

УДК 612.33.7

О МЕХАНИЗМАХ ПРОЦЕССА ВСАСЫВАНИЯ И ТРАНСПОРТА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ

Ким Т.Д., Карынбаев Р.С., Макашев Е.К.

Институт физиологии человека и животных КН МОН Республики Казахстан, Алматы, e-mail: toma40@mail.ru

Были изучены физиологические и биохимические особенности лимфатической системы брыжейки с целью выявления ее роли в процессе всасывания и транспорта продуктов гидролиза в тонком кишечнике. Проведенные исследования показали наличие двойного регуляторного механизма – холинергического и адренергического – лимфатической системы в тонком кишечнике. Так, лимфангионы лимфатического сосуда брыжейки овец обладают высокой миогенной (фазной) активностью. Инициация и изменение фазных сокращений происходит при более низких концентрациях норадреналина и ацетилхолина, чем тонических сокращений. В стенке брыжеечных лимфатических сосудов обнаружена развитая холинергическая система. Адреналин и ацетилхолин вызывают возрастание всасывания как воды, так и глюкозы.

Ключевые слова: всасывание, транспорт, лимфатический сосуд, сократительная активность

MECHANISMS OF PROCESS OF AN ABSORPTION AND TRANSPORTATION OF NUTRIENTS IN SMALL INTESTINES

Kim T.D., Karynbayev R.S., Makashev E.K.

Institute of physiology of human and animals KN MON of the Republic of Kazakhstan, Almaty, e-mail: toma40@mail.ru

There have been studied the physiological and biochemical features of lymphatic system of mesenteric for the purpose of revealing of its role in the course of an absorption and transport of products of hydrolysis in small intestines. The conducted researches have shown presence of double regulatory mechanism – cholinergic and adrenergic – lymphatic system in small intestines. So, lymphangions of sheep mesenteric lymphatic vessels possess high myogenic (phase) activity. The initiation rate and the change of phase occur at lower concentrations of norepinephrine and acetylcholine than tonic contractions. In the wall of the mesenteric lymphatic vessels found extensive cholinergic system. Epinephrine and acetylcholine caused an increase intake of both water and glucose.

Keywords: absorption, transport, lymphatic vessel, contractile activity.

В 60 годы учеными была высказана гипотеза о противоточном обменнике, согласно которой часть всосавшихся веществ еще в ворсинках диффундирует из центральной артериолы в субэпителиальную капиллярную сеть и возвращается обратно в артериолу. Предположительно, механизм носит защитный характер, оберегающий, прежде всего, печень от одновременного поступления больших концентраций всосавшихся веществ. На наш взгляд, в данной циркуляции веществ не учтено еще одно важное звено, а именно, роль лимфатического капилляра в ворсинке. Исследования проведенные нами в различные периоды по изучению лимфатической системы кишечника методами *in situ* и *in vitro*, показали, что ее роль в обменных, всасывательных, транспортных, гомеостатических и компенсаторных процессах в кишечнике огромна.

Цель исследования. Задачей настоящего исследования является изучение роли сократительной активности и пропульсивной способности лимфатических сосудов в процессе всасывания в тонком кишечнике, как одного из механизмов всасывательного процесса.

Материал и методы исследования

В экспериментах был применен метод культивирования органов вне организма. У овец под тио-

пенталовым наркозом (50 мг/кг массы животного) выделяли тонкий кишечник с брыжейкой, который канюлировали с обеих сторон. Краниальный конец соединялся с воронкой для введения воды и глюкозы, в каудальный конец вставляли выводящую трубку с емкостью. Канюлировали кишечную артерию, вену и брыжеечный лимфатический сосуд. Использовали полиэтиленовые канюли соответствующего диаметра собственного изготовления. Вся процедура проводилась в холодном физиологическом растворе. Препарат подсоединяли к аппарату искусственного кровообращения ИСЛ-3. Первые 30 минут перфузия проходила в холодном режиме (18°), для стабилизации процессов в органе, затем переводили в нормотермический режим (36°). По истечении 30 минут забирали контрольную пробу, далее в кишечник вводили теплый физиологический раствор или глюкозу, а в кровоток вводили норадреналин (НА) или ацетилхолин (АЦХ) (10^{-6} М), в зависимости от задачи, и через 5 мин проводили второй забор крови оттекающей от органа. Для изучения холинергической регуляции проводили перфузию отрезка лимфангиона длиной 6-7 см в условиях (*in situ*). В качестве агентов вызывающих фазную и тоническую ритмику использовали норадреналин и ацетилхолин в концентрации 10^{-6} М. В пробах крови определяли общий белок, глюкозу.

Результаты исследования и их обсуждение

Процессы переваривания, всасывания и транспорта в тонком кишечнике надо рассматривать как единый, четко организованный

ный механизм, направленный на обеспечение не только внутренней среды организма необходимым питанием, но и гомеостаза. Переоценить роль лимфатической системы в этом механизме трудно. Наименее изученным звеном в этой цепи является процесс всасывания. Известно, что гладкомышечные клетки лимфатических сосудов обладают выраженной спонтанной сократительной ритмикой, определяя тем самым пропульсивную способность лимфатических сосудов – важнейший внутренний фактор движения лимфы [10, 3, 2]. Исследования проведенные в нашей лаборатории показали развитую тоническую и фазную активность лимфатических сосудов брыжейки у овец [8]. Причем терминалы лимфатических сосудов обладают выраженной фазной активностью, а отводящие сосуды – тонической, следствием чего, вероятно, является высокий уровень лимфотока у овец – до 2200 мл в сутки через кишечник [1].

Исследования сократительной активности корней лимфатического русла тонкого кишечника в процессе резорбции в условиях экстракорпоральной перфузии препарата «кишечник», выделенного у овец, показали достоверное увеличение кишечного лимфотока при стимуляции сократительной активности лимфатических сосудов путем введения в кровоток норадреналина в концентрации 10^{-6} М и ацетилхолина в тех же дозах. Содержание общего белка увеличилось на 24%, а глюкозы на 36%. Причиной увеличения лимфотока и концентраций общего белка и глюкозы, на наш взгляд, является активизация фазной ритмики стенки лимфатического русла при введении НА в дозе 10^{-6} М. Инициация и изменение фазных сокращений происходило и при более низких концентрациях НА. В стенке брыжеечного лимфатического сосуда обнаружена развитая холинергическая система, что является отражением двойного регуляторного механизма данного региона. Решение данного вопроса откроет возможности для селективного воздействия на фазные и тонические сокращения лимфатических сосудов, что открыло бы контроль над транспортирующей функцией лимфатических сосудов. С этой целью в условиях *in situ* перфузировали отрезок брыжеечного лимфатического сосуда, включающего 7-8 лимфангионов подогретым раствором Рингера. Изучение пропускной способности лимфатических сосудов при тех же воздействиях показали в 84% случаев пульсирующий, ритмический ток перфузата, характерный для фазных сокращений лимфангионов. Малые дозы (10^{-9} М) НА и АЦХ усиливали ток перфузата в пределах 25-35%. При

действии НА увеличение тока перфузата происходило за счет усиления частоты сокращения, т.е. фазной активности, а при действии АЦХ-за счет увеличения амплитуды одиночных сокращений (увеличение ударного объема лимфангиона), т.е. тонического сокращения.

В функционировании энтероцитов стенки кишечника большую роль играют сократительные структуры, так называемый цитоскелет. Характеристике молекулярной организации цитоскелета этих клеток посвящено множество работ и обзоров [11, 9 и др.]. Согласно данным этих авторов, внутри микроворсинок энтероцитов находятся пакеты тонких нитей разных структур – микрофиламент, расположенных параллельно длине оси микроворсинок и у их оснований в апикальной цитоплазме вплетающихся в филаменты и микротрубочки, образующие терминальную сеть. Присутствие миозина в терминальной сети свидетельствует об активной подвижности мембраны щеточной каймы. Существует предположение о роли актомиозинового комплекса в осуществлении расслабления и сокращения микроворсинок, что может существенно влиять на скорость всасывания и мембранного гидролиза [4]. Эта гипотеза была впервые высказана в начале 60-х годов Уголевым В.М. (1963) и затем получила подтверждение. Этот же механизм заложен в основу сократительной активности гладкомышечных клеток стенки лимфатических сосудов [3, 2]. В литературе встречаются работы, в которых обсуждается вопрос о резорбционной функции лимфатических капилляров тонкого кишечника, реализуемой пиноцитозными пузырьками и межэндотелиальным транспортом.

Однако авторы на основании результатов морфологических исследований, не исключают роли контрактильного состояния структур эндотелиоцитов в процессе переноса.

Наряду с этим, имеются исследования о влиянии биологически активных веществ и фармакологических средств на всасывательную функцию кишечника. Основным механизмом абсорбции является активный транспорт через клеточные мембраны, который происходит против концентрационного градиента и, в связи с этим, требует энергии. Полагают, что одним из основных источников энергии для активного транспорта является АТФ, которая гидролизует Na–K-зависимой АТФ-азой. Активный транспорт осуществляется с помощью переносчиков, последние связываются с транспортируемыми молекулами и переносят их с внешней поверхности клеточной мембраны на внутреннюю. Предполагается, что

транспортируемые молекулы различных типов веществ связываются с разными контактными участками на поверхности переносчика [5]. Существует точка зрения, что роль переносчиков могут играть богатые энергией продукты, образующиеся при расщеплении АТФ. Питательные вещества всасываются путем активного или пассивного транспорта. Однако сама природа всасывания веществ до конца не изучена. Проницаемость мембранных поверхностей тонкой кишки для микромолекул пытались объяснить явлением пиноцитоза – проникновением последних через клеточную оболочку внутрь цитоплазмы энтероцитов. Учитывая анатомо-функциональные особенности лимфатических сосудов кишечника, в особенности, данные о сократительной активности стенки сосудов и сократительную активность контрактильных структур ворсинок энтероцитов, мы предполагаем, что весь этот комплекс сократительного аппарата в совокупности является мощным активатором всех видов всасывания и транспорта нутриентов в тонком кишечнике. В пользу этого предположения говорят данные литературы о влиянии адренергических средств на кишечное всасывание. Так, адренергические средства повышают всасываемость глюкозы на 60% [7]. Адреналин и норадреналин при добавлении их в инкубационной жидкости, в которой находятся вывернутые мешочки тощей и подвздошной кишок крысы, вызывают повышение абсорбции глюкозы. Значительно усиливается абсорбция воды, как следствие активизации процессов диффузии [6]. Вопрос о механизмах действия адренергических средств на кишечную абсорбцию весьма сложен. Адреномиметики и адренолитики являются водоактивными веществами, поэтому следует учитывать их воздействие на интестинальное кровообращение. Поскольку адреномиметические средства вызывают сужение сосудов, то можно было бы ожидать снижение абсорбции при их введении, но мы наблюдаем обратную картину. Ацетилхолин также вызывает возрастание транспорта Na^{22} и Cl^{36} *in vitro* в слизистой оболочке подвздошной кишки человека, полученной при лапаротомии. Ацетилхолин повышает всасывание глюкозы и глицина в кишечнике собак с изолированной петлей тощей кишки [5]. Таким образом, стимули-

рующий эффект этих препаратов, на наш взгляд, можно объяснить активацией собственной сократительной активности стенки лимфатических сосудов и контрактильного аппарата энтероцитов кишечника.

Выводы

1. Брыжеечные лимфатические сосуды обладают выраженной сократительной активностью.

2. Терминальный участок лимфатических сосудов обладает фазной сократительной активностью.

3. Отводящие коллекторы лимфатических сосудов обладают преимущественно тонической сократительной активностью.

4. Наиболее выраженные спонтанные сократительные реакции наблюдались при воздействии норадреналином и ацетилхолином в дозе 10^{-6} М, как тонические так и фазные сократительные ответы.

5. Лимфатические сосуды кишечника отвечают как фазной, так и тонической сократительной активностью при действии норадреналина и ацетилхолина, что отражает двойной регуляторный механизм (адренергический и холинергический).

Список литературы

1. Алиев А.А. Лимфа и лимфообращение у продуктивных животных – М.: Наука, 1982. – 384 с.
2. Лучинин Ю.С. Механизмы сократительной деятельности гладкомышечных клеток лимфатических сосудов: автореф. дис. ... биол. наук. – Алма-Ата, 1982. – 23 с.
3. Орлов Р.С. Физиология гладкой мускулатуры. – М.: Наука, 1967. – 256 с.
4. Уголев А.М. Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций. – М.; Л.: Наука, 1985. – 543 с.
5. Файтельберг Р.О. Всасывание в желудочно-кишечном тракте. – М.: Медицина, 1976. – 264 с.
6. Фролькис А.В. Фармакологическая регуляция функций кишечника. – Л.: Наука, 1981. – 204 с.
7. Gray G.M. Carbohydrate absorption and malabsorption. – In: Physiology of the gastrointestinal tract // Ed. by L.R. Johnson. – New York: Raven Press, 1981. – P. 1063-1072.
8. Kim T.D., Luchinin Yu.S. Contractile activity and carrying of lymphatics // XII th International congress of Lymphology – Tokyo-Kyoto, 1989. – С. 256.
9. Matsudaira P.T., Burgess D.R. Identification and organization of the components in the isolated microvillus cytoskeleton // J. Cell. Biol. – 1979. – Vol. 83. – P. 667-678.
10. Todd B, Benman W. The physiological anatomy and physiology of man // Philadelphia, Blauchard and Lee. – 1857. – 485 p.
11. Trier J.S., Madara J.L. Functional morphology of the mucosa of the small intestine / In: Physiology of the gastrointestinal tract // Ed. by L.R. Johnson. – New York: Raven Press, 1981. – Vol. 2. – P. 925-961.