

© М.В. Столярова, Э.И. Валькович, 2010
УДК 612.017.2:611.018

М.В. Столярова и Э.И. Валькович

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТКАНЕВОЙ АДАПТАЦИИ ЭПИТЕЛИЕВ У НЕКОТОРЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

Кафедра гистологии и эмбриологии (зав. — проф. Э.И. Валькович), Санкт-Петербургская государственная педиатрическая медицинская академия, e-mail: mvstolyarova@yandex.ru

Методом электронной микроскопии изучены реактивные изменения клеток кожного эпителия у представителей трех групп морских беспозвоночных животных разных уровней организации — *Convoluta convoluta* (Turbellaria, Acoela), *Amphiporus lactifloreus* (Nemertini) и *Saccoglossus mereschkowskii* (Enteropneusta) в ответ на гипотоническое воздействие. На основании сходства функции — абсорбции и пиноцитоза — рассмотрены ультраструктурные особенности абсорбирующего эпителия проксимальных канальцев почки человека при интенсивном белковом транспорте. Показано сходство реактивных изменений эпителиальных тканей беспозвоночных и человека в ответ на различные повреждающие воздействия.

Ключевые слова: эпителии, ультраструктура, реактивные изменения, беспозвоночные, человек

Способность эпителиев разного происхождения к выполнению сходных функций нашла отражение в функциональной классификации эпителиальных тканей, обоснованной А.А. Заварзиным [3]. Как было показано на примере железистых, осморегулирующих и выделительных эпителиев [3], разные по происхождению эпителии могут быть сходными в функциональном отношении. Это обуславливает независимое развитие сходства их структур как на тканевом, так и на клеточном уровнях — параллелизмы. Явления параллелизмов для эпителиальных тканей недостаточно изучены. Одним из важных аспектов этой проблемы является исследование тканевых реакций функционально сходных эпителиев.

Исследования тканевых реакций у беспозвоночных единичны. В частности, были изучены тканевые реакции церебральных органов на гипотонические воздействия (осмотический стресс) у немертин [10]. Значительный интерес представляет исследование реактивных особенностей эпителиальных тканей беспозвоночных животных, которые могут служить в качестве моделей для изучения эпителиальных транспортных систем и их эволюции.

Имеющиеся данные о развитии микроворсинок и пиноцитозной активности в кожном эпителии некоторых беспозвоночных — бескишечных турбеллярий [5], немертин [1], кишечнорастворимых [7] свидетельствуют об активных процессах абсорбции веществ и функциональном сходстве с абсорбирующим почечно-целомическим эпителием проксимальных канальцев нефрона позвоночных и человека, что можно расценивать как яркий пример параллелизмов (в кишечном эпителии позвоночных, также имеющем щеточную каемку,

пиноцитоз отсутствует). Не исключено, что кожный покров названных беспозвоночных участвует и в осморегуляции, поскольку для кожного эпителия аннелид эта способность установлена [9].

Цель настоящей работы — сравнительное электронно-микроскопическое исследование реактивных изменений клеток функционально сходных эпителиальных тканей эволюционно удаленных объектов: кожного эпителия представителей беспозвоночных и почечно-целомического эпителия человека — в процессе адаптации к действию повреждающих факторов.

Материал и методы. Исследованы следующие представители беспозвоночных животных: *Convoluta convoluta* (Turbellaria, Acoela — низшие билатерально-симметричные животные) (n=30), *Amphiporus lactifloreus* (Nemertini — целомические первичноротые) (n=30) и *Saccoglossus mereschkowskii* (Enteropneusta — вторичноротые, близкие к предкам хордовых) (n=30). Материал собран на литорали побережья Баренцева моря. Животных подвергали гипотоническому воздействию (осмотический стресс), помещая на 45–60 мин в опресненную морскую воду. Морскую воду разводили дистиллированной водой в 1,5 раза, полагая, что такая степень опреснения не губительна для животных, переживающих и в естественных условиях значительные колебания солёности морской воды [2, 4], и в то же время достаточно для того, чтобы вызвать регистрируемые морфологическими методами изменения. Для электронно-микроскопического изучения животных фиксировали (мелких конволют целиком, крупных животных рассекали на небольшие фрагменты) на холоду (при 4 °С) 2,5% глутаральдегидом на фосфатном или какодилатном буфере (рН 7,4) в течение 40–60 мин, после чего дофиксировали 1–2% раствором четырехоксида осмия. Тоничность фиксирующих жидкостей доводили до уровня тоничности морской воды (для Баренцева моря — 1000 мосмоль) добавлением сахарозы или хлористого натрия. Фиксированный материал после обезвоживания по стандартной методике заключали в аралдит.

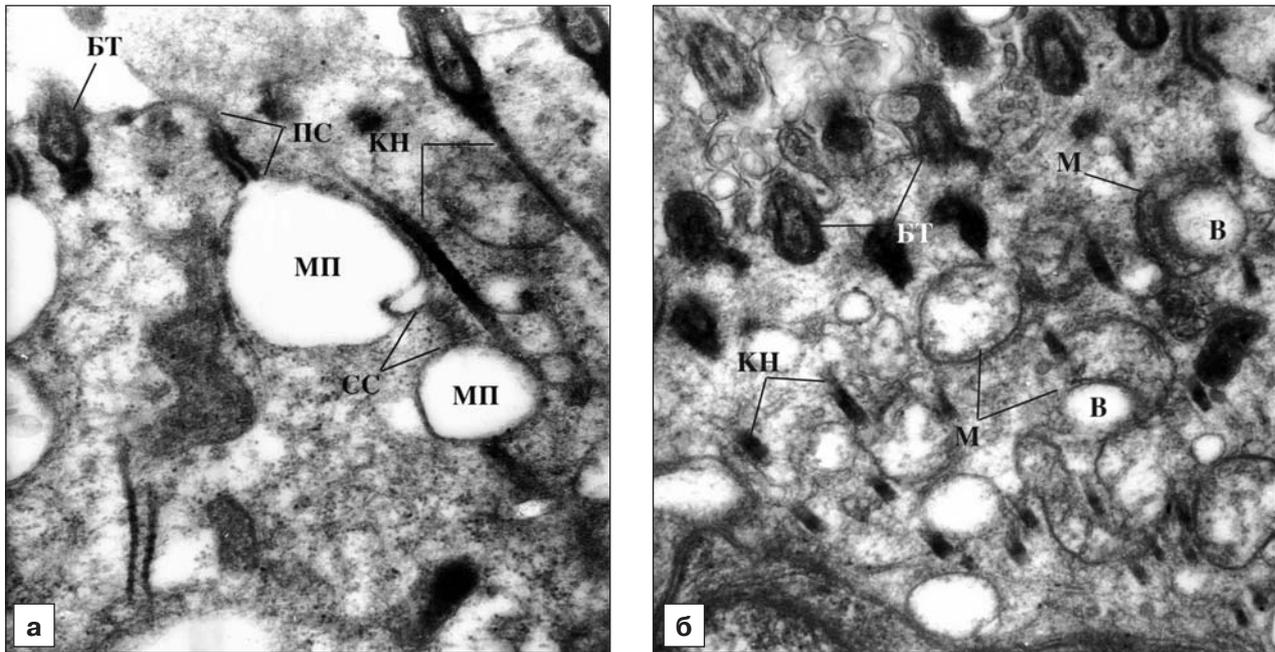


Рис. 1. Апикальные части реснитчатых клеток кожного эпителия *Amphiporus lactiflorens*.

а — промежуточные соединения (ПС), септированные соединения (СС), расширения межклеточного пространства (МП); б — митохондрии (М) с просветлениями или вакуолями (В) в матриксе. БТ — базальные тельца; КН — корневые нити ресничек. Ув.: а — 35 000; б — 29 600.

Почечно-целомический эпителий человека исследован в условиях повышенной реабсорбции белка при нефротическом синдроме с явлениями селективной массивной протеинурии. Материалом служили биоптаты, полученные в детских нефрологических стационарах Санкт-Петербурга. Изучены 35 пункционных биоптатов почки человека (уровень протеинурии у разных больных колебался от 0,33 до 6,6 г/сут). Для электронной микроскопии материал фиксировали на холоду 1% четырехокисью осмия на фосфатном буфере (рН 7,2) и по стандартной методике заключали в эпон. На электронных микрофотографиях проводили измерение рассматриваемых структур.

Результаты исследования. В кожном покрове конволют, помещавшихся в опресненную морскую воду, не зарегистрированы существенные изменения его структуры. В цитоплазме мерцательных клеток отмечены все характерные для нее особенности.

В кожном эпителии немуртин, перенесших опреснение, в поверхностной зоне эпителия в области простых соединений возникают значительные вакуолевидные расширения межклеточного пространства — до 0,4–0,9 мкм (рис. 1, а). В цитоплазме появляется большое количество ограниченных мембраной вакуолей диаметром 0,14–0,3 мкм с электронно-прозрачным содержимым, происходит набухание части митохондрий (см. рис. 1, б). Набухшие митохондрии достигают 0,4–0,5 мкм в диаметре, в них обнаруживаются единичные слабо различимые кристы, происходит просветление их матрикса. В области комплекса

Гольджи наблюдается появление крупных (до 0,3 мкм в диаметре) связанных с его цистернами вакуолей, заполненных электронно-прозрачным веществом.

В кожном эпителии кишечнодышащих, подвергавшихся действию опреснения, в более глубоких частях эпителия межклеточные пространства резко расширены — до 1–2 мкм и более. В цитоплазме клеток появляются светлые вакуолевидные пространства, увеличивается количество фагосом, наблюдается гипертрофия комплекса Гольджи, которая выражается в увеличении диаметра (до 0,5 мкм) связанных с его цистернами вакуолей, происходит набухание, а также вакуолизация и разрушение части митохондрий (рис. 2).

В клетках почечно-целомического эпителия проксимальных канальцев человека изменения оказались однотипными во всех исследованных случаях. Они касались аппарата поглощения, энергетической системы и трансэпителиального транспорта. Характерно значительное расширение межклеточных пространств — до 0,3–0,4 мкм (рис. 3). В митохондриях происходит просветление и вакуолизация матрикса, уменьшение количества и длины крист, деструкция части митохондрий. Встречаются разветвленные митохондрии и митохондрии с перетяжками, что свидетельствует об их новообразовании. В цитоплазме увеличивается количество фагосом, иногда отмечаются расширения концов микроворсинок, происходит

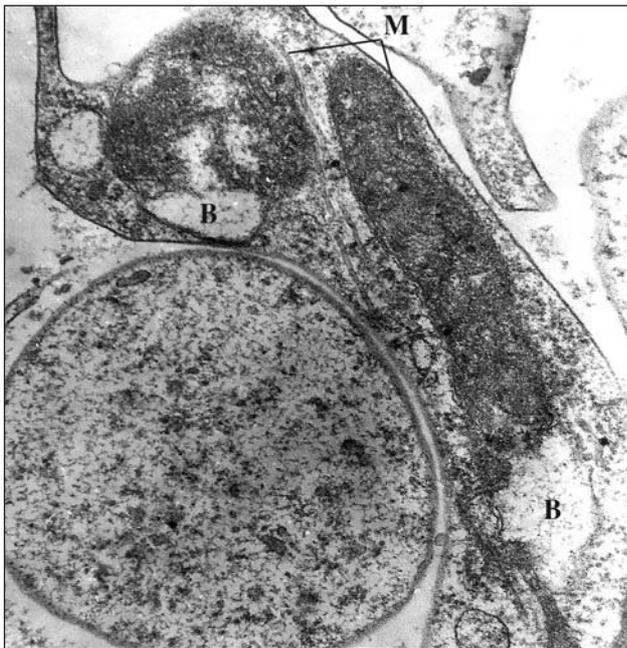


Рис. 2. Участок цитоплазмы реснитчатой клетки кожного эпителия *Saccoglossus mereschkowskii*.

Видны митохондрии (М) с вакуолевидными пространствами (В). Ув. 30 500.

разрыхление базальной мембраны, отмечается появление пузырьков в базальной части цитоплазмы клеток, что свидетельствует о развитии везикулярного транспорта.

Обсуждение полученных данных. Среди изученных беспозвоночных у представителей бескишечных турбеллярий изменения в ответ на гипотоническое воздействие не обнаружены, что можно объяснить их более высокой к нему адаптацией. Сравнение морфологических изменений кожного эпителия немуртин, кишечной дышащих и почечного эпителия человека показывает, что клеточные и тканевые реакции на воздействие различных повреждающих факторов происходят во многом сходно. Основное сходство заключается в расширении межклеточных пространств, просветлении и вакуолизации матрикса митохондрий, уменьшении количества крист. Полученные результаты дают основание предполагать наличие общих механизмов клеточных и тканевых реакций. Известно, что транспорт различных веществ из клетки сопряжен с поступлением осмотически эквивалентного объема воды [6], чем и можно объяснить расширение межклеточных пространств при повышенном белковом транспорте в почечном эпителии. Расширение межклеточных пространств в кожном эпителии у беспозвоночных при гипотоническом воздействии, очевидно, связано с активным поступлением воды из внешней среды. В обоих случаях можно предполагать нарушение ионного баланса

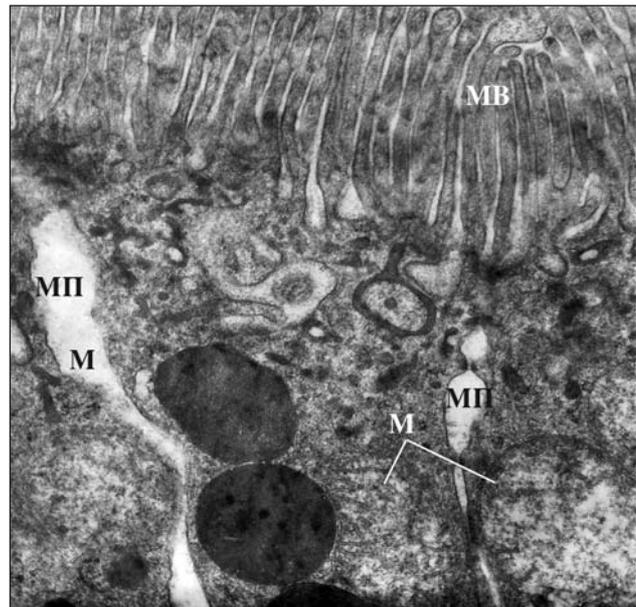


Рис. 3. Апикальные части клеток эпителия проксимального канальца нефрона почки человека.

Видны расширения межклеточного пространства (МП), митохондрии (М) с просветленным матриксом, микроворсинки (МВ). Ув. 23 000.

и мембранных транспортных систем. Изменения структуры митохондрий свидетельствует о том, что нарушаются энергозависимые системы клетки. К компенсаторно-восстановительным процессам относится деление митохондрий.

Известно, что поглощение белка в эпителии проксимальных канальцев нефронов почки млекопитающих и человека происходит путем рецепторно-опосредованного эндоцитоза [8]. Показано, что парацеллюлярная проницаемость эпителия почечных канальцев человека регулируется специальными белками, локализующимися в области плотных контактов [11]. Эпителиальные ткани беспозвоночных разных уровней организации могут служить объектами для изучения роли и эволюции рецепторных белков и механизмов эпителиального транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманова М.В. Морфофункциональные особенности кожного покрова и центральной паренхимы бескишечных турбеллярий, кожного и кишечного эпителиев немуртин и кишечной дышащих: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1980.
2. Воронков П.П., Уралов Н.С. и Черновская Е.Н. Основные черты гидрохимического режима прибрежной зоны Баренцева моря в районе Центрального Мурмана. Труды Мурманск. биол. станции, 1948, т. 1, с. 39–101.
3. Заварзин А.А. Основы частной цитологии и сравнительной гистологии многоклеточных животных. Л., Наука, 1976.
4. Закс М.Г. и Соколова М.М. О механизме адаптации к определению среды у некоторых литоральных организмов. Журн. эвол. биохим., 1965, т. 1, № 6, с. 538–542.

5. Маркосова Т.Г. Электронно-цитохимическое исследование эндоцитоза и внутриклеточного пищеварения в эпидермальных клетках *Convoluta convoluta* (Turbellaria, Acoela). Морфология ресничных червей. Труды Зоологическ. ин-та АН СССР, 1989, т. 195, с. 26–35.
6. Рябов С.И. и Наточин Ю.В. Функциональная нефрология. СПб., Лань, 1997.
7. Benito J. and Pardos F. Hemichordata. In: *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, 1997, v. 15, p. 15–101.
8. Christensen E.I., Verroust P.J. and Nielsen R. Receptor-mediated endocytosis in renal proximal tubule. *Pflugers Arch.*, 2009, v. 458, № 6, p. 1039–1048.
9. Clauss W.G. Epithelial transport and osmoregulation in annelids. *Can. J. Zool.*, 2001, v. 79, № 2, p. 192–203.
10. Ferraris J.D. Histological study of secretory structures of nemerteans subjected to stress: II. Cerebral organs. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 1979, v. 39, № 4, p. 434–450.
11. Kirk A., Campbell S., Bass P. et al. Differential expression of claudin tight junction proteins in the human cortical nephron. *Nephrol. Dial. Transplant.*, 2010, v. 25, № 7, p. 2107–2119.

Поступила в редакцию 14.09.10

ULTRASTRUCTURAL PECULIARITIES OF THE TISSUE ADAPTATION OF THE EPITHELIA IN SOME INVERTEBRATES AND IN MAN

M.V. Stolyarova and E.I. Valkovich

Using electron microscopy, the reactive changes of epidermal cells in response to hypotonic conditions were studied in the representatives of three groups of marine invertebrates characterized by different levels of organization — *Convoluta convoluta* (Turbellaria, Acoela), *Amphiporus lactifloreus* (Nemertini) and *Saccoglossus mereschkowskii* (Enteropneusta). On the basis of functional resemblance of absorption and pinocytosis, the peculiarities of absorptive proximal tubule epithelium of human kidney under intensive protein transport were examined at the ultrastructural level. The resemblance of the epithelial tissue reactive changes in response to the damaging was demonstrated factors in invertebrates and in humans.

Key words: *epithelia, ultrastructure, reactive changes, invertebrates, man*

Department of Histology and Embryology, St. Petersburg State Pediatric Medical Academy

© Коллектив авторов, 2010
УДК 611.018:618.14:599.323.4

И.В. Майбородин, Н.В. Якимова, В.А. Матвеева, О.Г. Пекарев, Е.И. Майбородина, Е.О. Пекарева и О.К. Ткачук

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВВЕДЕНИЯ АУТОЛОГИЧНЫХ СТВОЛОВЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК КОСТНОМЗГОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В РУБЕЦ МАТКИ КРЫС

Центр новых медицинских технологий (зав. — проф. А.И. Шевела), Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: imai@mail.ru

Методами световой микроскопии изучали результаты введения аутологичных стромальных (мезенхимальных) стволовых клеток костномозгового происхождения (АССККП) с трансфицированным геном зеленого флуоресцентного белка (GFP) в рубец маточного рога у крыс. Через 1 нед после введения АССККП в сформированный рубец справа (2 мес после перевязки) в нем присутствовали крупные группы кровеносных сосудов, содержащие форменные элементы крови, которые отсутствовали в рубце рога на противоположной стороне. При исследовании неокрашенных срезов в отраженном ультрафиолетовом свете было обнаружено яркое свечение в эндотелии и наружной оболочке сосудов рубца маточного рога только на стороне инъекции АССККП. Сделано заключение, что после введения в рубец АССККП они формируют кровеносные сосуды за счет дифференцировки в эндотелиоциты и перициты. Экспрессия гена GFP не только в эндотелии сосудов, но и в их наружных оболочках указывает на то, что возможна дифференцировка АССККП как в эндотелиальном, так и в перичитарном направлениях.

Ключевые слова: *матка, рубец, стромальные стволовые клетки костномозгового происхождения, ангиогенез*

Воспалительные заболевания женских половых органов и, как их следствие, спаечный процесс, приводят к нарушениям репродуктивной функции. Изучение особенностей этиопатогенеза при развитии спаечного процесса и синехий

в полости матки позволяет обосновать новые направления его лечения и профилактики.

Согласно современным представлениям, физиологическая и репаративная регенерация тканей у взрослого организма осуществляется