

УДК 611.843.018.019:616-076.4
DOI: 10.24061/1727-0847.22.1.2023.06

Є. В. Пальтов

Кафедра нормальної анатомії (зав. – проф. Л. Р. Матешук-Вацеба) Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького

УЛЬТРАСТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ КЛІТИННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ШАРАХ СІТКІВКИ ЩУРА В НОРМІ

Резюме. Використання експериментальних тварин із метою вивчення в динаміці морфологічних змін вимагає глибоких знань вихідних показників будови досліджуваного об'єкта в нормі. У наукових вітчизняних і зарубіжних медичних публікаціях приділяється велике значення дослідженню сітківки в нормі та процесам зміни її структурної реорганізації за умов впливу різних нозологій. Беручи до уваги складність будови сітківки та її роль у здобутті інформації з оточуючого середовища, важливо розуміти особливості її пошарової організації з метою створення морфологічного субстрату для подальшого проведення співставлення експериментального матеріалу і порівняння його з вихідними показниками норми та результатами, отриманими на різних термінах протікання експериментально відтвореної патології. Мета дослідження: з'ясувати особливості пошарової будови клітинних елементів сітківки на ультраструктурному рівні в нормі. Матеріал і методи. Матеріалом дослідження слугували статевозрілі, безпородні щури – 10 самців, маса кожного – 160,0 г, вік – 4-5 місяців. Перед забором матеріалу дослідної ділянки тварину виводили з експерименту за допомогою діетилового ефіру. Як матеріал для ультраструктурного дослідження використали очні яблука щурів. Ультраструктурні препарати готували за загальноприйнятною методикою. У результаті проведеного нами дослідження сітківки інтактної групи тварин її шари зберігали чітку стратифікаційну архітектоніку. Шар пігментного епітелію локалізується на мембрані Бруха, судини хоріоїдеї містять поодинокі еритроцити та плазму крові. Ядра пігментного епітелію збережені, базальні складки плазмолемі чітко контуровані. Дрібні фагосоми розташовуються в цитоплазмі пігментного епітелію в один або два ряди. Апікальні мікроворсинки пігментного епітелію збережені, міжфоторецепторний простір герметичний. Мембранні диски зовнішніх сегментів паличок чітко контуровані. Цитоплазматичний перешийок між зовнішніми та внутрішніми сегментами фоторецепторів цілісний. Зовнішня погранична мембрана інтенсивноосміофільна, збережена. Ядра фоторецепторів у зовнішньому ядерному шарі чітко контуровані. Синаптична зона зовнішнього сітчастого шару містить синаптичні мембрани та синаптичні везикули. У внутрішньому ядерному шарі розташовуються ядра горизонтальних і біполярних клітин, ядра клітин Мюллера та ядра амакринових клітин. Просвіти судин внутрішнього сітчастого шару не розширені, містять поодинокі еритроцити. Ядра та перикаріони гангліонарних клітин розташовуються в один або два ряди. Цитоплазматичні структури великих гангліонарних клітин збережені.

Ключові слова: сітківка, ультраструктура, норма, око, щур.

У наукових вітчизняних і зарубіжних медичних публікаціях приділяється велике значення дослідженню сітківки в нормі та процесам зміни її структурної реорганізації за умов впливу різних нозологій. Існує низка робіт, у яких висвітлюються питання щодо ролі сітківки в патогенезі розвитку інволютивних макулодигенеративних змін [1-3]. Поруч із цим ретинопатії різного генезу і досі лишаються мало вивченими. Беручи до уваги складність будови сітківки та її роль у здобутті інформації з оточуючого середовища, важливо розуміти особливості її пошарової організації з метою ство-

рення морфологічного субстрату для проведення порівняльного аналізу експериментального матеріалу з вихідними показниками норми а співставлення цих даних з результатами, отриманими на різних термінах протікання експериментально відтвореної патології [4-8]. Нині в зарубіжній і вітчизняній фаховій літературі є достатньо інформації щодо будови сітківки на ультрарівні, але ми вирішили доповнити і розширити це питання власними дослідженнями, що стосуються особливостей ультраморфологічної організації шарів досліджуваного об'єкта. Саме тому метою нашого дослідження ста-

ло вивчення особливостей пошарової стратифікації сітківки та ланок її гемомікроциркуляторного русла на ультраструктурному рівні в нормі. Враховуючи вищезазначене, вважаємо, що це дослідження є актуальним як з точки зору експериментальної морфології, так і практичної офтальмології.

Мета дослідження: з'ясувати особливості пошарової будови клітинних елементів сітківки на ультраструктурному рівні в нормі.

Матеріал і методи. Матеріалом дослідження слугували статевозрілі, безпородні щури – 10 самців, маса кожного – 160,0 г, вік – 4-5 місяців. Усі тварини перебували в умовах віварію, і робота, що стосувалася питань утримання, догляду, маркування та всі інші маніпуляції проводилися із дотриманням положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» [Стразбург, 1985], «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики [Київ, 2001], а також у відповідності до положень ARVO (The Association for research in vision and ophthalmology) щодо використання тварин в офтальмологічних дослідженнях. Комісією з біоетики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького встановлено, що проведені наукові дослідження відповідають етичним вимогам згідно з наказом МОЗ України № 231 від 01.11.2000 року (протокол № 10 від 26.12.2011 року). Перед заборою матеріалу дослідної ділянки тварину виводили з експерименту за допомогою діетилового ефіру. Як матеріал для ультраструктурного дослідження використали очні яблука щурів із врахуванням збереження топографічного співвідношення оболонок ока. Ультраструктурні препарати готували за загальноприйнятою методикою [9].

Результати дослідження та їх обговорення:

У результаті проведеного дослідження встановлено чітку пошарову диференціацію та збереження морфологічної архітекτονіки пігментного епітелію, фоторецепторів, асоціативних нейронів і гліальних елементів, яка відповідає нормі статевозрілих самців щурів. Пігментний епітелій локалізується на базальному комплексі (мембрані Бруха), що належить до хоріокапілярного шару власне судинної оболонки. Просвіти судин мембрани Бруха містять поодинокі еритроцити та помірну кількість плазми крові (рис. 1). Мембрана Бруха представлена пенталамінарою структурою, до складу якої входять базальна мембрана пігментного епітелію, внутрішній колагеновий шар, шар еластичних волокон, зовнішній колагеновий шар, базальна мембрана клітин ендотелію хоріо-капілярів.

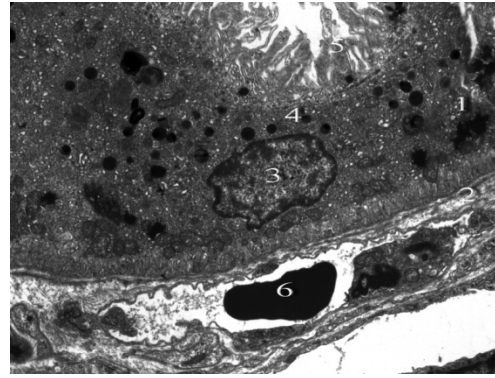


Рис. 1. Ультраструктура базального комплексу хоріокапілярного шару власне судинної оболонки ока щура в нормі. Зб. х 3000: 1 – пігментний епітелій; 2 – мембрана Бруха; 3 – ядро з периферично розташованим хроматином; 4 – фагосоми в цитоплазмі; 5 – апікальні мікрворсинки; 6 – еритроцит у просвіті судин власне судинної оболонки

Клітини одношарового кубічного пігментного епітелію полігональні, їх базальна (склеральна) сторона обернена до судинної оболонки, а апікальна (вітреальна) до фоторецепторів. Цитоплазма пігментного епітелію середньої електронної щільності. У базальній зоні цитоплазми пігментного епітелію візуалізуються добре контуровані базальні складки плазматичної мембрани (рис. 2), мікротрубочки, значна кількість мітохондрій овальної або округлої форми. Тонкі світлі кристи мітохондрій виражені чітко, мітохондріальний матрикс електроннощільний.

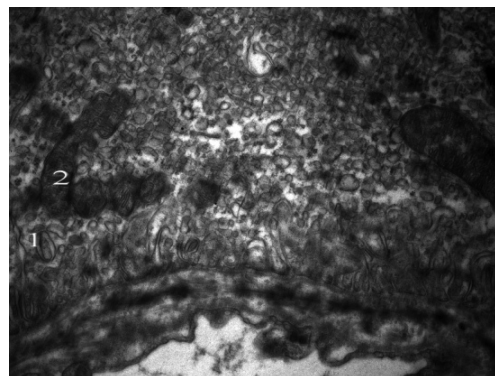


Рис. 2. Ультраструктура пігментного епітелію оболонки ока щура в нормі. Зб. х 9000: 1 – складки базальної плазмолемі пігментного епітеліоцита; 2 – мітохондрії у цитоплазмі базальної частини клітини

Ядра пігментного епітелію переважно овальної форми, дещо витягнуті горизонтально, локалізуються в середній частині цитоплазми, дещо зміщені базально (рис. 3). Центральна частина нуклеоплазми ядер заповнена електронно-світлим еухроматином, грудочки конденсованого гетерохроматину локалізуються переважно периферично, поблизу внутрішньої поверхні нуклеолемі.

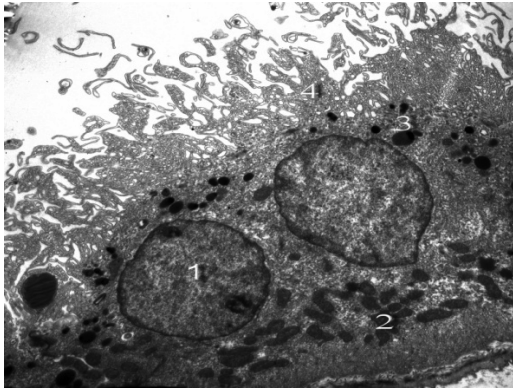


Рис. 3. Ультраструктура пігментного епітелію оболонки ока щура в нормі. Зб. x 3000: 1 – ядра пігментного епітелію; 2 – чисельні мітохондрії в базальній частині цитоплазми пігментного епітелію; 3 – осміофільні фагосоми в апікальних відділах цитоплазми; 4 – апікальні мікроворсинки

Поблизу ядра розташовується невеликий комплекс Гольджі, цистерни якого містять електроннопрозорий матеріал, що вказує на високу секреторну активність клітин пігментного епітелію. У всіх ділянках цитоплазми, окрім цитоплазми апікальних відростків, локалізуються добре виражені каналці агранулярної ендоплазматичної сітки, дрібні лізосоми. Між собою клітини пігментного епітелію з'єднані за допомогою термінальних смуг, на яких візуалізуються десмосоми. Внутрішня третина цитоплазми пігментного епітелію містить дифузно розташовані рибосоми та полісоми, поодинокі каналці гранулярної ендоплазматичної сітки з прикріпленими рибосомами, чисельні дрібні лізосоми, меланосоми, виразно осміофільні фагосоми (див. рис. 1, 3), що розташовуються в один або два ряди, об'ємні вакуолі, дискретні темні частинки та пластинчасті тільця, які є фрагментами зовнішніх сегментів фоторецепторів, що фагоцитуються пігментним епітелієм і перебувають на різних стадіях лізису. В апікальних відділах цитоплазми пігментного епітелію також локалізуються дрібні піноцитозні міхурці та мікрофіламенти.

Апікальна поверхня пігментного епітелію контактує з зовнішніми сегментами фоторецепторів завдяки наявності мікроворсинок (див. рис. 1, 3). Довгі мікроворсинки пігментного епітелію простягаються до внутрішніх сегментів фоторецепторів. Між цитоплазматичною мембраною мікроворсинок пігментних епітеліоцитів і мембраною зовнішніх сегментів фоторецепторів локалізується щілоподібний простір, що заповнений міжфоторецепторним матриксом. У фотосенсорному шарі розташовуються цитоплазматичні вирости, що відгалужуються від тіл паличок або колбочок і є дендритами фоторецепторних клітин. Апікальні кінці зовнішніх сегментів фоторецепторів прилягають

до апікальної поверхні цитоплазми пігментного епітелію та інвагінуються у неї. У периферичній ділянці сітківки щурів переважають палички, колбочки зустрічаються рідше. Фоторецепторні клітини складаються з зовнішнього сегмента, зв'язуючого відділу, внутрішнього сегмента, перикаріона та аксона. Зовнішні сегменти паличок впорядковано розміщені вздовж зорової вісі, витягнутої циліндричної форми, тонші, ніж в колбочках, містять щільно упаковані, добре контуровані, горизонтально розташовані мембранні диски, із замкненою плазмолемою, що відділені від зовнішньої цитоплазматичної мембрани (рис. 4).

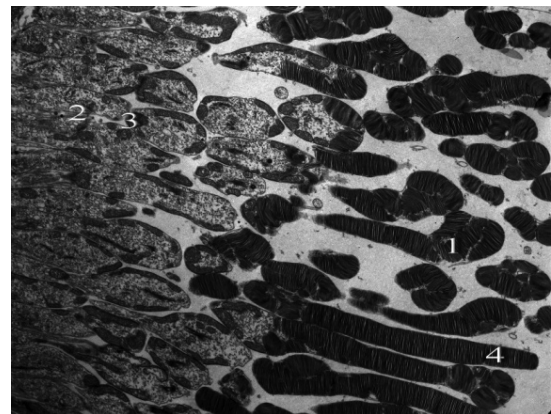


Рис. 4. Ультраструктура фотосенсорного шару ока щура в нормі. Зб. x 1900: 1 – зовнішні сегменти фоторецепторів; 2 – внутрішні сегменти фоторецепторів; 3 – мітохондрії внутрішніх сегментів фоторецепторів; 4 – контуровані мембранні диски внутрішніх сегментів фоторецепторів

У зовнішніх сегментах колбочок плазмолема утворює незамкнені складки (напівдиски), з'єднуючись із кожним диском з однієї сторони. Зовнішні та внутрішні сегменти фоторецепторних клітин з'єднані одні з одними вузьким цитоплазматичним перешийком, що містить модифіковану війку. Внутрішні сегменти фоторецепторів поділяються на зовнішню еліпсоїдну та внутрішню міоїдну частини. В основі внутрішнього сегменту фоторецепторів локалізується базальне тільце, що містить одну пару центріолей. Війка складається з мікротрубочок, що розташовуються концентрично.

Від базального тільця відгалужуються пучки філаментів, що простягаються перпендикулярно еліпсоїдній частині цитоплазми і закінчуються в міоїдній ділянці цитоплазми. Цитоплазма еліпсоїдній частині містить значну кількість щільно розташованих видовжених мітохондрій, які вирівняні по колу вздовж осі фоторецептора (рис. 5, 6), а також чисельні каналці гладкої та гранулярної ендоплазматичної сітки, мікротрубочки, вільні рибосоми та гранули глікогену. У міоїдній частині

внутрішніх сегментів фоторецепторів розташовується значна кількість каналців гранулярної ендоплазматичної сітки з прикріпленими рибосомами, комплекс Гольджі, мікротрубочки та мікрофіламенти, гранули глікогену.

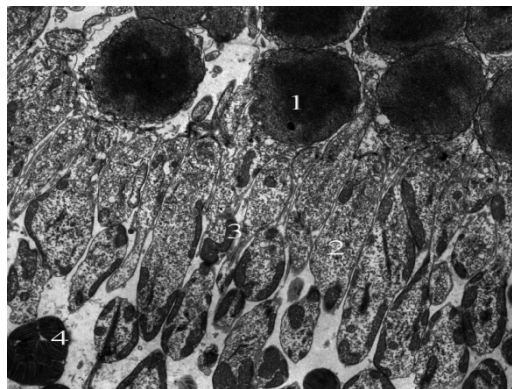


Рис. 5. Ультраструктура фоторецепторних клітин ока щура в нормі. Зб. x 2200: 1 – ядра фоторецепторних клітин; 2 – внутрішні сегменти фоторецепторів; 3 – видовжені мітохондрії внутрішніх сегментів фоторецепторів; 4 – мембранні диски зовнішніх сегментів фоторецепторів

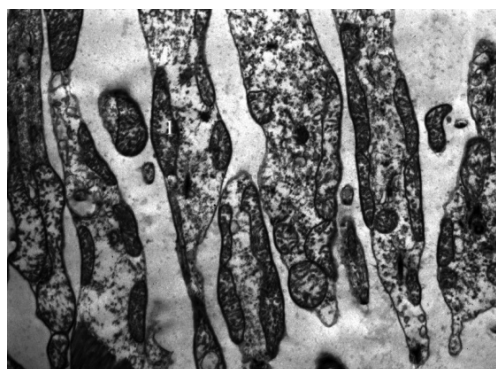


Рис. 6. Ультраструктура фотосенсорного шару ока щура в нормі. Зб. x 4500: 1 – мітохондрії у цитоплазмі внутрішніх сегментів фоторецепторів

Зовнішні відростки клітин Мюллера з'єднуються з внутрішніми сегментами фоторецепторів, огортають їх, формують десмосоми, осміофільна лінія яких утворює зовнішню гліальну мембрану. На рівні зовнішньої гліальної мембрани апікальні кінці клітин Мюллера містять густу мережу мікроворсинок. Зовнішня погранична мембрана утворена нагромадженням термінальних пластинок, які локалізуються між клітинами Мюллера та фоторецепторними клітинами, а також між суміжними клітинами Мюллера, рідше між сусідніми фоторецепторами. У зовнішньому ядерному шарі локалізуються ядровмісні ділянки тіл фоторецепторних клітин, а також розгалуження волокон клітин Мюллера. У сітківці щурів переважають паличкові нейрони. Ядра паличок переважно округлої форми. Розмір ядер паличок і насиченість їх гете-

рохроматином незначно коливаються. Поодинокі овальні ядра колбочок розташовуються поблизу зовнішньої пограничної мембрани, дещо більших розмірів, ніж у паличках, овальної форми, заповнені переважно еухроматином, містять кілька об'ємних скупчень гетерохроматину в різних ділянках нуклеоплазми (рис. 7). Навколо ядер фоторецепторних клітин візуалізується вузька ділянка цитоплазми, що заповнена переважно рибосомами та полісомами.

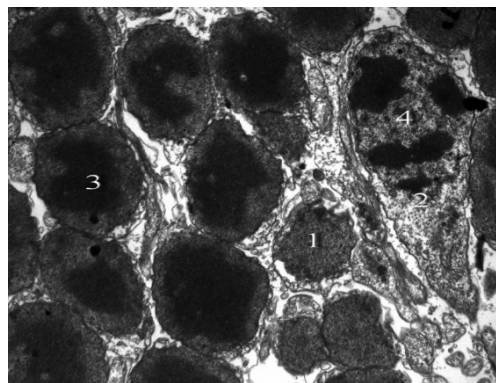


Рис. 7. Ультраструктура зовнішнього ядерного шару ока щура в нормі. Зб. x 3000: 1 – ядра фоторецепторних клітин паличок; 2 – ядра фоторецепторних клітин колбочок; 3 – гетерохроматин у ядрах паличок розташований щільною масою у центрі ядра; 4 – овальне ядро колбочки містить скупчення гетерохроматину

У зовнішньому сітчастому шарі розташовується синаптична зона, у якій пресинаптичні закінчення аксонів фоторецепторів формують синапси з постсинаптичними дендритами біполярних і горизонтальних клітин. Синаптичний комплекс палички з другим нейроном здійснюється за рахунок пресинаптичної сфери (овального розширення цитоплазми аксона), синаптичної стрічки та постсинаптичних відростків горизонтальних і біполярних клітин. У зовнішньому сітчастому шарі візуалізуються чисельні, добре контуровані синаптичні стрічки. Також присутні ділянки, де візуалізуються плоскі синапси без синаптичних стрічок. Поблизу синаптичної щілини зростає електронна щільність пре- та постсинаптичної мембран. Сфера містить чисельні пресинаптичні міхурці, мітохондрії, нейротрубочки. Аксонні термінали колбочок формують «ніжки» пірамідальної форми, які інвагінуються у постсинаптичні термінали горизонтальних клітин і біполярної клітини. У внутрішньому ядерному шарі декількома рядами розташовуються ядра горизонтальних, біполярних, амакринових клітин, гліальних клітин Мюллера та міжплексиформних клітин. На межі із зовнішнім сітчастим шаром розташовуються овальні або грушоподібні тіла горизонтальних клітин, які не формують суціль-

ного шару. Ядра горизонтальних клітин об'ємні, округлі. Каріоплазма ядер горизонтальних клітин заповнена переважно еухроматином, містить дуже дрібні грудочки гетерохроматину. Навколо ядер горизонтальних клітин локалізується цистерни та везикули комплексу Гольджі. Біполярні клітини, які є другим нейроном зорового тракту, багатокутної форми, з дещо вужчим, ніж в горизонтальних клітин обідком цитоплазми. Ядра біполярних клітин меншого розміру, ніж ядра горизонтальних клітин, округлої або овальної форми, з одним або двома ядерцями, містять значну кількість рівномірно розподіленого гетерохроматину (рис. 8). Цистерни комплексу Гольджі та центріолі біполярних клітин розташовуються у ділянці відгалуження великого дендриту. У цитоплазмі тіла біполярних клітин також візуалізується гранулярна ендоплазматична сітка, мітохондрії, полісоми, гладка ендоплазматична сітка, а в дендритах – мікротрубочки, дрібні везикули та мікрофіламенти.

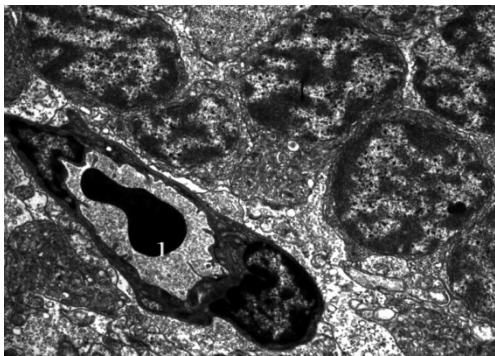


Рис. 8. Ультраструктура гемокapіляру на межі зовнішнього сітчастого та внутрішнього ядерного шарів ока щура в нормі. Зб. x 3000: 1 – еритроцит та елементи плазми крові у просвіті гемокapіляра

Між ядрами біполярних та амакринових клітин розташовуються ядра клітин Мюллера. Ядра клітин Мюллера відокремлюють склерально розташовані ядра горизонтальних і біполярних клітин від ядер амакринових клітин, які розташовуються вітреально. Цитоплазма клітин Мюллера має гетерогенну будову в різних частинах клітини. Цитоплазма зовнішньої (склеральної) частини відростків клітин Мюллера пронизана чисельними мікротрубочками, містить значну кількість гранул глікогену, мітохондрії, гладка ендоплазматична сітка представлена окремими видовженими каналцями. Амакринові клітини колбовидної форми, їх округлі ядра розташовуються дещо зсередини від клітин Мюллера. Цитоплазма амакринових клітин містить чисельні мітохондрії, гранулярну ендоплазматичну сітку, ліпідні включення. На внутрішній поверхні амакринових клітин, недалеко від ядра розташовується війка.

Внутрішній сітчастий шар містить аксони біполярних нейронів, їх синапси із дендритами мультиполярних нейронів, відростки та гліальні елементи. У цьому шарі також локалізується добре розвинута судинна сітка. Внутрішній сітчастий шар у щура об'ємний, широкий, аксоплазма більшості аксонів електроннопрозорі, рідше середньої електронної щільності, містить мітохондрії, дрібні міхурці та дрібну зернистість середньої електронної щільності (рис. 9).

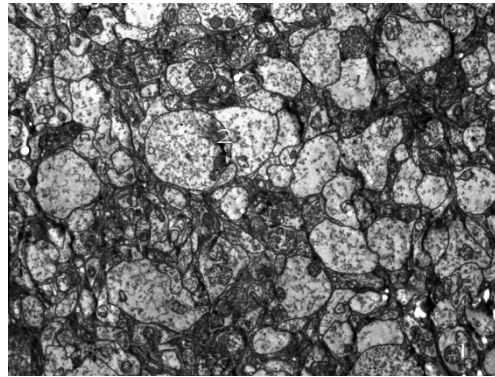


Рис. 9. Ультраструктура компонентів сітчастого шару ока щура в нормі. Зб. x 2200: 1 – мітохондрії у аксоплазмі аксонів; 2 – інтенсивноосміофільні синаптичні мембрани

Синаптичні мембрани інтенсивноосміофільні, поблизу пресинаптичних ділянок візуалізуються синаптичні міхурці. Синаптичні контакти аксонів біполярних нейронів із відростками амакринових клітин і дендритами утворюють «діаду». Відростки амакринових клітин контактують з аксонами біполярних клітин та дендритами гангліонарних клітин. У внутрішньому сітчастому шарі наявні два типи синапсів, що притаманні лише амакриновим клітинам: реципрокний і послідовний синапси. У реципрокному синапсі відросток амакринової клітини в діаді утворює синапс із термінальною біполярної клітини. Послідовний синапс складається з двох послідовно розташованих синапсів між двома відростками амакринових клітин, а третій синапс формується з дендритами гангліонарної клітини, аксоном біполярної клітини і відростком амакринової клітини.

Гангліонарний шар сітківки містить тіла та ядра гангліонарних клітин, що відділені одні від одних внутрішніми відростками клітин Мюллера, розташовуються в один або два ряди, поодинокі амакринові клітини, внутрішні відростки клітин нейроглії, кровеносні судини. Зустрічаються гангліонарні клітини різного розміру, що розташовуються в один або два ряди. Ядра великих гангліонарних клітин дуже об'ємні, в основному заповнені еухроматином, містять рівномірно

розподіленні чисельні гранули гетерохроматину та електроннощільне ядро (рис. 10).

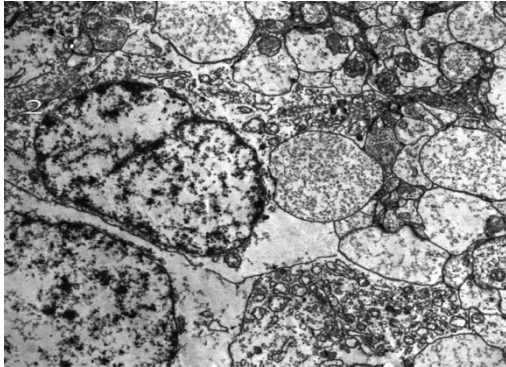


Рис. 10. Ультраструктура компонентів внутрішнього сітчастого шару ока щура в нормі. Зб. x 2200: 1 – ядра гангліонарних клітин; 2 – каналці гранулярної ендоплазматичної сітки у цитоплазмі гангліонарних клітин

У цитоплазмі великих гангліонарних клітин локалізується добре розвинені каналці гранулярної ендоплазматичної сітки, з фіксованими чисельними рибосомами, комплекс Гольджі, дифузно розподілені каналці гладкого ендоплазматичного ретикулуму, мітохондрії, полісоми, нейрофіламенти, дрібні везикули. Ядра дрібних гангліонарних клітин невеликого розміру, містять значну кількість гетерохроматину, оточені вузьким обідком цитоплазми, що бідна органелами. У шарі нервових волокон локалізуються немієлінізовані аксони гангліонарних нейронів, значна кількість капілярів і центрифугальні (еферентні) волокна. Аксони гангліонарних клітин із світлою аксоплазмою, оточені відростками клітин Мюллера та інших гліальних елементів. Аксоплазма аксонів гангліонарних клітин містить мікрофіламенти та мікротрубочки, поодинокі мітохондрії, каналці гладкого ендоплазматичного ретикулуму. Внутрішня погранична мембрана утворює самий внутрішній шар сітківки, що межує з скловидним тілом. Внутрішня погранична мембрана містить колагенові волокна та протеоглікани, базальну мембрану і плазматичну мембрану клітин Мюллера та інших гліальних клітин.

У стінці артерій сітківки відсутня внутрішня еластична мембрана, базальна мембрана ендотеліоцитів зростається з базальною мембраною гладких міоцитів. Гладкі міоцити артерій розташовуються у декілька шарів, а в адвентиції локалізуються концентрично розміщені колагенові волокна. Між адвентицією судин та аксонами гангліонарних судин розташовуються базальні мембрани гліальних клітин та клітин Мюллера. Вени вистелені ендотелієм плоскої форми. Їх стінка містить еластичні волокна, поодинокі гладкі мі-

оцити. Зовні вени оточені адвентицією, що відділена від нейральної тканини тонким шаром гліальних клітин, цитоплазматичні відростки яких влітають в адвентицію. У межах зорового нерва вени оточені сполучнотканинними структурами оболонки нерва. Зменшення діаметру судин супроводжується заміною гладких міоцитів перичитами. Артеріоли, що розташовуються поблизу зовнішньої пограничної мембрани містять у своїй стінці гладкі міоцити. Базальна мембрана ендотеліоцитів, як і в стінці артерій, зростається з базальною мембраною міоцитів. Між гладкими міоцитами і відростками гліальних клітин локалізуються вузька смужка колагенової тканини. Сітка капілярів локалізується від шару гангліонарних клітин до внутрішнього ядерного шару. Кількість перичитів навколо капілярів значна. Базальна мембрана перичитів добре виражена, прилягає до базальної мембрани ендотеліоцитів. Ендотеліальні клітини капілярів плоскої форми, розташовані на однорідній базальній мембрані, з'єднані між собою за допомогою складної системи міжклітинних контактів: поблизу апікальних поверхонь наявні запірні пластинки, а між тілами клітин наявні чисельні пальцеподібні вдавлення. У цитоплазмі ендотелію капілярів сітківки відсутні фенестри, наявні чисельні сферичні везикули, поодинокі мітохондрії та каналці гладкого ендоплазматичного ретикулуму. З апікальної поверхні ендотелію у просвіт капілярів виступають мікроворсинки.

Гліальна система сітківки представлена клітинами Мюллера, астроцитами, олігодендроцитами, мікроглією та периваскулярними астроцитами. Тіла астроцитів овальної або полігональної форми. Фіброзні астроцити містять значну кількість мікрофіламентів і меншу кількість мітохондрій. Тіла та ядра протоплазматичних астроцитів локалізуються в шарі нервових волокон, а товсті відростки розташовуються у внутрішньому сітчастому шарі. У їх ядрах візуалізуються грубі зерна гетерохроматину. Цитоплазма протоплазматичних астроцитів містить мікрофіламенти, добре розвинений ендоплазматичний ретикулум, мітохондрії видовженої форми, центріолі, війки, гранули глікогену. Відростки астроцитів тісно контактують з кровоносними судинами утворюючи щільні контакти. Олігодендроцити овальної або округлої форми, невеликого розміру, локалізуються в гангліонарному шарі групами по 2-3 клітини поблизу великих гангліонарних клітин. Невелике ядро олігодендроцитів розташоване в центрі ядра. Навколо ядра кільцеподібно нагромаджується гетерохроматин. Цитоплазма вузька, поруч з ядром локалізується невеликий комплекс Гольджі. У цитоплазмі олігодендроцитів також роз-

ташовується одна пара центріолей, коротка війка, дрібні везикули. Мікрогліальні клітини, цитоплазматичні відростки яких направляються до капілярів, найчастіше є сателітами гангліонарних клітин. У цитоплазмі мікрогліальних клітин локалізуються чисельні каналці гранулярної та ендоплазматичної сітки з фіксованими рибосомами, лізосоми, поодинокі мікротрубочки.

Висновки. 1. При дослідженні сітківки інтактною групи тварин її шари зберігали чітку стратифікаційну архітектуру, що відповідає морфологічній нормі. Шар пігментного епітелію локалізується на чітко контурованій мембрані Бруха, судини хоріоїдеї містять поодинокі еритроцити та помірну кількість плазми крові. Ядра пігментного епітелію збережені, базальні складки плазмолем чітко контуровані, поруч з ними локалізуються чисельні мітохондрії. Дрібні інтенсивноосміофільні фагосоми розташовуються в цитоплазмі пігментного епітелію в один або два ряди. Апікальні мікроворсинки пігментного епітелію збережені, розташовані впорядковано, міжфоторецепторний простір герметичний. 2. Мембранні диски зовнішніх сегментів паличок чітко контуровані, розміщені впорядковано. Цитоплазматичний перешийок між зовнішніми та внутрішніми сегментами фоторецепторів цілісний, структурні компоненти еліпсоїдної та міоїдної частини внутрішніх сегментів

фоторецепторів збережені. Зовнішня погранична мембрана інтенсивноосміофільна, збережена. Ядра фоторецепторів у зовнішньому ядерному шарі розташовані впорядковано, чітко контуровані. Синаптична зона зовнішнього сітчастого шару містить чітко впорядковані інтенсивноосміофільні синаптичні мембрани та чисельні синаптичні везикули. У внутрішньому ядерному шарі впорядковано розташовуються ядра горизонтальних і біполярних клітин, видовжені ядра клітин Мюллера та ядра амакринових клітин. 3. Просвіти судин внутрішнього сітчастого шару не розширені, містять поодинокі еритроцити. Ядра та перикаріони гангліонарних клітин розташовуються в один або два ряди. Цитоплазматичні структури великих гангліонарних клітин, серед яких домінує гранулярна ендоплазматична сітка збережені.

Перспективи подальших досліджень. Вивчення ультраструктурної організації клітинного представництва та співставлення їх у шарах сітківки щура нормі в майбутньому дасть можливість проведення порівняльної характеристики, щодо процесів динаміки наростання патологічних змін у шарах сітківки, що в подальшому буде слугувати базовим морфологічним підґрунтям для визначення та вибору термінів проведення медикаментозної корекції при експериментальному опіоїдному впливі.

Список використаної літератури

1. Cai J, Nelson KC, Wu M, Sternberg P Jr, Jones DP. Oxidative damage and protection of the RPE. *Prog Retin Eye Res.* 2000 Mar;19(2):205-21. doi: 10.1016/s1350-9462(99)00009-9.
2. Sjolie AK. Retinoprotection: new methods of altering the development and progression of retinopathy. *XXXU Nordic. Congress of Ophthalmol. Acta Ophthalm. Scandinavi.* 2002;80(4):415-23.
3. Fleckenstein M, Keenan TDL, Guymer RH, Chakravarthy U, Schmitz-Valckenberg S, Klaver CC, et al. Age-related macular degeneration. *Nat Rev Dis Primers.* 2021 May 6;7(1):31. doi: 10.1038/s41572-021-00265-2.
4. Герасимюк ІС, Шкільнюк ІМ. Особливості будови органа зору та його кровопостачання у кролів в нормі. *Вісник морфології.* 2010;16(3):516-20.
5. Кирик ХА. Морфологія судинної оболонки очного яблука щура в нормі і за умов цукрового діабету. *Вісник морфології.* 2005;11(1):36-8.
6. Матешук-Вацеба ЛР, Кирик ХА. Порівняльна анатомія ангіоархітектури судинної оболонки очного яблука людини і щура. *Вісник морфології.* 2003;9(2):217-8.
7. Матешук-Вацеба ЛР, Кирик ХА. Порівняльна морфологія судинної оболонки очного яблука людини і щура. *Практична медицина.* 2005;11(1):87-90.
8. Харковенко РВ, Пушкар МС, Яценко АМ. Лектинова гістохімія сітківки та зорового нерва щурів в нормі та при гіпергомоцистеїнемії. *Світ біології та медицини.* 2009;3(1):173-9.
9. Mulish M, Welsh U. *Romeis. Mikroskopische technic.* Heidelberg. 2010;127-54.

References

1. Cai J, Nelson KC, Wu M, Sternberg P Jr, Jones DP. Oxidative damage and protection of the RPE. *Prog Retin Eye Res.* 2000 Mar;19(2):205-21. doi: 10.1016/s1350-9462(99)00009-9.
2. Sjolie AK. Retinoprotection: new methods of altering the development and progression of retinopathy. *XXXU Nordic. Congress of Ophthalmol. Acta Ophthalm. Scandinavi.* 2002;80(4):415-23.

3. Fleckenstein M, Keenan TDL, Guymer RH, Chakravarthy U, Schmitz-Valckenberg S, Klaver CC, et al. Age-related macular degeneration. *Nat Rev Dis Primers*. 2021 May 6;7(1):31. doi: 10.1038/s41572-021-00265-2.
4. Herasymyuk IYE, Shkil'nyuk IM. Osoblyvosti budovy orhana zoru ta yoho krovopostachannya u kroliv v normi. *Visnyk morfolohiyi*. 2010;16(3):516-20. [in Ukrainian].
5. Kyryk KHA. Morfolohiya sudynnoyi obolonky ochnoho yabluka shchura v normi i za umov tsukrovoho diabetu. *Visnyk morfolohiyi*. 2005;11(1):36-8. [in Ukrainian].
6. Mateshuk-Vatseba LR, Kyryk KHA. Porivnyal'na anatomiya anhiioarkhitektoniky sudynnoyi obolonky ochnoho yabluka lyudyny i shchura. *Visnyk morfolohiyi*. 2003;9(2):217-8. [in Ukrainian].
7. Mateshuk-Vatseba LR, Kyryk KHA. Porivnyal'na morfolohiya sudynnoyi obolonky ochnoho yabluka lyudyny i shchura. *Praktychna medytsyna*. 2005;11(1):87-90. [in Ukrainian].
8. Kharkovenko RV, Pushkar MS, Yashchenko AM. Lektynova histokhimiya sitkivky ta zorovoho nerva shchuriv v normi ta pry hiperhomotsysteyinemiyyi. *Svit biolohiyi ta medytsyny*. 2009;3(1):173-9. [in Ukrainian].
9. Mulish M, Welsh U. Romeis. *Mikroskopiche technic*. Heidelberg. 2010;127-54.

ULTRASTRUCTURAL ORGANIZATION OF THE RETINA LAYERS OF THE RAT IN NORM

Abstract. The use of experimental animals with the aim of studying the dynamics of morphological changes requires deep knowledge of the initial indicators of the structure of the studied object in norm. In scientific medical literature, great importance belongs to the study of the retina in norm and the processes of changes in its structure under the influence of various nosologies. Considering the complexity of the retina structure and its role in the receiving information from the surrounding environment, it is important to understand the peculiarities of its layered organization in order to create a morphological basis for further comparing the experimental material and comparing it with the initial indicators of the norm with the results obtained at different periods of the experimentally reproduced pathology. The aim of the study was to find out the peculiarities of the layered structure of the cellular elements of the retina on the ultrastructural level in norm. **Material and methods.** The research material was 10 sexually mature, purebred male rats, weighing 160 g, aged 4.5 months. Before taking the material of the experimental area, the animal was removed from the experiment with the help of diethyl ether. Rat eyeballs were used as material for ultrastructural research. Ultrastructural samples were prepared according to the generally accepted method. As a result of our study of the retina of an intact group of animals, its layers preserved a clear stratification architecture. The layer of the pigment epithelium was localized on Bruch's membrane, choroidal vessels contained single erythrocytes and blood plasma. The nuclei of the pigment epithelium were preserved, the basal folds of the plasmolemma were clearly contoured. Small phagosomes were located in the cytoplasm of the pigment epithelium in one or two rows. The apical microvilli of the pigment epithelium were preserved, the interphotoreceptor space was hermetic. The membrane discs of the outer segments of the rods were clearly contoured. The cytoplasmic isthmus between the outer and inner segments of photoreceptors was intact. The outer boundary membrane was intensively osmophilic, preserved. Photoreceptor nuclei in the outer nuclear layer, clearly contoured. The synaptic zone of the outer reticular layer contained synaptic membranes and synaptic vesicles. The nuclei of horizontal and bipolar cells, the nuclei of Müller cells and the nuclei of amacrine cells were located in the inner nuclear layer. The lumens of the vessels of the inner reticular layer were not dilated, they contained single erythrocytes. Nuclei and perikaryons of ganglion cells were arranged in one or two rows. Cytoplasmic structures of large ganglionic cells were preserved.

Key words: retina, ultrastructure, norm, eye, rat.

Відомості про автора:

Пальтов Євгеній Володимирович – кандидат медичних наук, доцент кафедри нормальної анатомії Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького, м. Львів.

Information about the author:

Paltov Yevgeny V. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Anatomy of the Lviv National Medical University named after Danyla Halytskyi, Lviv.

Надійшла 26.01.2023 р.

Рецензент – проф. Я. І. Пенішкевич (Чернівці)