

На 25-е сутки опыта наблюдается адипогенез, появляются адипоциты, расположенные небольшими группами под формирующейся грануляционной тканью. Малочисленность адипоцитов, по сравнению с числом этих клеток в интактной коже, свидетельствует о нарушении образования гиподермы с замещением ее рубцовой тканью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Р. К. Концепция клеточно-дифференционной организации тканей, ее роль в развитии учения о тканях и регенерации // К 100-летию со дня рождения проф. В. Г. Елисеева. М.: ММА, 1999. С. 108–109.
2. Клишов А. А. Гистогенез и регенерация тканей. Л.: Медицина, 1984.
3. Napolitano L. Ph. D. The differentiation of white adipose cells // J. Cell. Biol. 1963. Vol. 18. P. 663–679.
4. Greenwood M. C. R. Adipose tissue: cellular morphology and development // Ann. Intern. Med. 1985. Vol. 103. № 6. Pt. 2. P. 996–999.

Гурина О. Ю., Гурин Я. В., Павлович Е. Р., Цыленкова В. Г.

ИЗУЧЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ТЕЛЕЦ ВЕЙБЕЛЯ – ПАЛАДЕ В ЭНДОТЕЛИОЦИТАХ ПРИ РЕПАРАТИВНОМ АНГИОГЕНЕЗЕ

*Кафедра морфологии (заведующая – проф. О. Ю. Гурина) Российского государственного
медицинского университета, Москва, e-mail: ogur11@yandex.ru*

Сердечно-сосудистая система играет важнейшую роль в обеспечении нормального течения всех процессов жизнедеятельности организма. Это диктует необходимость обстоятельного изучения ангиогенеза и механизма переноса веществ через стенки сосудов. Данный процесс осуществляется обязательно при участии эндотелия, без учета состояния которого нельзя говорить с достоверностью о проницаемости сосудистых стенок. Основные фундаментальные данные об ультраструктурных изменениях, сопровождающих новообразование сосудов при регенерации и перестройку межклеточного вещества соединительной ткани, были получены относительно давно [1, 2, 4, 6, 12].

В связи с тем, что большая часть заболеваний человека сопровождается нарушением гомеостаза, связанным с изменением транспортных потенциалов микрососудов из-за повреждения их стенок, изучение структуры вновь образованных сосудов на клеточном и субклеточном уровне открывает новые перспективы в репаративном ангиогенезе.

Представленная работа посвящена решению актуальной задачи фундаментальной медицины – выяснению особенностей ультраструктурной организации растущих микрососудов в аспекте их взаимодействия с окружающими клетками и нормализацией тканевого гомеостаза.

Материал и методы исследования. В рамках выполнения работы методами световой и электронной микроскопии было произведено исследование ультраструктуры эндотелиальных клеток в норме (в материнских микрососудах лимба глаза кролика) и в эксперименте при асептическом воспалении роговицы глаза кроликов после ожога азотнокислым серебром (в растущих капиллярах на 9-е сутки их роста на всем протяжении роста).

Специфические эндотелиальные тельца Вейбеля – Паладе, впервые описанные E. Weibel и G. Palade [14], долгое время не рассматривались в качестве структур, оказывающих существенное влияние на ангиогенез [8, 10, 15]. Тем не менее с работ S. Fujimoto [9] началось активное изучение этих органелл. Было показано, что они содержат большой спектр биологически активных веществ, основными из которых являются гистамин и гепарин, оказывающие существенное влияние на ангиогенез. Работами Я. Л. Караганова с соавт. [5] убедительно доказано, что тельца Вейбеля – Паладе в эндотелиоцитах не имеют ничего общего с юными митохондриями, описанными В. А. Шахламовым [7]. Ранее мы [3], изучая специфические эндотелиальные тельца при новообразовании сосудов, указывали на их активное влияние на процессы новообразования сосудов. При этом нас заинтересовали особенности топографического расположения специфических эндотелиальных телец на протяжении растущих сосудов и их динамика при изменении срока ангиогенеза.

Результаты исследования и их обсуждение. При изучении новообразованных капилляров на 9-е сутки их роста было выделено пять зон на всем протяжении роста: 1) зона относительно дифференцированного эндотелия; 2) зона переходного эндотелия от соматического к фенестрированному типу; 3) зона фенестрированного эндотелия (максимального развития транспортных коммуникаций); 4) зона недифференцированного эндотелия; 5) зона эндотелиобласта (верхушки роста).

Начиная со второй – переходной – зоны растущего капилляра в цитоплазме эндотелиальных клеток появляются специфические эндотелиальные тельца Вейбеля – Паладе (рис. 1). Эти органеллы окружены клеточной мембраной и в матриксе содержат микротрубочки. Чаще всего тельца расположены возле ядер эндотелиоцитов, но встречаются и рядом с транспортными коммуникациями эндотелиальных клеток – трансэндотелиальными каналами или межклеточными контактными комплексами. По направлению к вершущке роста число специфических эндотелиальных телец возрастает (рис. 2).

В растущих микрососудах четко прослежено изменение в содержании органелл в цитоплазме эндотелиоцитов. Уже с переходной зоны по направлению к вершущке роста происходит снижение содержания микровезикул, повышение содержания органелл синтетического аппарата клетки и появление, а затем и увеличение содержания специфических эндотелиальных телец Вейбеля – Паладе.

Повышенное содержание митохондрий и расширенных цистерн эндоплазматической сети, по-видимому, характеризует активизацию синтетической активности эндотелия. А специфические тельца Вейбеля – Паладе, содержание которых

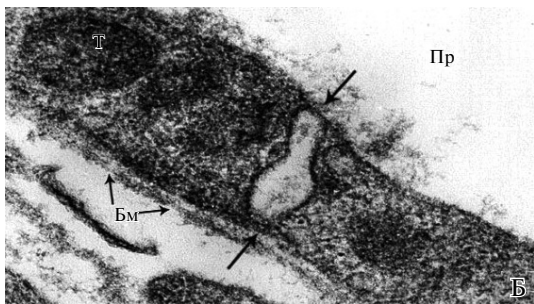
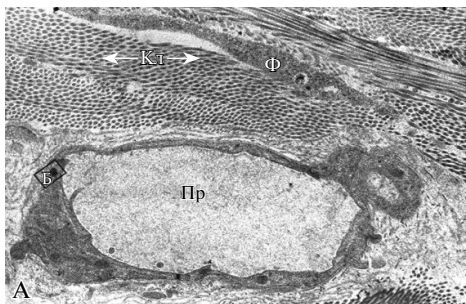


Рис. 1. Ультратонкий срез растущего микрососуда переходной зоны: А – косой срез растущего микрососуда, ув. 6000; Б – специфическое эндотелиальное тельце в эндотелиоците растущего микрососуда, фрагмент рис. А, ув. 21000; Пр – просвет растущего сосуда; Кл – пучки коллагеновых фибрилл собственного вещества роговицы глаза кролика; Ф – фибробласт

Рис. 2. Трансэндотелиальный канал в переходной зоне (обозначен стрелками): Пр – просвет растущего сосуда с пероксидазой; БМ – базальная мембрана сосуда (двойными стрелками обозначен контактный комплекс); П – перicyт, Т – тельце Вейбеля – Паладе, ув. 36 000

в эндотелиоцитах верхушки ростка продолжает оставаться высоким, выделяют активные вещества – гистамин и гепарин и тем самым непосредственно влияют как на состояние подлежащего субстрата, так и на силу сцепления контактирующих эндотелиальных клеток. Это согласуется с данными Y. Takeshige и S. Fujimoto [13], установившими повышение подвижности эндотелиоцитов пупочных сосудов при действии гистамина.

По нашему мнению, которое базируется на высказанном ранее наблюдении S. Weiss и J. Faulkner [15] о том, что в эндотелии растущих микрососудов встречаются специфические эндотелиальные тельца Вейбеля – Паладе, и исходя из наших собственных результатов, появление в эндотелиоцитах растущих микрососудов этих органелл специального назначения – телец Вейбеля – Паладе – служит определяющим признаком изменения функциональной активности эндотелиальных клеток.

Второе важное замечание о функциональной активности телец вытекает из того факта, что их появление и увеличение присутствия в эндотелиоцитах растущих капилляров сопровождается снижением содержания других основных органелл эндотелиальных клеток – микровезикул. Именно микровезикулы, по мнению G. Palade [11], являются основным параметром дифференцированности и зрелости эндотелиоцитов. Из этого заключения следует, что снижение содержания микровезикул происходит при уменьшении уровня дифференцированности и степени зрелости эндотелиальных клеток, что наблюдается на протяжении роста. От основания растущего капилляра по направлению к его верхушке на 9-е сутки роста выражена дедифференцировка эндотелиальных клеток и появление в области верхушки ростка эндотелиобластов. Учитывая, что по мере снижения дифференцированности и зрелости эндотелия мы наблюдали в эндотелиальных клетках появление и повышение содержания

специфических эндотелиальных телец Вейбеля – Паладе, можно сделать вывод о том, что эти органеллы не только характеризуют изменение функциональной активности эндотелиальных клеток, но и свидетельствуют о снижении уровня дифференцированности и степени зрелости эндотелиоцитов при вторичном ангиогенезе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов В. В., Воробьева Н. Ф.* Тучные клетки // Новосибирск: Наука, 1973.
2. *Гурин Я. В.* Морфологический анализ новообразованных сосудов и клеточного микроокружения // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. Т. 147. № 11. С. 593–596.
3. *Гурина О. Ю., Караганов Я. Л.* Строение новообразованных капилляров роговицы кролика (электронно-микроскопическое исследование) // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1984. Т. 87. № 8. С. 49–57.
4. *Гурина О. Ю., Куприянов В. В., Миронов А. А., Миронов В. А.* Механизмы неоваскулогенеза и его регуляции во взрослом организме // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1985. Т. 88. № 1. С. 9–24.
5. *Караганов Я. Л., Кердиваренко Н. В., Левин В. Н.* Микроангиология. Атлас // Кишинев: Штиинца, 1982.
6. *Симагин Э. И., Димитров Н. Т.* Динамика развития кровеносных сосудов во вновь образованной соединительной ткани // Вопросы функциональной микроангиологии и микроциркуляции. М., 1972. Т. 4. Вып. 1. С. 85–89.
7. *Шахламов В. А.* Капилляры. М.: Медицина, 1971.
8. *Bariety J., Richer D., Appay M. D., Grossetete J., Callard P.* Frequency of intra-endothelial virus-like particles: an electron microscopy study of 376 renal biopsies // J. Clin. Pathol. 1973. Vol. 26. P. 21.
9. *Fujimoto S.* Histamine determination of the endothelial specific granules // Electron Microscopy. 1982. Vol. 3. P. 561–562.
10. *Jamagami I.* Electronmicroscopic study on the cornea. The mechanism of experimental new vessels formation // Lapan. J. Ophthal. 1970. Vol. 14. P. 41–58.
11. *Palade G. E.* Blood capillaries of the heart and other organs // Circulation. 1961. Vol. 24. P. 368–388.
12. *Ross U. P.* Fine structure of an organelle associated with the nucleus and cytoplasmia microtubules the cellular slime mould *Polysplondylium violaceum* // J. Cell Sci. 1975. Vol. 18. P. 315–326.
13. *Takeshige Y., Fujimoto S.* Ultrastructural modifications of endothelial cells by changes of the vascular function // Recent. Adv. Clin. Microcircular. Res., Basel. 1977. Part 2. P. 364–369.
14. *Weibel E., Palade G.* New cytoplasmic components in arterial endothelia // J. Cell. Biol. 1964. Vol. 23. P. 101–112.
15. *Weiss S. W., Faulkner J. A.* Revascularization of skeletal muscle transplanted into the hamster cheek pouch: electron microscopy // Microvasc. Res. 1983. Vol. 26. P. 65–73.