

УДК 617.7.13/16-013:617.7

Б.Г. Макар, І.І. Савка*

*Кафедра анатомії людини імені М.Г. Туркевича ВДНЗ України "Буковинський державний медичний університет", м. Чернівці, *кафедра нормальної анатомії Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького*

УЛЬТРАСТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ГЕМОМІКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА СУДИННОЇ ОБОЛОНКИ ОЧНОГО ЯБЛУКА ПЛОДА ЛЮДИНИ

Резюме. В статті наведені нові дані про ультраструктурну перебудову гемомікроциркуляторного русла судинної оболонки очного яблука в процесі внутрішньоутробного розвитку. Дослідження проведені на 18 плодах людини за допомогою методу електронної мікроскопії, встановлено особливості структурної перебудови судинного русла ока в пренатальному періоді онтогенезу. Результати дослідження описують етапи формування судинного русла переднього відділу очного яблука, його судинної оболонки в пренатальному періоді онтогенезу. З'ясовано, що формування вторинного гемомікроциркуляторного русла очного яблука людини починається з 4-го місяця внутрішньоутробного розвитку і завершується до кінця 8-го місяця пренатального періоду. Оскільки картина ангіоархітекτονіки очного яблука людини в процесі розвитку постійно змінюється в напрямі новоутворення ланок гемомікроциркуляторного русла, диференціації частин і шарів судинної оболонки, отримані результати роботи сприятимуть формуванню нових уявлень про становлення гемомікроциркуляторного русла ока.

Ключові слова: очне яблуко, ультраструктура, гемомікроциркуляторне русло, внутрішньоутробний розвиток.

Проблема перебудови судинного русла в процесі розвитку, утворення та росту судин посідає чільне місце у морфології людини [1, 2]. Фундаментальні дослідження закономірностей становлення гемомікроциркуляторного русла очного яблука в онтогенезі мають велике значення для успішного вирішення найактуальніших проблем офтальмології [3]. Пластичні властивості судинного русла ока тісно пов'язані з формуванням гемомікроциркуляторного русла органа зору в процесі внутрішньоутробного розвитку [4]. Незважаючи на актуальність і важливість проблеми, про структурні та функціональні особливості гемомікроциркуляторного русла очного яблука в пренатальному періоді онтогенезу виявляються лише поодинокі відомості [5].

Результати дослідження розвитку судинної оболонки очного яблука можуть слугувати основою, на яку зосереджують пильну увагу дослідники при вирішенні проблем клінічної офтальмології. Пізнання нормальних і патологічних процесів в їх структурно-функціональній єдності – основне завдання сучасної медицини.

Мета дослідження: з'ясувати особливості якісно-кількісних змін гемомікроциркуляторного

русла ока на різних етапах пренатального морфогенезу.

Матеріал і методи. Дослідження виконані на 18 плодах людини (4-8 місяців внутрішньоутробного розвитку). Матеріал дослідження представлений ультрамікроскопічними зрізами оболонок очей плодів людини. У всіх випадках вагітність не була ускладнена і завершувалася, як наслідок механічної травми або штучного переривання вагітності. Вік плодів встановлювали за результатами анамнезу, гінекологічно-акушерського огляду пацієнтки при її поступленні в лікарню, а також за величиною тім'яно-п'яткової довжини. Під час виконання роботи використовувався електронно-мікроскопічний метод дослідження. Здійснювався стандартний забір і проведення матеріалу для електронної мікроскопії. Ультратонкі зрізи готували на ультрамікромомі УЖТП-3 за допомогою скляних ножів. Для дослідження відбирали стрічки зрізів сріблястого або ніжно-цитринового кольору. Зрізи контрастували спочатку у 2% розчині ураніацетату, а потім – цитрату свинцю. Вивчення і фотографування матеріалу проводили з допомогою мікроскопа УЕМВ-100 К при напрузі прискорення 75 кВ

© Макар Б.Г., Савка І.І., 2015

і збільшеннях на екрані мікроскопу $\times 2000$ - $\times 15000$. Дослідження проведені згідно з методичними рекомендаціями "Дотримання етичних та законодавчих норм і вимог при виконанні наукових морфологічних досліджень" [6].

Результати дослідження та їх обговорення.

На 5-6 місяці внутрішньоутробного розвитку відбувається формування артеріальної і венозної ланок гемомікроциркуляторного русла судинної оболонки очного яблука плода людини. Артеріоли і венули розвиваються з протокапілярів. Спостерігається перебудова клітин, які розміщені безпосередньо біля ендотелію протокапілярів, в міоцити, перицити або адвентиціальні клітини, тобто в клітинні компоненти м'язової та адвентиціальної оболонок судини.

Змінюється форма і орієнтація ендотеліоцитів, а також характер контурів меж між ними, що свідчить про ланкову диференціацію. Ендотеліоцити артеріальних мікросудин, що розвиваються, мають веретеноподібну форму, межі між ними звивисті, ендотеліоцити венозних судин мають полігональну форму. Клітини паравазальної сполучної тканини змінюють свою орієнтацію вздовж поздовжньої осі судин, що є ознакою їх диференціації. Для артеріолярних мікросудин характерним є виразний поліморфізм форм і розмірів ендотеліоцитів. У веноулярних мікросудинах ендотеліальні клітини мають круглясту або овальну форму. Стінка артеріолярних мікросудин на цьому етапі розвитку складається з ендотеліальних клітин і елементів міобластичного ряду, які тісно прилягають до аблюмінальної поверхні ендотеліоцитів і перебудовуються у гладком'язові клітини. Гладком'язові клітини, що формуються, мають подовгасте ядро з електроннощільним вмістом, в якому визначаються розкидані брилки хроматину. Цитоплазма гладком'язових клітин на стадії формування має прояснений цитоплазматичний матрикс, містить багато мітохондрій з електроннощільною субстанцією, рибосом, комплекс Гольджі помірно виразний. Навколо плазмолем цих утворів цитоплазми помітне формування власної мембрани.

Навколосудинний простір заповнений тонкими волокнами і аморфним матеріалом середньої електронної щільності. Ендотелій артеріолярної мікросудини на стадії формування характеризується також широкою ділянкою, яка містить ядро і вибухає в просвіт судини. У перинуклеарній ділянці цитоплазми знаходяться мітохондрії, полісоми, паралельно орієнтовані мікротрубочки і мікрофіламенти (рис. 1).

На 7-8 місяці внутрішньоутробного розвитку



Рис. 1 Судинна оболонка очного яблука плода людини (6-й місяць внутрішньоутробного розвитку). Цитоплазма ендотеліоцита на ранніх стадіях спеціалізації вміщує дрібнозернисту гіалоплазму, мітохондрії, первинні лізосоми. Електронна мікрофотографія. Зб. $\times 15000$

завершується формування артеріолярної і веноулярної ланок гемомікроциркуляторного русла, відбувається інтенсивне формування вторинних капілярних сіток судинної оболонки очного яблука плода людини. Стінка сформованої артеріоли цього періоду розвитку переважно складається з трьох моноцелюлярних шарів: внутрішнього, утвореного ендотеліоцитами, середнього, представленого гладком'язовими клітинами, і зовнішнього, утвореного паравазальними клітинами. Але в деяких випадках гладком'язові клітини в стінці артеріол судинної оболонки очного яблука появляються під кінець внутрішньоутробного розвитку. Люмінальна поверхня ендотеліоцитів утворює вибухання в просвіт судини. Ядра ендотеліоцитів мають овальну форму, звивистий контур каріолеми. У каріоплазмі спостерігаються маргіналія ядерного хроматину. Частина хроматину зібрана у великі, неправильної форми брилки. У цитоплазмі ендотеліоцитів виявляються органели синтетичного апарату (рибосоми, апарат Гольджі). Мітохондрії рівномірно розподілені в цитоплазмі, виявляються поодинокі везикули. Мікротрубочки і мікрофіламенти надають цитоплазмі зональну електронну щільність – в ділянці плазмолемі, вздовж якої орієнтовані мікротрубочки, електронна щільність цитоплазми вища. Базальна мембрана ендотелію має середню електронну щільність.

Гладком'язові клітини сформованих артеріол утворюють неперервний моноцелюлярний шар. Зовні міоцити обмежені сарколемою, яка утворена зовнішнім листком цитолемі і базальною мембраною. Цитолема гладком'язових клітин

електроннощільніша, ніж базальна мембрана. Ядра гладком'язових клітин овальні або круглясті. У перинуклеарній ділянці розміщені органели (мітохондрії, полісоми, зерниста цитоплазматична сітка). Значну частину цитоплазми займають міофіламенти, орієнтовані вздовж поздовжньої осі клітини. Паравазальні клітини мають овальні або круглі ядра. У цитоплазмі їх містяться мітохондрії, рибосоми, фрагменти незернистої цитоплазматичної сітки. Внутрішній шар стінки прекапілярної артеріоли утворений ендотеліоцитами, обмеженими тонкою базальною мембраною середньої електронної щільності. Середній гладком'язовий шар перервний, в дистальних відділах утворений окремими міоцитами. Вени судинної оболонки цього періоду розвитку мають широкий просвіт, в який вибухає частина ендотеліальної цитоплазми, що містить ядро. Ядра ендотеліоцитів мають неправильну форму. У каріоплазмі спостерігається маргіналія конденсованого хроматину. Цитоплазма містить органели, розміщені в ділянці перикаріону. Спостерігаються розгалужені випини люмінального контуру ендотелію, які мають вигляд клапанних структур. Періцити і їх відростки прилягають до аблюмінальної поверхні ендотелію, утворюють перервний моноцелюлярний шар.

Внутрішній шар стінки посткапілярної вени утворений ендотеліоцитами, цитоплазма яких дуже багата мікровезикулами. Ядра ендотеліоцитів мають неправильну овальну форму. В ділянці перикаріону розміщені органели (мітохондрії, рибосоми, комплекс Гольджі, система каналців ендоплазматичної сітки). Люмінальна поверхня ендотеліоцитів схильна до утворення випинів. Цитоплазматичні вирости зв'язані з мультивезикулярними комплексами, які знаходяться в просвіті судини. На аблюмінальній поверхні в базальній мембрані виявляються поодинокі відростки періцитів.

Найсуттєвішим моментом 7-8-го місяців внутрішньоутробного розвитку судинної оболонки очного яблука плода людини є виникнення на основі росткових бруньок передіснуючих мікросудин вторинних кровеносних капілярів і подальша динамічна перебудова вторинної капілярної сітки. Гемокапіляри власне судинної оболонки формуються в оточенні фібробластів і колагенових волокон (рис. 2). Гемокапіляри війкових відростків розвиваються в тісному контакті з епітелієм війкового відростка (рис. 3). Вторинні гемокапіляри виникають на основі росткових бруньок. Бруньки росту появляються в ендотеліальній вистилці мікросудин, переважно в тих ділянках судинної сті-

нки, які не мають періцитів та адвентиціальних клітин. У ділянці бруньки росту спостерігається руйнування базальної мембрани. У цитоплазмі бруньки росту виявляється значна кількість мікропіноцитозних везикул різної величини, які зливаючись, формують великі вакуолі. Формування просвіту судини здійснюється шляхом зливання вакуолей. Формування просвіту починається в проксимальних відділах бруньки росту.

У процесі диференціації ендотеліоцитів капілярів спостерігається формування зональності клітин, тобто виділяється ділянка перикаріону і ділянка периферійних частин цитоплазми. У периферійних частинах цитоплазми чергуються широкі ділянки і стоншені поля. У широких ділянках містяться органели (мітохондрії, рибосоми, мікропіноцитозні везикули, фрагменти ендоплазматичної сітки). У тонких ділянках цитоплазми органели практично відсутні, містяться лише мікропіноцитозні везикули різних розмірів. Власне в цих тонких ділянках з'являються фенестри.

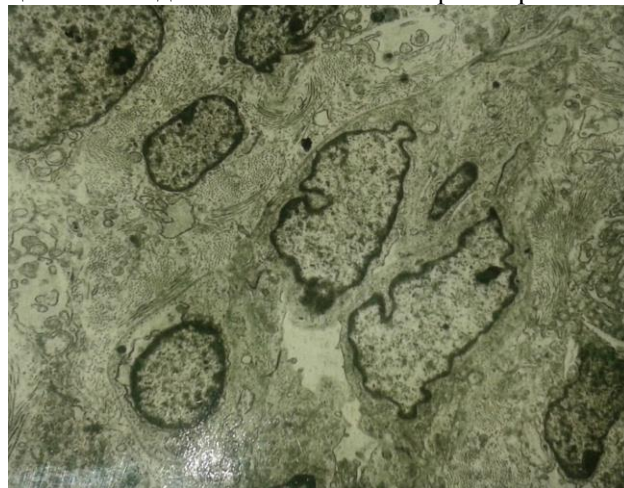


Рис. 2. Судинна оболонка очного яблука плода людини (7-й місяць внутрішньоутробного розвитку). Гемокапіляр, що формується в оточенні фібробластів і колагенових волокон. Електронна мікрофотографія. Зб.: x 2000

Капіляри власне судинної оболонки (хоріокапіляри) мають тонку ендотеліальну стінку з поодинокими фенестрами. Капіляри війкових відростків мають тонку ендотеліальну стінку і велику кількість фенестр. Ендотеліоцити займають так зване палісадне положення, часто виступають у просвіт судини. Кількість ендотеліоцитів, які обмежують просвіт судини становлять 2-3. У просвіті капілярів часто відсутні формені елементи крові. Ендотеліоцити перебувають на різних стадіях мітозу (рис. 4). Мітотична активність ендотеліальних клітин є характерна для процесу новоутворення судин.

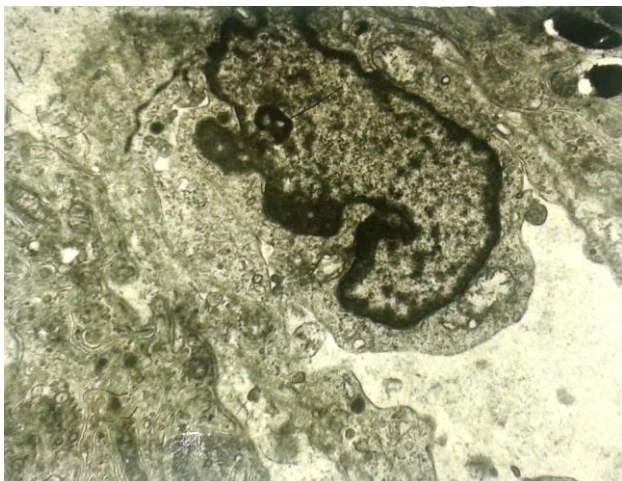


Рис. 3. Вітревий відросток очного яблука плода людини (8-й місяць внутрішньоутробного розвитку). Гемокapіляр, що тісно прилягає до епітелію вітревого відростка. Електронна мікрофотографія. Зб.: x4000

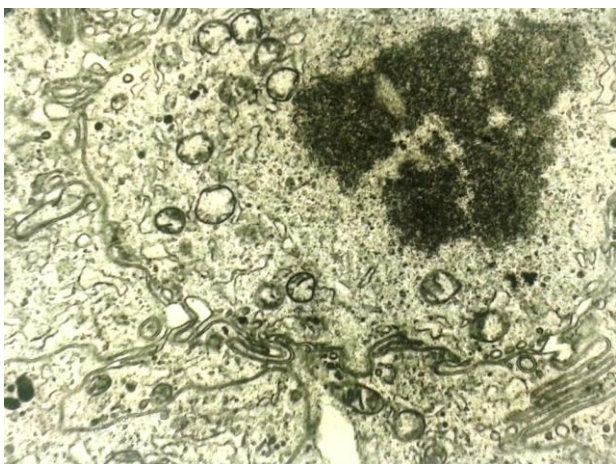


Рис. 4. Судинна оболонка очного яблука плода людини (7-й місяць внутрішньоутробного розвитку). Ендотеліоцит, що перебуває в стані мітозу (стадія анафази). Електронна мікрофотографія. Зб.: x10000

Таким чином, електронно-мікроскопічне дослідження розвитку гемомікроциркуляторного

русла судинної оболонки очного яблука плода людини показало деякі закономірності, характерні для розвитку інших органів. Зокрема наші дані співпадають з даними фундаментальних досліджень морфологів [3-5] про основні механізми, що забезпечують формування вторинного органоспецифічного геомікроциркуляторного русла (редукція частини первинних гемокapілярів, формування артеріолярних і венулярних ланок гемомікроциркуляторного русла за рахунок диференціації клітин паравазальної сполучної тканини в клітинні компоненти м'язової та адвентиціальної оболонок, виникнення на основі росткових бруньок вторинних капілярів). Проте стадії розвитку гемомікроциркуляторного русла очного яблука відстають за термінами. Поодинокі гладком'язові клітини в стінці артеріол судинної оболонки ока появляються під кінець внутрішньоутробного розвитку. Прекапілярні артеріоли диференціюються у другій половині внутрішньоутробного розвитку.

Висновки. 1. Результати електронно-мікроскопічного дослідження свідчить, що формування вторинного гемомікроциркуляторного русла очного яблука людини починається з 4-го місяця внутрішньоутробного розвитку і завершується до кінця 8-го місяця пренатального періоду морфогенезу. 2. Картина ангіоархітекtonіки очного яблука людини в процесі розвитку постійно змінюється в напрямі новоутворення ланок гемомікроциркуляторного русла, диференціації частин і шарів судинної оболонки.

Перспективи подальших досліджень. Перебудова гемомікроциркуляторного русла очного яблука людини в пренатальному періоді онтогенезу тісно пов'язана зі становленням структурної організації оболонок ока, тому отримані результати сприяють формуванню нових уявлень про становлення гемомікроциркуляторного русла ока.

Список використаної літератури

1. Матешук-Вацеба Л.Р. Ангіоархітекtonіка судинної оболонки очного яблука в пренатальному періоді онтогенезу людини / Л.Р. Матешук-Вацеба, У.Є. Підвальна, С.М. Сергійчук // *Biomedical and biosocial anthropology*. – 2007. – Т. 9. – С. 199-201.
2. Huynh T.P. Botanical compounds: effects on major eye diseases / T.P. Huynh, S.N. Mann, N.A. Mandal // *Evidence Based Complement and Alternative Medicine*. – 2013. – Article ID 549174. – 12 p.
3. Личковський Л.М. Індивідуальні особливості гемомікроциркуляторного русла судинної оболонки очного яблука людини в процесі внутрішньоутробного розвитку / Л.М. Личковський, Л.Р. Матешук-Вацеба // *Індивідуальна анатомічна мінливість органів, систем, тканин людини і її значення для практики: матер. міжнарод. наук. конф., присв. 80-річчю з дня народження проф. Т.В. Золотарьової*. – Полтава, 1993. – С. 143-144.
4. Матешук-Вацеба Л.Р. Ультрaструктура та електронна щільність клітин вітревих відростків ока в пренатальному періоді онтогенезу / Л.Р. Матешук-Вацеба, В.І. Ковалишин // *Актуальні проблеми медицини, біології, ветеринарії і сільського господарства*. – 1998. – № 4. – С. 167-171.
5. Prause J.U. *The Eye* / J.U. Prause, M.A. Saornil. – Springer Berlin Heidelberg: *Eye Pathology*, 2015. – 39 p.
6. Мішалов В.Д. *Про правові, законодавчі та*

етичні норми і вимоги при виконанні наукових морфологічних досліджень / В.Д. Мішалов, Ю.Б. Чайковський, І.В. Твердохліб // *Морфологія*. – 2007. – Т. 1, № 2. – С. 108-113.

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕМОМИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА СОСУДИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

Резюме. В статье приведены новые данные о ультраструктурной перестройки гемомикроциркуляторного русла сосудистой оболочки глазного яблока в процессе внутриутробного развития. Исследования проведены на 18 плодах человека. С помощью электронно-микроскопического метода исследования установлены особенности структурной перестройки сосудистого русла глаза в пренатальном периоде онтогенеза и прослежена динамика его развития. Результаты исследования описывают этапы формирования сосудистого русла переднего отдела глазного яблока, его сосудистой оболочки в пренатальном периоде онтогенеза человека. Установлено, что формирование вторичного гемомикроциркуляторного русла глазного яблока человека начинается с 4-го месяца внутриутробного развития и завершается к концу 8-го месяца пренатального периода морфогенеза. Поскольку картина ангиоархитектоники глазного яблока человека в процессе развития постоянно меняется в направлении новообразования звеньев гемомикроциркуляторного русла, дифференциации частей и слоев сосудистой оболочки, полученные результаты работы будут способствовать формированию новых представлений о становлении гемомикроциркуляторного русла глаза.

Ключевые слова: глазное яблоко, ультраструктура, гемомикроциркуляторного русло, внутриутробное развитие.

ULTRASTRUCTURAL PECULIARITIES OF HEMOMICROCIRCULATION OF THE EYEBALL VASCULAR MEMBRANE IN HUMAN FETUS

Abstract. The article presents new data concerning ultrastructural reorganization of the eyeball vascular membrane in the process of intrauterine development. The study was conducted on 18 human fetuses. The method of electron microscopy was used to investigate the peculiarities of restructuring of the eyeball vascular bed during the prenatal period of ontogenesis, and the dynamics of its development was observed. The results of the study describe the stages of the vascular bed development in the anterior part of the eyeball, its vascular membrane in the prenatal period of human ontogenesis. The formation of the secondary hemomicrocirculatory bloodstream of the eyeball was found to form from the 4th month of fetal development and to be completed by the end of the 8-month period of prenatal morphogenesis. As angioarchitectonic structure of the human eyeball in the process of development is constantly changing in the direction of neoplasm chains of the hemomicrocirculatory bloodstream, differentiation of the parts and layers of the vascular membrane, the results obtained will contribute to the formation of a new conception concerning the development of the eyeball hemomicrocirculatory bloodstream.

Key words: eyeball, ultrastructure, hemomicrocirculatory bloodstream, prenatal development.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi);
Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Lviv)

Надійшла 06.11.2015 р.
Рецензент – проф. Пенішкевич Я.І. (Чернівці)