

## МОРФОЛОГІЯ СТРУКТУР СУДИННИХ СПЛЕТЕНЬ ШЛУНОЧКІВ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ОНТОГЕНЕЗІ ЛЮДИНИ

Буковинський державний медичний університет (м. Чернівці)

Дослідження є фрагментом планової комплексної міжкафедральної теми кафедри анатомії, топографічної анатомії та оперативної хірургії (зав. – проф. Ю. Т. Ахтемійчук) і кафедри анатомії людини імені М. Г. Туркевича (зав. – проф. Б. Г. Макар) Буковинського державного медичного університету «Закономірності перинатальної анатомії та ембріотопографії. Визначення статеві-вікових особливостей будови і топографоанатомічних взаємовідношень органів та структур в онтогенезі людини», № державної реєстрації 01100003078.

**Вступ.** Донедавна увага дослідників була зосереджена на вивченні кровопостачання й іннервації кровоносного русла головного мозку і його оболонок, без врахування досліджень судинних сплетень [7]. Являючись, по суті, васкуляризованими складками м'якої мозкової оболонки (які вільно вдаються в порожнини шлуночків) судинні сплетення є невід'ємною частиною компонентів мозку й зв'язані з ним як морфологічно, так і функціонально. Будучи похідними м'якої мозкової оболонки вони є основним місцем утворення спинномозкової рідини [4] та відіграють виняткову роль в регулюванні кількості й складу ліквору [9, 12].

Функціональний стан судинних сплетень багато в чому визначає зміни ліквородинаміки, що відбуваються у людини при різних патологічних станах [1, 4, 13]. Виникнення ряду важких захворювань центральної нервової системи у неврології і психіатрії дослідники [7] пов'язують з порушенням функцій цих утворень, що призводить до пренатальної та постнатальної гідроцефалії, епілепсії та хвороби Альцгеймера, шизофренії, тощо.

Сучасні методи дослідження функціонального стану ендотелію та мікроциркуляції все більше захоплюють дослідників [5]. Питанням вивчення мікроскопічної будови судинних сплетень шлуночків мозку у тварин [6] і людини присвячено ряд робіт [2, 8, 11], але, незважаючи на їх наявність, комплексного дослідження морфофункціональної організації даного органу до теперішнього часу проведено не було. Ще недостатньо вивченою залишається морфологія взаємовідношень тканинних структур судинних сплетень шлуночків головного мозку в онтогенезі людини.

**Мета дослідження.** Вивчити морфологію тканинних структур судинних сплетень шлуночків головного мозку людини, будову їх нервового апарату з топографічними деталями розподілу нервових елементів даних утворень.

**Об'єкт і методи дослідження.** Матеріалом для дослідження послужили судинні сплетення

шлуночків головного мозку 42 осіб чоловічої та жіночої статі на різних етапах онтогенезу, які померли від причин не зв'язаних із захворюваннями нервової та серцево-судинної систем, з їх вивченням упродовж перших 12 годин з моменту настання смерті. Дослідження проведено з дотриманням основних біоетичних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04. 04. 1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2008 рр.), а також наказу МОЗ України №690 від 23. 09. 2009 р.

Набір наукового матеріалу проводили безпосередньо в Чернівецькій обласній комунальній медичній установі "Патологоанатомічне бюро" згідно двосторонньої Угоди (2010 р.) про наукову співпрацю. У ході дослідження використовували методи: тонкого препарування судинних сплетень шлуночків головного мозку під контролем біокулярної лупи; макрота мікроскопії; гістохімії; морфометрії. Вивчення вентрикулярної системи головного мозку плодів і новонароджених проводили згідно рекомендацій [10]. Гістологічне дослідження проводили на тотальних препаратах, що дозволило отримати цілісну уяву про судинне русло, тканинний субстрат та нервовий апарат судинних сплетень. Найбільш демонстративні випадки фотодокументовано цифровим фотоапаратом "OLIMPUS μ 1000 All-weather 10,0 MPix". Оцінку статистичної значимості отриманих даних проводили за t-критерієм Стьюдента. Результати порівняння вважали вірогідними при  $p < 0,05$ .

**Результати досліджень та їх обговорення.** Судинне сплетення головного мозку людини складається з трьох частин – судинного сплетення бічних шлуночків, судинного сплетення третього шлуночка та судинного сплетення четвертого шлуночка мозку (рис. 1).

Питання фізіології і патології судинних сплетень головного мозку сьогодні вивчаються в основному трьома шляхами: експериментальним; ембріологічним і порівняльно-анатомічним та дослідженням патологоанатомічних змін судинних сплетень шлуночків головного мозку людини внаслідок різноманітних захворювань. В основу нашої роботи ми поклали другий із шляхів – ембріологічний і порівняльно-анатомічний.

Дослідженням ембріогенезу вентрикулярної системи головного мозку на ранніх стадіях пренатального періоду онтогенезу людини [3] ми акцентували увагу на встановленні часу початку формування судинних сплетень головного мозку. Судинне сплетення кінцевого мозку вперше виявляється майже



**Рис. 1.** Шлуночки та судинні сплетення головного мозку (Ч., 26 років), фронтально-горизонтальний зріз, вид зверху. Макрофотографія. Зб. 1: 3.

1 – бічні шлуночки; 2 – третій шлуночок; 3 – четвертий шлуночок; 4 – судинні сплетення бічних шлуночків; 5 – судинне сплетення третього шлуночка; 6 – судинне сплетення четвертого шлуночка.

у половини ембріонального матеріалу з тім'янокуприковою довжиною (ТКД) 13,0-17,0 мм (18-а стадія розвитку) та віком близько 44 діб. На 19-й стадії пренатального розвитку (16,0-18,0 мм ТКД, вік близько 48 діб) зачаток судинного сплетення спостерігається у всіх передплодів і представлений епітеліальною складкою, яка займає частину медіальної стінки півкуль. Первинні війки судинного сплетення з'являються вже на 20-21 стадії (передплоди 18,0-24,0 мм ТКД, вік 51-52 доби).

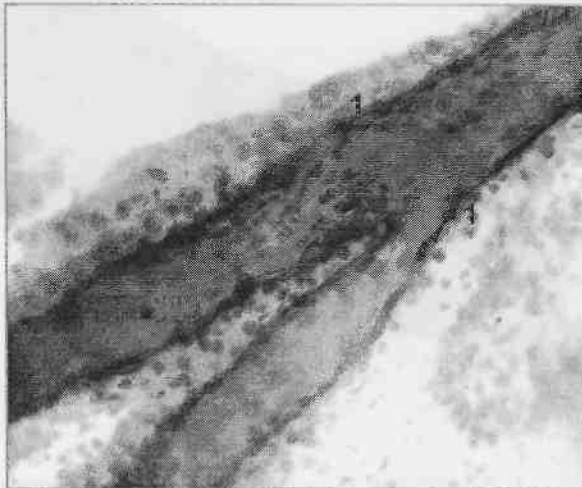
Судинне сплетення третього шлуночка у вигляді пальцеподібного відростку мозкової частини даху, що виступає у порожнину шлуночка, утворюється на 6-му тижні внутрішньоутробного розвитку з моменту розмежування кінцевого та проміжного мозку. Водночас спостерігається утворення міжшлуночкових отворів, які з'єднують третій та бічні шлуночки. У зародків 11,0-13,0 мм ТКД порожнина третього шлуночка звужується і поступово набуває ромбоподібної форми. На 9-му тижні пренатального онтогенезу її судинне сплетення представлене двома невеликими зморшками, які простягнуті у сагітальному напрямку і звернуті у порожнину шлуночка. На 15-16 тижнях кількість зморшок збільшується, ззовні вони вкриваються горбиками, а в кінці плодового періоду – невисокими ворсинками.

У зародків 9,0-12,0 мм ТКД визначаються контури довгастого мозку, що є продовженням спинного мозку. При цьому центральний канал спинного

мозку утворює порожнину четвертого шлуночка, яка має форму ромба. У передплодів 16,0-18,0 мм ТКД в ділянці дорсальної стінки четвертого шлуночка започатковується судинне сплетення у вигляді смужки, яка йде по верхній стінці і звернена у порожнину шлуночка. Довжина смужки досягає 1,8 мм, ширина – 40-42 мкм. Сплетення являє собою ряд близько розташованих один біля одного горбиків, висотою 34,0-38,0 мкм. У передплодів 19,0-20,0 мм ТКД (7-ий тиждень) зміни дорсальної стінки четвертого шлуночка мозку (судинного сплетення) стають більш виразними. На 4-му місяці внутрішньоутробного розвитку пластинка судинної основи, розміщена позаду судинної щілини потоншується і випинається як епендимний дивертикул формуючи серединний отвір між IV шлуночком і субарахноїдальним простором.

Судинне сплетення бічних шлуночків головного мозку розподілено в них нерівномірно. У передньому і задньому рогах бічних шлуночків судинне сплетення відсутнє. Воно починається від міжшлуночкових отворів і, пройшовши через центральні частини бічних шлуночків, опускається в нижні роги (рис. 1). Верхньою стінкою порожнини третього шлуночка безпосередньо є судинна епітеліальна пластинка. Позаду неї лежить судинне сплетення третього шлуночка, далі розташоване судинне покриття третього шлуночка (tella chorioidea ventriculi tertii). Судинна тканина проникає в порожнину четвертого шлуночка у вигляді складчастої бахромки, яка в порожнині шлуночка носить назву судинного сплетення четвертого шлуночка. Судинне сплетення четвертого шлуночка розділяється на середнє (медіальна частина) і два бічних (латеральні частини). Медіальна частина складається з двох смужок, що йдуть по лінії від каудального краю в ростральному напрямку, до основи вузлика черв'яка мозочка. Від вузлика тягнеться пара латеральних частин судинного сплетення. Вони розходяться до краю четвертого шлуночка і звшуються в його латеральні заглиблення. Біля кожної частини судинного сплетення четвертого шлуночка є невеликий отвір, який з'єднує порожнину шлуночка з підпаутинним простором мозкових оболонок: медіальний (асиметричний) отвір четвертого шлуночка – отвір Мажанді; латеральні (симетричні) отвори четвертого шлуночка – отвори Лушки. З'єднання порожнини четвертого шлуночка з підпаутинним простором обмежене судинним сплетенням. Частини його бахромчастих структур проникають через отвори в підпаутинний простір і суттєво блокують проникнення спинномозкової рідини з шлуночків в мозкові оболонки.

Отримані дані показують, що судинні сплетення шлуночків головного мозку людини представлені епітелієм і сполучнотканинною основою з великою кількістю кровоносних судин. Судинні сплетення бічних і третього (частина) шлуночків постачаються кров'ю гілками передньої ворсинчастої артерії. Задня ворсинчаста артерія (гілка верхньої мозочкової артерії) теж бере участь у кровопостачанні даху і судинного сплетення третього шлуночка головного мозку.



**Рис. 2.** Мікрофотографія судинного сплетення третього шлуночка (Ж., 35 років). Забарвл.: імпрегнація солями срібла за О. І. Рассказовою. Зб. 240°  
1 – м'язові „манжетки” у місцях відгалуження артеріол від материнського стовбура.

У судинне сплетення і судинну основу четвертого шлуночка кров поступає гілками задньої нижньої мозочкової артерії. Водночас, судинне сплетення четвертого шлуночка живлять гілки передньої нижньої мозочкової артерії, задньої спинномозкової артерії, а інколи, хребтової артерії. Визначається ворсинчаста і безворсинчаста частини сплетень. Епітелій представлений світлими і темними клітинами кубічної і приплюснutoї форми. Строма судинного сплетення містить колагенові фібрили, протофібрили й волокна занурені в основну речовину. Слід зазначити, що поодинокі і групами тут розміщені фібробласти.

Основу судинних сплетень становлять кровоносні судини, які після занурення в товщину сплетень утворюють мікроциркуляторне русло з високою складністю організації, що складає більшу частину їх об'єму і фактично визначає їх функції.

Встановлено, що діаметри мікросудин в онтогенезі зазнають змін, що відбуваються в них одночасно з розвитком головного мозку та корелюють зі змінами у самому сплетенні. Обов'язковим компонентом мікроциркуляторного русла є кровоносні капіляри, які з'єднують артеріолярні й венулярні відділи. З мікроскопічної картини привертає на себе увагу наявність м'язових „манжеток” у місцях відгалуження артеріол від материнського стовбура (рис. 2).

Капілярне русло сплетень формує густу дрібнопетлисту сітку (рис. 3). Помічено різку звивистість частини капілярів, тоді як інша частина капілярів характеризується рівними контурами і широким просвітом. Морфометричними замірами встановили, що просвіт даних капілярів змінюється від 6 до 23 мкм в судинних сплетеннях бічних шлуночків, від 5 до 19 мкм в судинному сплетенні третього шлуночка і від 4-6 до 18 мкм в судинному сплетенні четвертого шлуночка. На наш погляд всі ці відмінності пов'язані з функціональною діяльністю судинних сплетень. Оскільки функціональне навантаження більше



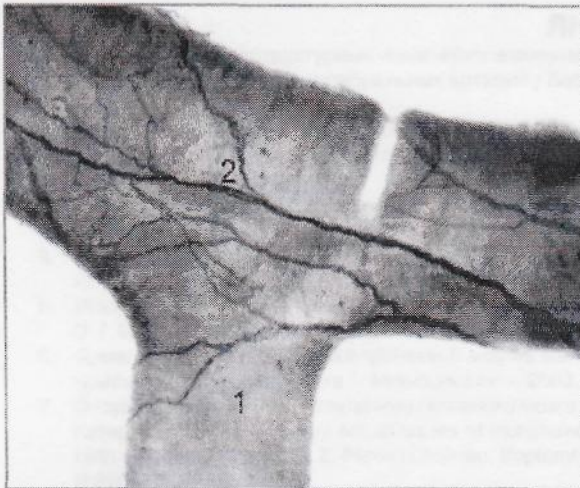
**Рис. 3.** Мікрофотографія поперечного зрізу судинного сплетення четвертого шлуночка (М., 54 роки). Забарвл.: за методом Ван-Гізон. Зб. 320°.  
1 – епітелій; 2 – кровоносні судини.

припадає на судинні сплетення бічних шлуночків, то очевидно цьому і відповідає найбільший діаметр судин мікроциркуляторного русла.

Відомо, що функції судинних сплетень (такі як транспортна, ендокринна) не можуть існувати без нервової регуляції. Формування найдосконаліших нервових механізмів регуляції має місце на різних етапах онтогенезу з поступовим ускладненням і вдосконаленням регуляторної системи кровообігу судинних сплетень шлуночків головного мозку. Тому наше дослідження мало за мету відповісти на запитання про взаємозв'язок судинних сплетень з його нервовим апаратом.

Становлення судинних сплетень шлуночків головного мозку людини як органу відбувається на 3-4 місяцях внутрішньоутробного розвитку. У зв'язку з останнім дослідження нервового апарату судинних сплетень проводили починаючи з цього віку. В адвентиційному шарі основних ворсинчастих артерій судинних сплетень шлуночків головного мозку та білясудинних просторах виявляли орієнтовані вздовж стінок судин окремі тонкі нервові пучки та поодинокі нервові волокна без галуження. Останні залягали в поверхневій частині зовнішньої оболонки судин сплетень з інтенсивно імпрегнованими солями срібла нервовими провідниками.

Наприкінці плодового періоду розвитку та в новонароджених система порожнин шлуночків головного мозку, в основному, відповідає вентрикулярній системі головного мозку дефінітивного стану. Тому й у більш пізні терміни розвитку нервовий апарат судинних сплетень шлуночків головного мозку людини виявляється виразно. Від білясудинних нервів все частіше відділяються нервові волокна, що проникають у глибину судинної стінки. Спостерігається частий обмін пучками й волокнами нервів судинних сплетень. Таким чином формуються нервові сплетення судин. У стінках основних ворсинчастих



**Рис. 4.** Нервові пучки і волокна на стінці ворсинчастої артерії четвертого шлуночка новонародженого. Мікрофотографія. Забарвл.: імпрегнація солями срібла за О. І. Рассказовою. Зб. 320\* 1 – кровоносна судина судинного сплетення. 2 – нервові волокна.

артерій вони представлені поверхневим і глибоким нервовими сплетеннями, що складаються із поздовжніх і поперечних нервових елементів. На стінках головних артерій судинних сплетень можна визначити 2-3 нервових пучки (рис. 4), що представлені 3-5 нервовими волокнами.

Для більш дрібних за калібром судин характерним є переважання окремих волокон, що спрямовані вздовж артеріол та повторюють їх хід. На артеріальних гілках головних артерій та у міру зменшення їх діаметра і товщини адвентиційної оболонки нервові сплетення поступово стає одношаровим, але, в той же час, ще достатньо розвиненим – нервові волокна формують сітку із дрібних петель. Із наближенням до мікроциркуляторного русла кількість волокон зменшується, а в нервових сплетеннях відбуваються якісні зміни з переважанням поздовжніх волокон, а поперечні зв'язки стають значно рідшими. Особливість такої організації нервового сплетення, на наш погляд, пояснюється змінами в адвентиційній і м'язовій оболонках стінки судин (тут міоцити не утворюють суцільного шару). Очевидно, що нервовий апарат кровоносного русла судинних сплетень побудований і розвивається відповідно до гемодинамічних завдань, які виконують певні ділянки судинного русла сплетень шлуночків.

Після народження, на тлі більш швидких темпів розвитку судинних сплетень, спостерігається невротизація всієї маси органу і судин. Нервові елементи локалізуються у товщі адвентицію судин судинних сплетень і мають, зазвичай, спрямування вздовж судин або закручене по спіралі. Між ними залягають чисельні тонкі нервові нитки, що утворюють дрібне петлясте сплетення навколо артерій. Стабілізація пучкової організації нервових волокон відбувається на тканинному субстраті та ланках мікроциркуляторного русла, що відзначається зменшенням ступеню їх звивистості з переважанням рівномірного

розподілу спрямованих прямолінійно нервових волокон з гладкими контурами.

У ході дослідження помічено чергування періодів „швидкого” й „сповільненого” росту нервів судинних сплетень. Стабілізацію закономірностей росту нервового апарату спостерігали перед періодом статевого дозрівання організму, що, очевидно, зв'язано з етапом розвитку головного мозку в цілому, внутрішніми перебудовами судинних сплетень, розвитком шлуночків головного мозку й гормональною перебудовою.

У зрілому віці в судинних сплетеннях шлуночків головного мозку виявлено добре розвинений нервовий апарат. Нерви можна виявити безпосередньо під базальною мембраною епітелію, поряд кровоносних судин різного калібру (до капілярів включно), а також у стінці кровоносних судин і серед клітинних елементів сполучної тканини. Очевидно, що ці нервові волокна є представництвом поверхневих нервових сплетень тканинного субстрату ворсинчастої частини судинних сплетень, які добре виявляються в ході світлової мікроскопії.

Із настанням похилого і, особливо, в старечому віці можна відзначити виражену перебудову нервового апарату судинних сплетень. Дослідженням встановлено ( $p < 0,05$ ) вірогідне зниження кількості нервових провідників, як у стінках судин, так і тканинному субстраті сплетень. Ми поділяємо думку авторів [7], що зменшення кількості нервових волокон пов'язане, очевидно, з дегенерацією нервів у зв'язку з віком та деякими супутніми змінами функції судин сплетень внаслідок атеросклеротичних явищ [1].

#### Висновки.

1. Встановлені морфометрично відмінності діаметрів капілярів судинних сплетень шлуночків (від 6 до 23 мкм в судинних сплетеннях бічних шлуночків; від 5 до 19 мкм в судинному сплетенні третього шлуночка; від 4-6 до 18 мкм в судинному сплетенні четвертого шлуночка) пов'язані з їх функціональною діяльністю. Оскільки в онтогенезі функціональне навантаження більше припадає на судинні сплетення бічних шлуночків, то, очевидно, цьому і відповідає найбільший діаметр судин мікроциркуляторного русла.

2. Нервовий апарат судинних сплетень шлуночків головного мозку людини є добре розвиненим. Становлення нейроархітекtonіки судин сплетень шлуночків мозку в онтогенезі людини відбувається поступово і зумовлене типом (калібром) судин та будовою їх стінки.

3. Нервовий апарат кровоносного русла судинних сплетень побудований і розвивається відповідно до гемодинамічних завдань, які виконують певні ділянки судинного русла сплетень шлуночків.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у комплексному вивченні колатеральних шляхів іннервації судинних сплетень шлуночків головного мозку людини, що забезпечують функціональну цілісність структур.

Література

1. Бабик Т. М. Ультраструктурные изменения эпителиоцитов ворсинок сосудистых сплетений головного мозга человека при атеросклерозе прецеребральных артерий / Бабик Т. М. // Известия Челябинского научного центра. – 2007. – Вып. 2, №36. – С. 106-109.
2. Колесник В. В. Дослідження довжини капілярних петель ворсинок судинних сплетень бічних шлуночків головного мозку людей зрілого, літнього та старечого віку / В. В. Колесник // Вісн. проблем біол. і мед. – 2012. – Вип. 4, Том 1 (96). – С. 196-199.
3. Комшук Т. С. Развитие вентрикулярной системы головного мозга на ранних стадиях пренатального периода онтогенезу людини / Т. С. Комшук // Клініч. анат. та операт. хірургія. – 2011. – Т. 10, № 1 (35). – С. 15-18.
4. Ликвор как гуморальная среда организма / [Пикалюк В. С., Бессалова Е. Ю., Ткач В. В. и др.]: под ред. В. С. Пикалюка. – Симферополь: АРИАЛ, 2010. – 192 с.
5. Могильник А. І. Сучасні методи дослідження функціонального стану ендотелію та мікроциркуляції / А. І. Могильник, О. Г. Шумейко // Вісн. проблем біол. і мед. – 2012. – Вип. 4, Том 1 (96). – С. 14-17.
6. Орманджиева В. К. Морфометрический анализ эпителиоцитов сосудистых сплетений желудочков мозга в онтогенезе крысы / В. К. Орманджиева // Морфология. – 2003. – Т. 124, Вып. 6. – С. 30-33.
7. Сосудистые сплетения желудочков головного мозга и их нервный аппарат на этапах онтогенеза / Дарий А. А., Жица В. Т., Катеренюк И. М. [и др.] // Actual issues of morphology: Materials of the international scientific conference dedicated to the birth centenary of prof. B. Z. Perlin (Chisinau, September, 20-22, 2012): mater. conf. – MD. Ed.: Sirius SRL, Chisinau, 2012. – P. 229-236.
8. Choroids plexus transplants in the treatment of brain diseases / Skinner S. J., Geaney M. S., Rush R. [et al.] // Xenotransplantation. – 2006. – Vol. 13, №4. – P. 284-288.
9. Growth of choroids plexus epithelium vesicles in vitro depends on secretory activity / Swetloff A., Greendword S., Wade A. M., Ferretti P. // Cell. Physiol. – 2006. – Vol. 208. – P. 549-555.
10. Kolesnyk V. V. The features of research of the cerebrum of the fetus and newborns / V. V. Kolesnyk, I. Yu. Olijnyk // Actual issues of morphology: Materials of the international scientific conference dedicated to the birth centenary of prof. B. Z. Perlin (Chisinau, September, 20-22, 2012): materials conference. – MD. Ed.: Sirius SRL, Chisinau, 2012. – P. 140-143.
11. Mathew T. C. Diversity in the surface morphology of adjacent epithelial cells of the choroids plexus: an ultrastructural analysis / T. C. Mathew // Mol. Cell. Biochem. – 2007; Epub. a head of print.
12. Structural and functional features of choroids epithelium from buffalo brain / Scala G., Corona M., Pavone L. M. [et al.] // Anat. Rec. – 2007. – Vol. 290 (11). – P. 1399-1412.
13. The choroids plexus response to peripheral inflammatory stimulus / Margues F., Sousa J. C., Correia-Neves M. [et al.] // Neurosciense. – 2007. – Vol. 144. – P. 424-430.

УДК 612. 823. 013

**МОРФОЛОГІЯ СТРУКТУР СУДИННИХ СПЛЕТЕНЬ ШЛУНОЧКІВ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ОНТОГЕНЕЗІ ЛЮДИНИ**

**Комшук Т. С., Пішак В. П.**

**Резюме.** Проведено комплексне морфологічне дослідження судинних сплетень шлуночків головного мозку та їх нервового апарату на різних етапах онтогенезу у 42 осіб чоловічої та жіночої статі, які померли від причин не зв'язаних із захворюваннями нервової та серцево-судинної систем. Встановлено, що розвиток, будова, кровопостачання та іннервація судинних сплетень відбувається в кореляції з розвитком мозку та етапом онтогенезу.

**Ключові слова:** судинні сплетення шлуночків головного мозку, нервовий апарат, онтогенез.

УДК 612. 823. 013

**МОРФОЛОГІЯ СТРУКТУР СОСУДИСТИХ СПЛЕТЕНИЙ ЖЕЛУДОЧКОВ ГОЛОВНОГО МОЗГУ В ОНТОГЕНЕЗЕ ЧЕЛОВЕКА**

**Комшук Т. С., Пішак В. П.**

**Резюме.** Проведено комплексное морфологическое исследование сосудистых сплетений желудочков головного мозга и их нервного аппарата на разных этапах онтогенеза в 42 лиц мужского и женского пола, умерших от причин не связанных с заболеваниями нервной и сердечно-сосудистой систем. Установлено, что развитие, строение, кровоснабжение и иннервация сосудистых сплетений происходит в корреляции с развитием мозга и этапом онтогенеза.

**Ключевые слова:** сосудистые сплетения желудочков головного мозга, нервный аппарат, онтогенез.

UDC 612. 823. 013

**Morphology Structure of the Vascular Plexus in the Ventricles of the Brain of Human Ontogenesis**

**Komshuk T. S., Pishak V. P.**

**Summary.** A comprehensive morphological study of the vascular plexus of the ventricles of the brain and of the nervous system at different stages of ontogeny in 42 males and females who died from causes not related to diseases of the nervous and cardiovascular systems. Found that the development, structure, blood supply and innervation of the choroid plexus is in correlation with the development of the brain and the stages of ontogeny.

**Key words:** choroid plexus of the ventricles of the brain, nervous apparatus, ontogenesis.

Стаття надійшла 05. 02. 2013 р.

Рецензент – проф. Проніна О. М.