

## МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЕ РУСЛО В ЗЕРНИСТОМ СЛОЕ ПАЛЕОЦЕРЕБЕЛЛУМА ЧЕЛОВЕКА (КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

*А.Ю.Степаненко*

*Харьковский национальный медицинский университет*

---

### МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЕ РУСЛО В ЗЕРНИСТОМУ ШАРІ ПАЛЕОЦЕРЕБЕЛЛУМА ЛЮДИНИ (КІЛЬКІСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

**Резюме.** У роботі показано, що за кількісними показниками васкуляризація кори мозочка менша, ніж півкуль мозку; спостерігаються циклічні зміни: зростання – до середнього віку, зменшення – до старечого віку. Зменшення питомої довжини капілярів у старечому віці супроводжується компенсаторним зростанням їх діаметра, внаслідок чого кількісні характеристики васкуляризації у старечому та молодому віці суттєво не різняться.

**Ключові слова:** мікроциркуляція, кора мозочка, людина, вікові зміни.

---

Кора мозочка (Мж) отличается относительной простотой и однородностью строения, четким разделением на слои, постоянством клеточного состава, видимым отсутствием регионарных особенностей [1]. В связи с эволюцией в Мж сформировались филогенетически разные отделы: вестибулоцеребеллум (древний Мж или архидеребеллум), соматоцеребеллум (старый Мж или палеоцеребеллум) и кортикоцеребеллум (новый Мж или неоцеребеллум), различающиеся функциональной специализацией и характером связей с другими структурами мозга [2, 3]. Активность нейронов обеспечивается их трофическим микроокружением – глией и микроциркуляторным руслом (МЦР), которые вместе, согласно гипотезе Шеррингтона, составляют единую метаболическую систему [4]. Исследованию васкуляризации мозга посвящено большое количество работ, однако данные о нейроно-капиллярных отношениях в разных отделах Мж немногочисленны.

**Цель исследования.** Определить возрастные морфометрические и стереометрические показатели МЦР в коре зернистого слоя долек, относящихся к неоцеребеллярному отделу коры Мж человека. Исследование является частью научно-исследовательской работы ХНМУ "Нейроно-глиально-капиллярные отношения в стволе головного мозга человека" (№ 0102U001861).

**Материал и методы.** Проведены морфометрические исследования на полутонких срезах, представляющих собой парасагиттальные сечения листов коры Мж человека (А.А.Гуцол, Б.Ю.Кондратьев, 1988). Подсчет количества капилляров проводили непосредственно в поле зрения микроскопа на площади, перекрываемой окулярной сеткой. Исследования велись с помощью иммерсионного объектива (60х), бинокулярной насадки (1,5х) и измерительного окуляра (7х). При таком увеличении площадь зернистого слоя, покрываемая сеткой, равнялась 22500 мкм<sup>2</sup>. Изображения полей зрения, содержащих капилляры, оцифровывали с помощью системы микроскоп – цифровая видеокамера – компьютер и определяли внешний диаметр капилляров с помощью программы UTHSCSA Image Tool for Windows. Замеряли не менее 30 капилляров со среза для обеспечения достаточной точности (погрешность менее 5%) статистического анализа. Изучались только поперечные сечения капилляров. Далее определяли стереометрические показатели: удельную длину капилляров ( $l$ , мм/мм<sup>3</sup>), удельную площадь поверхности ( $S_v$ , мкм<sup>2</sup>/мкм<sup>3</sup>) и удельный объем ( $V_v$ , мкм<sup>3</sup>/мкм<sup>3</sup>) капилляров, радиус зоны васкуляризации ( $R_v$ ) – среднее расстояние между центрами капилляров, величину зоны васкуляризации или дистанцию диффузии – среднее расстояние между

стенками соседних капилляров ( $r_v$ ). Удельную длину капилляров (УДК) определяли по формуле:  $l=2k/S$ , где  $k$  – количество сечений капилляров на площади  $S$ ; площадь обменной поверхности капилляров – по формуле:  $Sv=\pi dl$ , где  $d$  – средний диаметр капилляров; удельный объем капиллярного русла – по формуле:  $V = \pi d^2 l/4$ ; радиус зоны васкуляризации – по формуле:  $R=10^3 (1/\pi)^{1/2}$ , а ее величину – по формуле:  $r=R-d/2$ . Для статистической обработки использовали программу MS Excell.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Стенка капилляров коры Мж человека образована эндотелиоцитами, окруженными сплошной базальной мембраной, и перицитами. Околоядерная часть эндотелиоцита как правило выступает в просвет сосуда, несколько суживая его в этом месте. Перициты встречаются значительно реже. Ядро перицита располагается в расщеплении базальной мембраны и выступает наружу от внешней границы капилляра (рисунок). Количественные показатели васкуляризации представлены в таблице.

Средний диаметр капилляра во всех возрастных группах примерно равен размеру эритроцита (6-7 мкм). Встречаются как крупные капилляры, диаметром до 14-15 мкм, так и капилляры малого диаметра (4-5 мкм), среди которых встречаются плазматические, заполненные только плазмой крови. Но большинство капилляров имеет в полости эритроциты и относится к активным. Наличие в мозге человека и животных капилляров подобной величины отмечали другие исследователи [4].

УДК в палеоцеребеллюме человека, как и экспериментальных животных [5], значительно меньше, чем указанная в литературе средняя для коры полушарий мозга (1400 мм/мм<sup>3</sup>) [4]. Радиус зоны васкуляризации  $R_v$  связан с УДК обратной зависимостью: чем выше плотность капиллярной сети, тем меньше расстояние между капиллярами; в свою очередь значение величины зоны васкуляризации – расстояние между стенками соседних капилляров зависит как от величины удельной длины, так и радиуса капилляров. Рассчитанные значения величины зо-

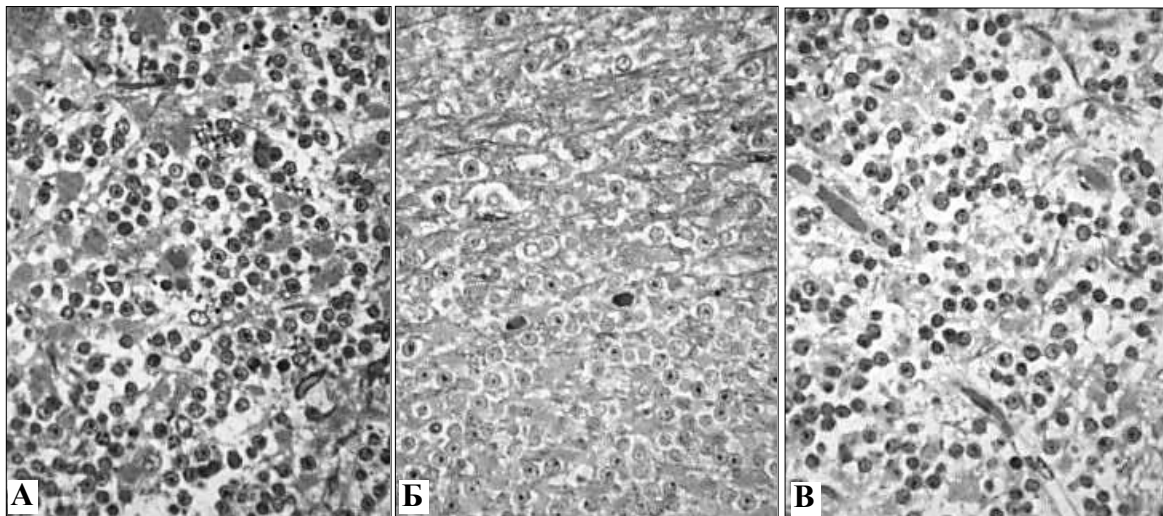


Рис. Капилляры в зернистом слое коры мозжечка человека в возрасте 21 года (А), 42 (Б) и 92 (В) лет. Микропрепараты. Окрашивание по Нисслю. Об. 60 $\times$ .

Таблица

**Морфометрические и стереометрические показатели васкуляризации долек палеоцеребеллюма коры мозжечка**

Показатели	Возраст			
	юношеский	молодой	средний	старческий
<b>d, мкм</b>	6,3	6,35	7,2	7,32
<b>l, мм/мм<sup>3</sup></b>	390,2	394,0	442,3	360,2
<b>R<sub>v</sub>, мкм</b>	23,0	23,9	22,5	26,7
<b>r<sub>v</sub>, мкм</b>	20,0	18,9	17,45	23,4
<b>Sv, мкм<sup>2</sup>/мкм<sup>3</sup></b>	9,1	9,3	12,2	9,0
<b>Vv, %</b>	1,8	1,8	2,9	1,6

ны васкуляризации оказались менее 30 мкм, что совпадает с данными литературы, но больше классической величины расстояния между нейроном и обеспечивающим его капилляром, установленной E.Scharter (1939).

Прослеживается возрастная динамика количественных показателей васкуляризации ткани Мж: исследованные показатели достигают максимума – в 1,5 раза по сравнению с молодым возрастом – в среднем возрасте, затем несколько уменьшаются в старческом возрасте. Однако в старческом возрасте величина радиуса капилляров остается повышенной по сравнению с таковой в молодом возрасте. В результате у лиц старческого возраста стереометрические характеристики васкуляризации – величина зоны васкуляризации, удельной площади и удельного объема капиллярного русла – оказались равными таковым в молодом возрасте. Таким образом, у лиц старческого возраста наблюдаются адаптивные изменения МЦР или, с другой стороны, до преклонного возраста доживают лица, у которых происходит адаптивная перестройка МЦР. Полученные

данные о морфометрических и стереометрических показателях васкуляризации коры палеоцеребеллюма человека и их возрастной динамике дополняют существующие представления об организации коры Мж, взаимоотношениях нейронов и капиллярного русла и могут быть использованы для исследования механизмов сосудистой патологии мозга и ее коррекции.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** 1. Количественно васкуляризация коры палеоцеребеллярной коры мозжечка меньшая, чем полушарий мозга. В процессе онтогенеза наблюдаются циклические изменения: рост – к среднему возрасту, уменьшение – к старческому возрасту. 2. Уменьшение удельной длины капилляров в старческом возрасте сопровождается компенсаторным увеличением диаметра капилляров. В результате количественные характеристики васкуляризации в старческом и молодом возрасте отличаются незначительно. 3. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение динамики васкуляризации других отделов коры мозжечка.

#### Литература

1. Акимов Г.А. *Мозжечок: рук. по гистологии: в 2 т.* / Г.А.Акимов, А.П.Новожилова. – СПб.: СпецЛит, 2001. – Т. 2. – С. 537-580. 2. Андреева Н.Г. *Эволюционная морфология нервной системы позвоночных* / Н.Г.Андреева, Д.К.Обухов. – СПб.: Лань, 1999. – 384 с. 3. Butler Ann B. *Comparative vertebrate neuroanatomy: evolution and adaptation* / Ann B.Butler, W.Hodos. – N.-Y.: Wiley-Liss, 1996. – 514 p. 4. *Гистофизиология капилляров* / В.И.Козлов, Е.П.Мельман, Е.М.Нейко, Б.В.Шутка. – СПб.: Наука, 1994. – 234 с. 5. *Масловский С.Ю. Сравнительный анализ васкуляризации клеток Пуркиньи и крупных интернейронов зернистого слоя мозжечка крысы* / С.Ю.Масловский, А.Ю.Степаненко // *Світ мед. і біол.* – 2005. – № 3. – С. 51-54.

#### МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЕ РУСЛО В ЗЕРНИСТОМ СЛОЕ ПАЛЕОЦЕРЕБЕЛЛУМА ЧЕЛОВЕКА (КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

**Резюме.** В работе показано, что количественно васкуляризация коры мозжечка меньшая, чем полушарий мозга; наблюдаются циклические изменения: рост – к среднему возрасту, уменьшение – к старческому возрасту. Уменьшение удельной длины капилляров в старческом возрасте сопровождается компенсаторным увеличением их диаметра, в результате количественные характеристики васкуляризации в старческом и молодом возрасте отличаются незначительно.

**Ключевые слова:** микроциркуляция, кора мозжечка, человек, возрастные изменения.

#### MICROCIRCULATORY BED IN THE GRANULAR LAYER OF HUMAN PALEOCEREBELLUM (A QUANTITATIVE STUDY)

**Abstract.** The paper shows that the vascularization of the cerebellar cortex is poorer than that of the cerebral hemispheres, judging by quantitative parameters; cyclic changes are observed: an increase till the middle age, a decrease-up to senility. A decrease of the specific length of the capillaries in senile age is accompanied with a compensatory increase of their diameter, thus the quantitative indices of vascularization in senile and young age do not differ essentially.

**Key words:** microcirculation, cerebellar cortex, human, age-specific changes.

National Medical University (Kharkiv)

Надійшла 23.02.2010 р.

Рецензент – д. мед. н. Р.С.Булик (Чернівці)