отличий у человека и животных. Рельеф внутренней поверхности кишки человека характеризуется множеством полулунных складок (*plicae semilunares*), высота которых от нескольких миллиметров до 2 сантиметров. В ампуле прямой кишки имеются продольные складки, а в анальном канале продольные складки (*plicae transversae recti*) – заднепроходные (анальные) столбы (*columnae anales*). В их формировании участвует слизистая оболочка и подслизистая основа. У основания анальных

столбов формируются углубления – анальные синусы (*sinus anales*), куда открываются анальные железы, которые у человека развиты слабо [10]. Около синусов проходит прямокишечно-заднепроходная линия (*linea anorectalis*).

У грызунов и кроликов поверхность более гладкая, с нечеткими поперечными складками особенно в дистальном отделе, ближе к прямой кишке складки принимают продольное расположение [12, 15].

Слизистая оболочка толстой кишки так же имеет многочисленные складки – крипты, которые глубже, чем в тонкой кишке, но с приближением к анальному каналу их высота снижается, и к моменту перехода ректального эпителия в анальный, крипты полностью исчезают [10]. Выстилка представлена однослойным призматическим эпителием, состоящим преимущественно из бокаловидных клеток, столбчатых эпителиоцитов (абсорбционных клеток) и небольшого количества эндокриноцитов (рисунок 5) [8, 10, 12]. У человека, в отличие от животных, в слепой кишке и восходящем отделе поперечно ободочной кишки встречаются клетки Панета [11, 15, 24]. В дистальной части анального канала происходит переход кишечного эпителия в многослойный плоский неороговевающий, который в свою очередь в области ануса замещается ороговевающим (рис. 6).

Собственная пластинка (*lamina propria*), состоящая из рыхлой соединительной ткани, богато васкуляризирована и содержит лимфоидные фолликулы.

Мышечная пластинка слизистой оболочки присутствует по всей длине слизистой оболочки, но в области аноректальной линии истончается, разделяется на отдельные волокна и исчезает. Таким образом, происходит слияние собственной пластинки слизистой и подслизистой основы [10].

Подслизистая основа (*tela submucosa*) у человека, в отличие от животных, богата жировой тканью и значительно толще. Незначительная толщина у животных

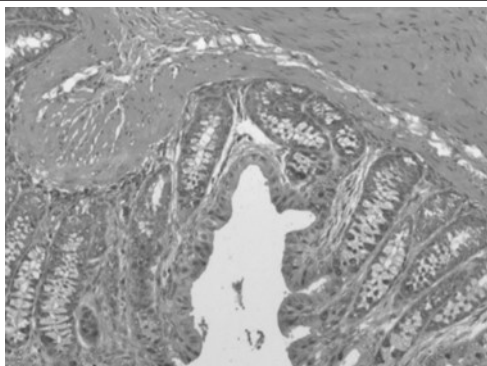


Рисунок 5 – Ободочная кишка крысы. Окраска гематоксилин-эозин. Увеличение 100

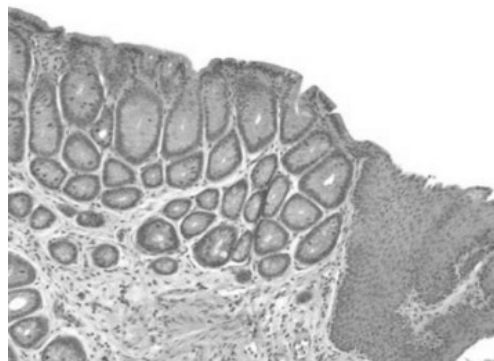


Рисунок 6 – Прямая кишка мыши. Переход кишечного эпителия в плоский эпителий. Окраска гематоксилин-эозин. Увеличение 100 [12]

является предрасполагающим фактором для возникновения грыж и дивертикулов кишки [24]. В толще подслизистой основы располагаются нервные (мейсснеровские) сплетения.

Мышечная оболочка (*tunica muscularis*) у всех видов состоит из двух слоев – циркулярного и продольного, между которыми лежат межмышечные нервные сплетения (ауэрбаховские). Толщина мышечной оболочки постепенно увеличивается по направлению к прямой кишке. Циркулярные волокна распределены относительно равномерно, но могут концентрироваться, образуя сфинктеры (особенно выраженные у человека), а в области анального канала формируют мощный внутренний сфинктер [8]. При этом у человека и кролика продольные волокна преимущественно собираются в мышечные ленты [10, 15].

Серозная оболочка (*tunica serosa*) покрывает кишку не полностью, так у человека брюшина покрывает слепую, поперечно ободочную, сигмовидную и верхнюю часть прямой кишки со всех сторон, то есть они расположены внутрибрюшинно (интробрюшинно). Восходящая ободочная, нисходящая ободочная и средняя часть прямой кишки покрыты с трех сторон, то есть мезоперитонеально [8]. Дистальная часть прямой кишки покрыта адвентицией.

Кровоснабжение кишечника. У человека и рассмотренных животных кровоснабжение кишечника схоже и осуществляется за счет ветвей аорты – чревного ствола, верхней брыжеечной артерии и нижней брыжеечной артерии (у животных соответственно краниальной и каудальной) [2, 5, 8, 18]. Часть двенадцатиперстной кишки получает питание от желудочно-двенадцатиперстной артерии (*arteria gastroduodenalis*), которая происходит из печеночной артерии (*a. hepatica*), продолжения чревного ствола (*truncus coeliacus*).

Верхняя/краниальная брыжеечная артерия (*a. mesenterica superior/cranialis*), отходящая от брюшного отдела аорты, своими ветвями питает подвздошную, тощую кишку, начальные отделы толстой кишки.

- нижняя/каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия (*a. pancreaticoduodenalis inferior/caudalis*) кровоснабжает двенадцатиперстную кишку

- тощекишечные артерии (*aa. jejunales*) и подвздошно-кишечные артерии (*aa. ileales*), образуя анастомозы, кровоснабжают подвздошную кишку и тощую кишку

- подвздошно-ободочно-кишечная артерия (*a. ileocolica*) кровоснабжает конечный отдел тощей кишки, слепую кишку и аппендикс.

- правая подвздошно-ободочная артерия (*a. colica dextra*), анастомозируя со

средней подвздошно-ободочной артерией (a. colica media), кровоснабжает правую половину поперечно ободочной кишки.

Нижняя/каудальная брыжеечная артерия (a. mesenterica inferior/caudalis), расположена ближе к бифуркации аорты, и кровоснабжает левую половину толстой кишки и прямую кишку.

- левая подвздошно-ободочная артерия (a. colica sinistra), кровоснабжает левую половину толстой кишки;

- верхняя/краниальная прямокишечная артерия (a. rectalis superior/cranialis), кровоснабжает проксимальный отдел прямой кишки;

- у человека отдельно выделяют сигмовидно-кишечные артерии (aa. sigmoidea), идущие к сигмовидной кишке, имеющей свою брыжейку.

Так же прямую кишку кровоснабжают средняя прямокишечная артерия (a. rectalis medialis) и нижняя/каудальная прямокишечная артерия (a. rectalis inferior/caudalis), из бассейна внутренней подвздошной артерии (a. iliaca interna).

Венозный отток так же происходит по единой схеме в систему воротной вены (vena porta hepatis), которая собирает венозную кровь с органов брюшной полости и следует в печень. Её притоками являются верхняя/краниальная брыжеечная вена (v. mesenterica superior/cranialis) и нижняя/каудальная брыжеечная вена (v. mesenterica inferior/caudalis). От дистального отдела прямой кишки кровь собирается в прямокишечное венозное сплетение (plexus venosus rectalis), которое отдает кровь в подвздошную вену (v. iliaca), которая продолжается полой веной (v. cava) [8].

Лимфатическая система. Лимфа собирается в лимфатические протоки (ductus lymphatici) и стволы (trunci lymphatici). В собственной пластинке слизистой оболочки по всей длине толстого кишечника можно обнаружить единичные лимфоидные фолликулы, а групповые скопления – Пейеровы бляшки, отсутствуют. По ходу кишечника, по брыжеечному краю, располагаются лимфатические узлы, которые соответствуют лимфатическим сосудам,

идущим совместно с кровеносными сосудами. Лимфа собирается в кишечные протоки (trunci intestinales), которые впадают в брюшную часть грудного протока (ductus thoracicus) [8,22]. Строение лимфатической системы кишечника у человека и животных схоже. Можно отметить различие в количестве и расположении групп лимфатических узлов, собирающих лимфу от внутренних органов.

Иннервация. Деятельность кишечника подчиняется автономной нервной системе, которая включает в себя симпатическую, парасимпатическую и метасимпатическую части. Строение и функционирование нервной системы у человека и животных не имеет принципиальных отличий [5, 22].

Симпатическая часть имеет центральный и периферический отделы. Центральный представлен симпатическими ядрами, расположенными в боковых рогах спинного мозга, выходя из которых волокна формируют симпатический ствол (truncus sympathicus dexter et sinister), лежащий вдоль позвоночника. От грудной части ствола отходят большой и малый грудной внутренностные нервы (nervus splanchnicus thoracicus major et minor), которые участвуют в формировании чревного сплетения. В дальнейшем симпатические волокна продолжают к органам брюшной полости, образуя многочисленные сплетения.

Парасимпатическая часть так же делится на центральный и периферический отделы. Ядра центрального отдела расположены в головном мозге и в копчиковом отделе. X пара черепных нервов - блуждающий нерв (n. vagus) иннервирует большую часть органов брюшной полости, а волокна копчиковой части, в составе тазового внутренностного нерва (n. splanchnicus pelvi) подходят к толстой кишке и органам малого таза.

Метасимпатическая нервная система представлена нервными сплетениями, расположенными непосредственно в толще стенок органов, и обладает моторной

активностью. Она включает в себя межмышечные сплетения (Ауэрбаховы) и подслизистые (Мейсснеровы) [2,8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анатомическое и гистологическое строение нижнего отдела пищеварительной системы (тонкой и толстой кишки) человека и лабораторных животных во многом схожи, но имеют ряд особенностей.

Двенадцатиперстная кишка у человека и грызунов схожа по своему анатомическому строению и топографии, можно определить только некоторые различия в топографии выводных отделов желчевыводящих протоков и протоков поджелудочной железы. У кроликов кишка длиннее, а желчные протоки и протоки поджелудочной железы разнесены на значительное расстояние.

Тонкую кишку кроликов можно четко разделить на подвздошную и тощую, что не наблюдается у остальных видов. У человека, мыши и морской свинки одна брыжейка фиксирует кишку, а у кроликов, крыс и хомяков выделяют две брыжейки. Поверхность кишки животных гладкая, в отличие от человека, у которого имеются выраженные циркулярные складки.

Слепая кишка имеет наиболее разнообразное видовое строение, что может быть связано с особенностью пищеварения. Наиболее короткая у человека, она удлиняется, изгибается и достигает значительных размеров у животных, особенно у морских свинок. Ободочная кишка животных так же длиннее, но имеет более гладкую поверхность, лишенную выраженных полулунных складок. У человека выделяют отдельно сигмовидную кишку со своей брыжейкой, в отличие от лабораторных животных, у которых ободочная кишка продолжается предпрямой кишкой. Прямая же кишка только у человека и кроликов имеет ампулу. У грызунов ампулу прямой кишки отдельно не выделяют, в результате каловые массы не задерживаются, а опорожняются сразу же при поступлении [3], хотя по некоторым источникам она есть, хоть выражена слабо [4].

Comparative morphology of the lower gastrointestinal tract of experimental animals and humans. J. Guschin, A. Muzhikyan, V. Shedko, M. Makarova, V. Makarov

ABSTRACT

In this review, a have been continued comparative study of gastrointestinal tract of the human and laboratory animals the most widely used in pre-clinical studies (rats, mice, hamsters, rabbits, guinea pigs). Generalized data on the comparative morphology of the organs of the lower part of the digestive system - the small and large intestine - are presented. The both anatomical and histological structure of the intestine has a common morphological principle characteristic of mammals. However, there are a number of features that have arisen as a result of different types of food species. Especially it affected the cecum, which in humans is the shortest, and in animals it lengthens, bends and reaches considerable dimensions in guinea pigs. The large saccule caecum is characteristic of herbivores as it is a reservoir of enzymatic and microbiological treatment of chime. The duodenum in humans and rodents is similar in its anatomical structure and topography and it is possible to determine only some differences in the topography of the excretory sections of the bile and pancreatic ducts. The intestine in rabbits is considerably longer than in the other examined species with the bile and pancreatic ducts separated by a considerable distance. The small intestine of rabbits has a number of anatomical landmarks, due to which it can be clearly divided into iliac and skinny which is not observed in other species. In humans, mice and guinea pigs one mesentery fixes the intestine while two in rabbits, rats and hamsters are isolated. The mucous membrane of the human intestine has circular folds that are absent in animals.

The long, smooth, devoid of pronounced semilunar folds colon in animals continues with the prerenum, while in the human separates a sigmoid colon with its mesentery. The rectum has an ampoule only in humans, rats and rabbits. The cellular structure of the wall of the small and large intestine is fun-

damentally monotonous and has insignificant structural features.

The circulatory, lymphatic and nervous systems of the digestive system are also extremely similar between animals and humans.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гушин, Я.А. Сравнительная анатомия верхнего отдела желудочно-кишечного тракта экспериментальных животных и человека/Я.А. Гушин, А.А. Мужикян, В.В. Шедько, М.Н. Макарова, В.Г. Макаров// Международный вестник ветеринарии. – 2017. – № 31. – С. 116-129
2. Жеденов, В. Н. Анатомия кролика // - М.: Сов. Наука. -1957. -312с.
3. Ким, А.Д. Особенности топографической анатомии и пристеночной микрофлоры дистального отдела толстой кишки у крыс линии Wistar /А.Д. Ким, О.А. Гольдберг, С.А. Лепехова// Бюллетень. ВСНЦ СО РАМН. -2016. –Т.1, №2. -С. 48–54
4. Макарова, М.Н. Анатомо-физиологическая характеристика пищеварительного тракта у человека и лабораторных животных/ М.Н. Макарова, А.В. Рыбакова, Я.А. Гушин, В.В. Шедько, А.А. Мужикян, В.Г. Макаров // Международный вестник ветеринарии. –2016. -№1. – С. 82-104
5. Ноздрачев, А. Д. Анатомия крысы // Лань. -2001. -464 с.
6. Петренко, В.М. Форма и топография слепой кишки у белой крысы // Успехи современного естествознания. -2011. - №12. - С. 17-21.
7. Петренко, В.М. Форма и топография слепой кишки у морской свинки // Успехи современного естествознания. -2013. -№2. -С. 27-35.
8. Сапин, М.Р. Анатомия человека в двух томах // Медицина.-2001. –Т.2. -640с.
9. Татаренко, Д.П. Пищеварительная система белых крыс: анатомо-функциональные особенности и экспериментальные работы: монография // РУСАЙНС. -2016. -92с.
10. Хэм, А. Гистология // - М.: Мир. - 1983. -Т.4. -245с.
11. Щипакин, М.В. Анатомо-топографические особенности строения толстой кишки кролика породы немецкий великан / М.В. Щипакин, А.В. Прусаков, Н.В. Зеленецкий, С.В. Вирунен, Ю.Ю. Бартенова // Иппология и ветеринария. - 2017. -№4. –С. 92-95.
12. Cheryl, L. A Practical Guide to the Histology of the Mouse //Wiley. -2014. –248pp.
13. Dimitrov, R.S. Comparative ultrasonographic, anatomotopographic and macro-morphometric study of the spleen and pancreas in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) // Not Sci Biol. -2012. -Vol.4. –P. 14-20.
14. Eurell, J.A. Dellmann's Textbook of Veterinary Histology. Sixth edition // Blackwell. -2006. –416pp.
15. Huffman, K. Gross and histological studies of the digestive tract of the rabbit // Kansas State College of Agriculture and Applied Science. -1958. –58pp.
16. Kararli, T.T. Comparison of the gastrointestinal anatomy, physiology, and biochemistry of humans and commonly used laboratory animals // Biopharmaceutics and Drug Disposition. - 1995. -Vol.16. -№5. -P. 351–380.
17. Leeson, C.R. The fine structure of Brunner's glands in the rabbit // Anatomical Record. -1967.Vol.159. –p. 409-420.
18. Reznik, G. Clinical Anatomy of the European Hamster: *Cricetus cricetus* // L.U.S. - 1978. -251pp.
19. Snipes, R.L. Anatomy of the cecum of the laboratory mouse and rat // Anat Embryol. -1981. -Vol. -№162. –P.455-74.
20. Snipes, R.L. Anatomy of the Guinea-pig Cecum // Anat Embryol. -1982. -Vol.165. – P.97-111.
21. Snipes, R.L. Anatomy of the rabbit cecum // Anat Embryol. -1978. -Vol.155. –P.57-80.
22. Suckow, M.A. The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents // Am. Col.of Lab. An. Med.series. -2012. -1261pp.
23. Tajima, Y. Hepatobiliary and pancreatic carcinogenesis in the hamster // Springer. -2009. -241pp.
24. Treuting, P.M. Comparative Anatomy and Histology: A Mouse and Human Atlas // Elsevier. -2012. -461pp.
25. Vashisht, K. Pancreatic Ducts and Duodenal Papillae: Pathologic Evaluation in Nonclinical Species-A Brief Review // Tox.Pat. - 2015. -Vol. -28. –P. 651-61.