

Дарий А., Катеренюк И.

МОРФОМЕТРИЯ НЕРВНОГО АППАРАТА СОСУДИСТЫХ СПЛЕТЕНИЙ ЖЕЛУДОЧКОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

*Государственный университет медицины и фармации им. Н. Тестемицану,
г. Кишинев, Молдова*

Значительные успехи современной нейрохирургии, рост числа оперативных вмешательств на желудочках мозга и его сосудистых сплетениях и количества экспериментально-клинических исследований, которые проводятся на данных образованиях, попытки их трансплантации [1–6], поможет решить многие не выясненные вопросы неврологии и нейрохирургии.

Цель исследования: выяснить особенности топографии нервного аппарата сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека на этапах онтогенеза; установить топографические детали распределения нервных элементов и иннервации данных образований.

Материалы и методы

Материал забирался от трупов плодов, детей и взрослых, скончавшихся по причинам, не связанным с заболеваниями сердечно-сосудистой и нервной систем.

Для определения количества нервных проводников на 1 мм^2 площади стенки сосуда или тканевого субстрата подсчет проводили с помощью сетки и окулярмикрометра МОВ-1-15.

Сравнение между вариационными рядами (в нашем случае количество нервных волокон на 1 мм^2 площади, диаметр нервных волокон в пределах каждого возраста имеют вариационный ряд), проводилось по параметрам критерия Стьюдента. В каждой возрастной группе подсчеты диаметров нервов, количества нервов на единицу площади проводилось в среднем на семи полях зрения методом случайной выборки.

Полученные результаты были подвергнуты компьютерной обработке различными вариационными, дескриптивными и дисперсионными методами, критерием Стьюдента, F, D и дисперсионного метода анализа Anova.

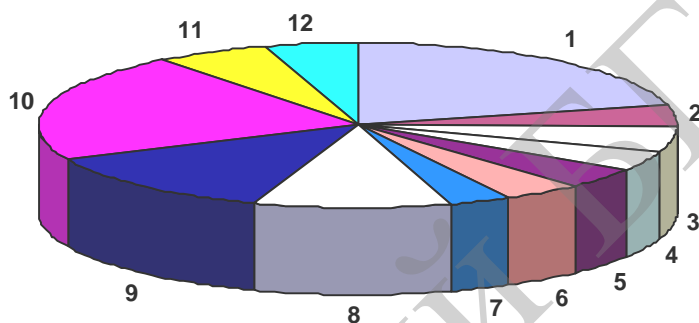


Рис. Распределение материала по возрастным группам.

1 — период внутриутробного развития; 2 — новорожденный; 3 — грудной возраст; 4 — раннее детство; 5 — первое детство; 6 — второе детство; 7 — подростковый возраст; 8 — юношеский возраст; 9 — зрелый возраст I; 10 — зрелый возраст II; 11 — пожилой возраст; 12 — старческий возраст

Результаты и обсуждение

Изучение нервного аппарата сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека проводилось по ходу ворсинчатых артерий, их ветвей и сосудов микроциркуляторного русла. В поле зрения находился и тканевой субстрат этих образований. Известно, что сосудистые сплетения желудочков головного мозга человека приобретают признаки органа на третьем-четвертом месяце внутриутробного развития, в связи с чем исследование нервного аппарата сосудистых сплетений проводилось, начиная с указанного возраста.

Нервные проводники удалось выявить на 3–4 месяце внутриутробного развития методами импрегнации солями азотно-кислого серебра на стенке ворсинчатых артерий сосудистых сплетений. В этот период нервный аппарат еще слабо выражен. В адвентициальной оболочке магистральных артерий, а также в паравазальном пространстве выявляются отдельные тонкие нервные пучки диаметром до 5 мкм. Здесь же следуют одиночные нервные волокна. Они ориентированы вдоль стенки сосудов, располагаясь в поверхностных слоях их наружной оболочки (в адвентиции). Пучки разделяются на волокна, но ветвление последних не выражено.

В более поздние сроки развития (24–28 недель) нервный аппарат сосудистых сплетений желудочков головного мозга обозначается более отчетливо.

Во второй половине внутриутробной жизни в сосудистых сплетениях желудочков мозга выявляются очаговые скопления нервных волокон. Более отчетливо выявляются окоლოსосудистые нервные волокна. Превалируют тонкие безмиелиновые волокна, на фоне их отдельные миелиновые нервные проводники выявляются в виде исключения. По мере увеличения размеров сосудистого сплетения заметно меняется общая композиция его нервного аппарата. Появляются различия в составе нервных элементов, их топографии, степени их зрелости. Можно с уверенностью сказать, что развитие иннервации сосудистого сплетения как органа происходит параллельно и синхронно с дифференциацией самих кровеносных сосудов.

К концу внутриутробного периода и особенно после рождения сосудистые сплетения интенсивно развиваются. Параллельно идет невротизация всей массы органа и основных сосудов. Их нервный аппарат становится более выраженным. Отмечается утолщение нервных пучков. Они включают в свой состав 4–5 волокон, большинство из которых имеет равные контуры. Встречаются и более крупные нервные пучки, диаметр которых достигает 12 мкм. Среди рассеянных одиночных нервных волокон появляются более толстые, до 5 мкм в диаметре. Вместе с количественным ростом нервных проводников происходят и качественные изменения нервного аппарата. Нервные пучки утолщаются и начинают широко ветвиться.

У новорожденных нервный аппарат приобретает дефинитивный характер. В нем можно выделить 3–4 нервных стволика диаметром до 13 мкм. Это основные коллекторы нервных проводников. Нервные волокна, как правило, безмиелиновые.

На звеньях микроциркуляторного русла встречаются слабо развитые и более нежные сплетения, наряду с одиночно идущими нервными волокнами диаметром до 6–7 мкм, которые следуют вдоль сосуда, изредка переходят с одной его поверхности на другую. Они почти не ветвятся и редко соединяются между собой.

Наряду с сосудистыми нервами в строме сосудистого сплетения, в экстравазальном пространстве, нервные пучки и волокна следуют без определенной ориентации. Их диаметр составляет 4–5 мкм. Они имеют спиралевидное направление по отношению к продольной оси сосуда. По ходу нервных волокон присутствуют многочисленные варикозные утолщения.

К концу первого года жизни и особенно в период раннего детства (1–3 года) нервный аппарат сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека становится более богатым.

Концентрация нервных проводников на основных артериях, звеньях микроциркуляторного русла и интерстициального пространства заметно нарастает ($P > 0,001$). Также увеличивается количество нервных пучков до 5–7 с диаметром до 14–15 мкм. Нервные волокна, диаметр которых достигает 6–9 мкм, имеют прямое и косое направления. В адвентициальном слое сосудов и в интерстициальном пространстве сосудистого сплетения они переплетаются и соединяются между собой, образуя крупнопетлистые, поверхностные сосудистые нервные сплетения. Среди нервных волокон в этот период выявляются тонкие и средней толщины нервные проводники. Наряду с преобладанием на этом этапе крупнопетлистых

нервных сплетений часть тонких нервных волокон погружается в тканевой субстрат сосудистого сплетения, где образуются нечетко выраженные, мелкопетлистые нервные сплетения. В их состав также входят нервные пучки, которые образуются за счет ответвлений нервных стволиков поверхностного сплетения.

В период первого детства (4–7 лет) нервный аппарат сосудистых сплетений желудочков головного мозга претерпевает незначительные изменения, статистически выражающиеся с недостоверной разницей ($P < 0,001$). Незначительно увеличивается количество нервных волокон интерстициального пространства сосудистого сплетения.

Одновременно прослеживается усложнение строения нервного аппарата данных образований. Одиночные нервные волокна, диаметр которых достигает 2–4 мкм, выявляются на протяжении всех звеньев микроциркуляторного русла до прекапиллярных артериол и посткапиллярных венул включительно.

У детей в возрасте 8–12 лет (ж. 8–11 лет), представляющих группу второго детства, нервный аппарат сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека по сравнению с предыдущими группами и особенно с ранним и первым детством значительно усложняется. В этот период достоверно увеличивается ($P < 0,001$) количество нервных волокон на стенках ворсинчатых артерий, на звеньях микроциркуляторного русла, капиллярного звена и интерстициального пространства.

**Количество продольных нервных волокон на стенках основных артерий
сосудистых сплетений желудочков головного мозга**

| Возрастной период | Сосудистые сплетения бокового желудочка | | Сосудистые сплетения третьего желудочка | | Сосудистые сплетения четвертого желудочка | |
|-------------------|---|------|---|------|---|------|
| | М | m | М | m | М | m |
| 1 | 10,00 | 1,60 | 7,57 | 1,07 | 2,29 | 0,57 |
| 2 | 11,29 | 0,84 | 10,00 | 1,36 | 5,57 | 1,49 |
| 3 | 14,00 | 0,95 | 8,14 | 0,40 | 8,86 | 0,91 |
| 4 | 15,00 | 0,72 | 9,71 | 0,75 | 12,00 | 1,25 |
| 5 | 16,29 | 1,30 | 10,29 | 0,61 | 12,71 | 2,03 |
| 6 | 18,86 | 1,91 | 13,29 | 0,61 | 17,29 | 2,01 |
| 7 | 20,43 | 1,23 | 16,29 | 0,36 | 19,14 | 1,18 |
| 8 | 28,14 | 1,20 | 18,00 | 0,82 | 20,57 | 2,09 |
| 9 | 28,57 | 1,43 | 20,14 | 0,71 | 27,14 | 1,47 |
| 10 | 27,86 | 2,34 | 22,86 | 1,03 | 26,29 | 1,21 |
| 11 | 27,43 | 1,63 | 19,29 | 0,64 | 22,86 | 2,56 |
| 12 | 23,71 | 1,91 | 18,57 | 0,90 | 18,86 | 3,40 |
| | F=21,22; D=0,76; p<0,001 | | F=41,78; D=0,86; p<0,001 | | F=18,59; D=0,74; p<0,001 | |

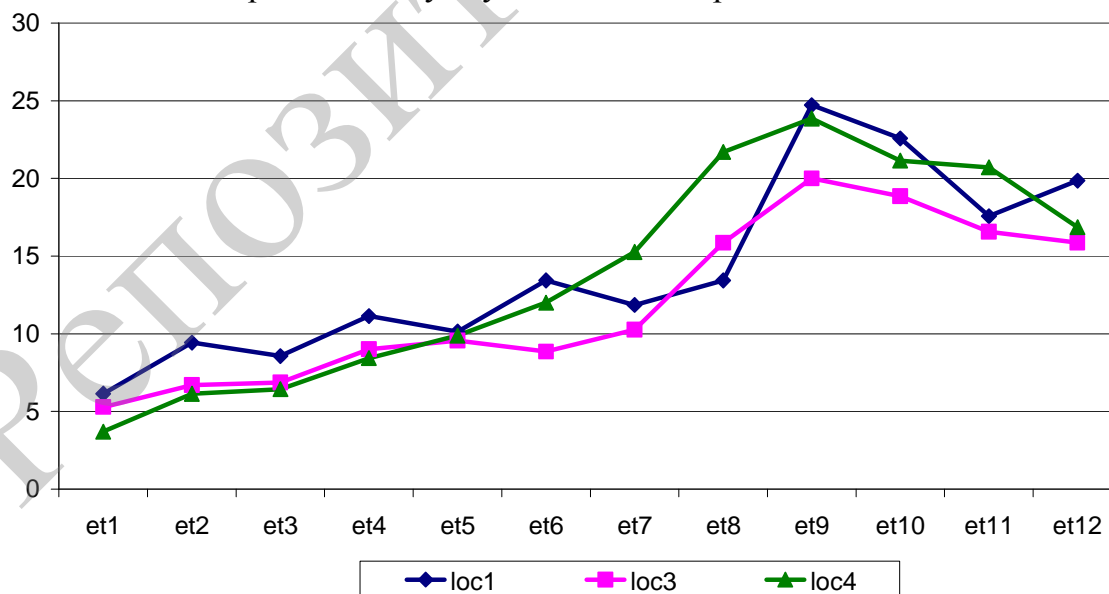
В подростковом возрасте (м. 13–16 лет, ж. 12–15 лет) в нервном аппарате сосудистого сплетения желудочков головного мозга происходят дальнейшие незначительные количественные и качественные изменения по сравнению с предыдущей возрастной группой. На данном этапе эти изменения происходят в основном в нервных проводниках микроциркуляторного русла и интерстициального пространства, выражающиеся в увеличении количества нервных элементов и их диаметра (8–12 мкм). Статистические величины не достоверны ($P > 0,001$). Нервные сплетения сосудов выражены достаточно хорошо.

Они становятся обширнее и на этом этапе образованы из нервных пучков, стволиков и нервных волокон. Дальнейшая перестройка, рост, становление и усложнение нервного аппарата сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека с достоверной величиной ($P < 0,001$) наблюдается в период перехода от детского организма к взрослому, в юношеском возрасте (м. 17–21 лет, ж. 16–20 лет).

Структура нервного аппарата сосудистого сплетения желудочков головного мозга человека приобретает окончательное формирование и становление в зрелом возрасте (1-й период: м. 22–35 лет, ж. 21–35 лет; 2-й период — м. 36–60 лет, ж. 36–55 лет). На данном этапе онтогенеза человека он имеет стабильное строение с незначительными колебаниями в первом и во втором периодах ($P < 0,001$).

По сравнению с предыдущими периодами в этом возрасте плотность нервного аппарата достоверно увеличивается и степень статистической достоверности достигает 0,001. Толщина нервных пучков в среднем около 45 мкм, а миелиновых нервных волокон до 9 мкм. Здесь наиболее четко выражены особенности иннервации сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека. В стенках передней, задней наружной, задней верхней и нижней мозжечковых ворсинчатых артерий, а также их ветвей, выявляются хорошо выраженные поверхностные и глубокие нервные сплетения, включающие разнообразные нервные элементы, различающиеся по величине.

Изучение полученных нами тотальных препаратов показывает, что структура и степень насыщения нервными элементами выше перечисленных сосудов, носят сугубо индивидуальный характер и зависят от концентрации и особенностей ветвления нервных элементов в системе нервного аппарата данных артерий. В местах разветвления основных ворсинчатых артерий на ветви, происходит разделение нервных компонентов адвентициального нервного сплетения. На звеньях микроциркуляторного русла, начиная от артериол, отмечается постепенное исчезновение границ между глубокими и поверхностными сплетениями.



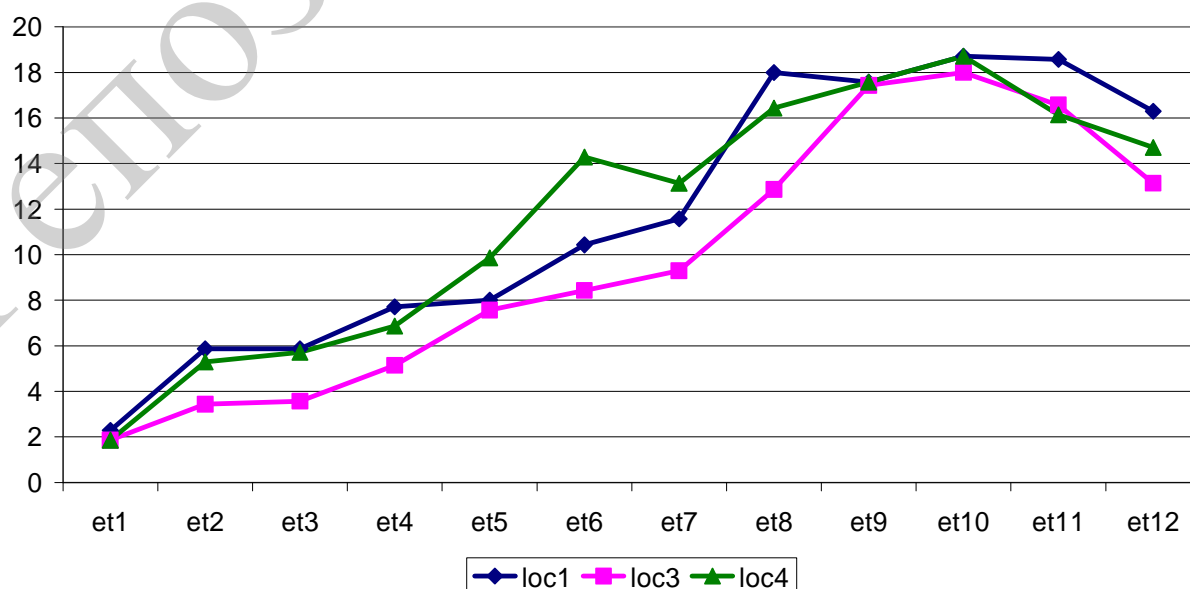
Количество поперечных нервных волокон на стенках основных артерий сосудистых сплетений желудочков мозга (et — возрастная группа; loc1 — сосудистое сплетение бокового, loc3 — третьего, loc4 — четвертого желудочка)

На звеньях приносящих и отводящих сосудов микроциркуляторного русла имеется одно нервное сплетение, образованное из тонких нервных волокон, которые отдают дискретные нервные терминалы как к стенке артерии, так и к экстравазальному и тканевому субстрату сосудистого сплетения желудочка головного мозга.

Данные таблицы и диаграммы показывают наибольшее количество нервных волокон на основных ворсинчатых артериях сосудистых сплетений боковых желудочков головного мозга. Во всех периодах онтогенетического развития они являются лидерами. Основные артерии сосудистого сплетения третьего желудочка по количеству продольных нервных волокон с периода грудного возраста отстают в дальнейшем по количеству проводников и от основных артерий четвертого желудочка, что, видимо, указывает на их функциональные нагрузки.

Количество нервных волокон микроциркуляторного русла сосудистых сплетений

| Возрастной период | Сосудистые сплетения бокового желудочка | | Сосудистые сплетения третьего желудочка | | Сосудистые сплетения четвертого желудочка | |
|-------------------|---|------|---|------|---|------|
| | М | m | М | m | М | m |
| 1 | 5,29 | 0,52 | 6,29 | 0,42 | 4,43 | 0,78 |
| 2 | 6,00 | 0,54 | 6,57 | 0,57 | 7,00 | 1,98 |
| 3 | 5,29 | 0,71 | 3,86 | 0,26 | 4,57 | 1,04 |
| 4 | 6,00 | 1,43 | 6,43 | 0,65 | 10,29 | 1,55 |
| 5 | 8,43 | 1,09 | 9,14 | 0,40 | 9,00 | 1,19 |
| 6 | 13,71 | 2,90 | 10,00 | 0,54 | 13,14 | 2,33 |
| 7 | 11,57 | 1,60 | 10,57 | 0,53 | 14,14 | 1,37 |
| 8 | 15,57 | 1,02 | 14,14 | 0,46 | 15,29 | 1,17 |
| 9 | 19,14 | 0,86 | 18,29 | 0,57 | 19,71 | 1,02 |
| 10 | 19,86 | 1,41 | 17,43 | 1,07 | 19,14 | 1,28 |
| 11 | 20,00 | 2,26 | 16,29 | 1,23 | 19,57 | 2,11 |
| 12 | 17,71 | 1,36 | 14,00 | 0,62 | 14,14 | 1,84 |
| | F=16,77; D=0,72; p<0,001 | | F=53,63; D=0,89; p<0,001 | | F=12,74; D=0,66; p<0,001 | |



Количество нервных волокон тканевого субстрата сосудистого сплетения (et — возрастная группа; loc1 — сосудистое сплетение бокового, loc3 — третьего, loc4 — четвертого желудочка)

Вполне закономерно в сосудистом сплетении следует выделять, как и в мягкой оболочке головного мозга вообще, нервы кровеносных сосудов и нервы соединительной ткани, из которой построена строма органа. Наблюдая такую дифференциацию нервных элементов сосудистого сплетения, все же приходится признать ее условность.

В действительности нельзя отделить сосуды и структуры стромы, т. е. волокнистые структуры и основное вещество, составляющие интерстиций. Клетки соединительной ткани здесь редки и крайне разрознены. Кровеносные сосуды как бы имплантированы в строму. Все нервные элементы сосудистого сплетения в конечном счете формируют хориоидальный нейропил, обслуживающий афферентную и эфферентную иннервацию кровеносных сосудов, стромы и эпендимального эпителия.

Выводы

Сосудистые сплетения желудочков головного мозга обильно иннервируются. В них представлены нервные стволы, пучки, волокна и рецепторные нервные окончания, которые необходимо рассматривать как целостный развитый нервный аппарат, появляющийся на 3–4 месяце внутриутробного развития (сразу после становления сосудистых сплетений) и к моменту рождения приобретающий дефинитивные черты. Количество нервных элементов увеличивается в зрелом периоде по сравнению с внутриутробным в 3,78; 2,91 и 4,42 раза в боковых, третьем и четвертом желудочках соответственно. Становление нервного аппарата сосудистых сплетений желудочков головного мозга человека происходит синхронно с развитием микроциркуляторного русла, что указывает на их коррелятивную зависимость.

С уменьшением калибра артерий и артериол нервные сплетения распадаются на дискретные нервные пучки и волокна, которые сопровождают компоненты сосудистого сплетения и диффузно мигрируют к его эпителиальной выстилке.

По степени концентрации нервных волокон на 1 мм² ткани установлена следующая закономерность: а) наибольшее количество нервных проводников насчитывается в стенках главных ворсинчатых артерий ($27,14 \pm 1,47$); б) плотность нервных проводников снижается с уменьшением калибра артерии ($23,86 \pm 1,91$); в) на сосудах микроциркуляторного русла имеются одиночные нервные волокна ($19,57 \pm 2,11$); г) дисперсная сеть нервных проводников тканевого субстрата контактирует с клетками эпителия ($18,0 \pm 1,94$).

ЛИТЕРАТУРА

1. *A role of the choroid plexus in transplantation therapy* / D. F. Emerich [et al.] // Cell. Transplant. 2005. Vol. 14, № 10. P. 715–725.
2. *Choroid plectomy reduced neurosurgical intervention in patients with hydranencephaly* / J. C. Wellons [et al.] // Pediatr. Neurosurg. 2002. Vol. 36, № 3. P. 148–152.
3. *Choroid plexus transplants in the treatment of brain diseases* / S. J. Skinner [et al.] // Xenotransplantation. 2006. Vol. 13, № 4. P. 284–288.
4. *Encapsulated living choroid plexus cells : potential long-term treatments for central nervous system disease and trauma* / S. J. Skinner [et al.] // J. Neural. Ehg. 2009. Vol. 6, № 6. P. 650–657.
5. *Thanos, C. G. Microencapsulated choroid plexus epithelial cell transplants for repair of the brain* / C. G. Thanos, B. Bintz, D. F. Emerich // Adv. Exp. Med. Biol. 2010. Vol. 670. P. 80–91.

6. *Transplantation* of cultured choroid plexus epithelial cells via cerebrospinal fluid cells via cerebrospinal fluid shows prominent neuroprotective effects against acute ischemic brain injury in the rat / N. Matsumoto [et al.] // *Neurosci Lett*. 2010. Vol. 469, № 3. P. 283–288.