

УДК 574/578+611.81

В. С. Гитилис, Л. Г. Савицкая

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ НЕРВНЫХ КЛЕТОК, КАПИЛЛЯРОВ И ГЛИИ В НЕКОТОРЫХ ОТДЕЛАХ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА КОШКИ (*FELIS DOMESTICA*) И КРОЛИКА (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*)

Нервной системе принадлежит главенствующая роль в регуляции функций и поддержании жизнедеятельности организма. Это определяет необходимость достаточного ее кровоснабжения. Однако сведения о тонких взаимоотношениях нервных элементов и капилляров крайне скудны. В. Н. Жосовский (1951) установил, что большие пирамиды коры окружены несколькими капиллярами. Одни из них — артериальные капилляры — размещены на поверхности клетки в виде спирали. Другие — венозные — расположены у основания тела нейрона. При изучении кровоснабжения коры слуховой области головного мозга человека установлено, что капиллярные петли на протяжении всех слоев однообразны (Чайковская, Кононенко, Старлычанова, 1968). Однако в одной петле крупных нейронов насчитывается 2—3, а мелких — от 8 до 10.

Предметом настоящего исследования было изучение интимных взаимоотношений различных типов нервных клеток, капилляров и глиальных элементов в двигательной и соматосенсорной зонах головного мозга кошки и кролика. Исследование проведено на 33 взрослых кошках и 10 кроликах. Для инъекции сосудов головного мозга использовали парижскую синюю и тушь с желатиной. Нервные клетки и глиальные элементы окрашивались по методу Ниссля.

Препараты изучались по разработанной одним из авторов (В. С. Гитилис) методике на сконструированном им микропроекционном устройстве. На кальке воспроизводились рисунки нейронов, сосудов и глиальных клеток. Затем их помещали на миллиметровую бумагу и подсчитывали интересующие параметры с последующим переводом в микроны. В препаратах определяли площадь профильного (силуэтного) поля нейронов, длину, ширину капилляров и площадь капиллярного русла, а также прямое расстояние капилляр — клетка (истинное расстояние вычислялось по теореме Пифагора). Нас интересовали только сосуды, расположенные в зоне васкуляризации нейрона, которая, по данным Шаррера (Scharrer, 1939), определяется радиусом 25 мкм от тела клетки. В этой же зоне подсчитывали количество клеток глии, включая число глиальных элементов между сосудом и телом нейрона. Коэффициент нейроно-капиллярных соотношений получали путем деления площади капиллярного русла в зоне Шаррера на площадь профильного поля нейрона. Полученный цифровой материал подвергали статистической обработке на ЭВМ «Мир» и «Искра».

Пирамидные клетки коры головного мозга представлены нейронами, которые имеют различные морфологические особенности и функциональную характеристику. Можно выделить три группы пирамид: крупные, средние и мелкие. Взаимоотношения мелких пирамид, капилляров и глии у исследуемых животных изучали в наружном и внутреннем зернистом слоях двигательной коры. Профильное поле этих клеток составляло у

кошки 115,96—127,70 мкм², у кролика — 86,14—86,33 мкм². Необходимо отметить, что у кроликов площадь профильного поля нейронов коры всех категорий меньше, чем у кошки. Средние пирамиды, их отношения с капиллярами и глией изучали в пирамидном слое двигательной и соматосенсорной зон. К средним пирамидам относили у кошки нейроны с площадью профильного поля 439,04—477,96 мкм², у кролика — 157,4—166,16 мкм². Крупные пирамиды (клетки Беца) с площадью профильного поля 1574,8—1507,1 мкм² изучали в ганглионарном слое исследуемых зон кошки.

Пространственные отношения мелких пирамид и капилляров однообразны (рисунок, а). В зоне васкуляризации этих нейронов расположены 1—3 отрезка капилляра. Нервные клетки находятся преимущественно в развилке сосудов или в образованной ими петле. Причем, в одной петле или развилке насчитывается два и более нейронов, гораздо реже они встречаются по одному. Любопытна пространственная ориентация этих нейронов относительно капилляров: большинство из них вершиной направлены в сторону развилки сосуда, отрезки которого пролегают в непосредственной близости от тела клетки.

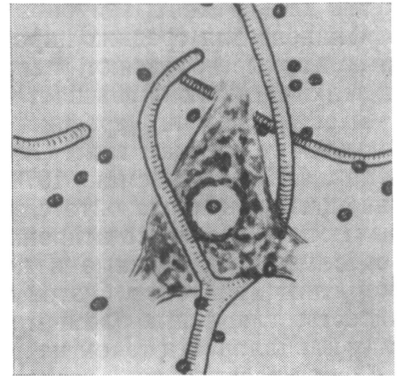
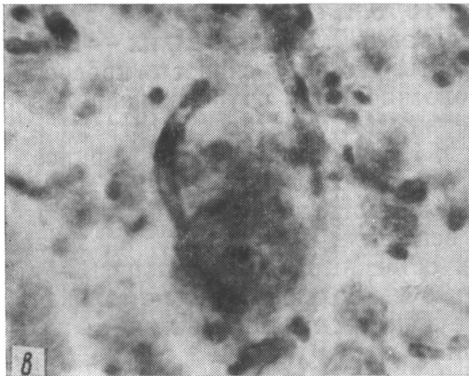
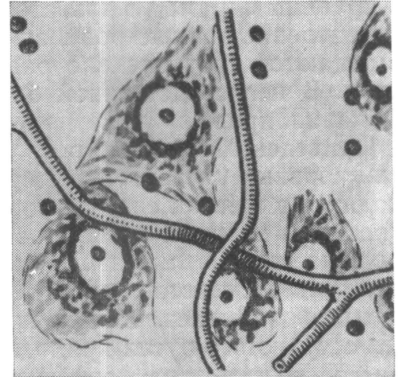
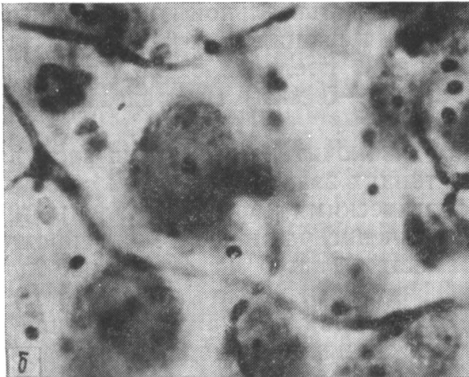
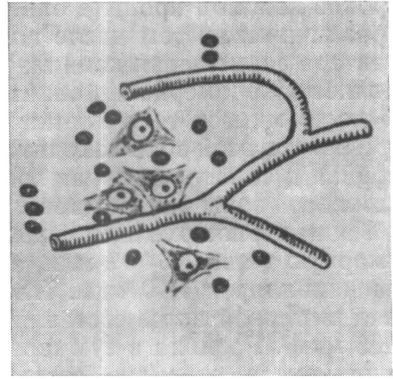
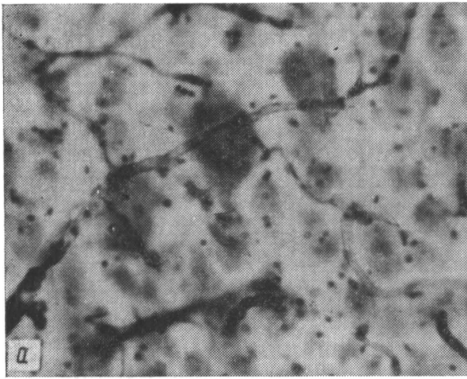
Васкуляризацию средних пирамид у кошки осуществляют в среднем 2,34—2,12 отрезка капилляра, у кроликов 3,12—3,32. Их взаимоотношения с капиллярами в общих чертах напоминают эти отношения у мелких пирамид. Отличие заключается в том, что в петле расположена чаще всего одна клетка, реже — две. Наряду с параллельным расположением капилляров встречаются сосуды, образующие вокруг тела клетки широкую дугу или развилку (рисунок, б).

Особый интерес представляет топография капилляров в зоне васкуляризации крупных мотонейронов (рисунок, в). Эти нейроны окружены значительным числом капилляров (до восьми) и их пространственные отношения отличаются разнообразием. Располагаясь в различных направлениях, капилляры образуют густую сеть; в ячейках которой находятся нервные клетки. Для подавляющего большинства крупных пирамид характерно расположение части капилляров по длине клетки в виде удлиненных петель, которые повторяют конфигурацию нейрона, остальные капилляры пролегают в поперечном направлении. Встречаются структуры, описанные В. Н. Кросовским (1951), когда один из капилляров образует вокруг клетки спираль, а другой находится у ее основания. Описанная нами картина отношений нервных клеток и капилляров является типичной для обоих видов подопытных животных.

Разнообразие пространственных взаимоотношений капилляров и различных типов пирамидных клеток сочетается с различной их качественной характеристикой. Об этом свидетельствуют полученные нами цифровые данные.

В зоне васкуляризации мелких пирамид у кошки расположены отрезки капилляров суммарной длиной 65,01—114,27 мкм при средней ширине 4,51—4,59 мкм. Площадь капиллярного русла этих клеток в наружном зернистом слое составляет 296,92 мкм², во внутреннем зернистом слое — 547,00 мкм². Суммарная длина капилляров в зоне Шаррера мелких пирамид головного мозга кролика уступает величине этого показателя у кошки и составляет 23,43 мкм. Общая площадь капиллярного русла этих нейронов также меньше — 94,89 мкм².

Размещение капилляров в зоне васкуляризации характеризуется определенной закономерностью; большая часть капилляров расположена на расстоянии 5—15 мкм от тела клетки. У обоих животных в этой зоне размещено 50—55% сосудов. На расстоянии до 5 мкм находится 10—15% сосудов, остальные — за пределами 15 мкм.



Структурно-пространственные взаимоотношения нейронов, глии и капилляров в моторной коре головного мозга кошки (инъекция сосудов парижской синей, окраска нервных клеток по Нисслю):

а — мелкие, б — средние, в — крупные пирамиды (слева — микрофото, справа — реконструкция с препарата, $\times 280$).

Средние пирамиды моторной коры кошки окружены капиллярами общей длиной порядка 78,87 мкм (ширина 4,09 мкм). Длина капиллярного русла пирамид соматосенсорной зоны составляет 166,73 мкм при ширине 4,83 мкм. Площадь образованного ими капиллярного русла составляет в моторной зоне 331,36 мкм², в сенсорной — 349,58 мкм². У кроликов длина капилляров в зоне васкуляризации средних пирамид составляет в моторной коре 26,46 мкм, в сенсорной — 28,38 мкм. Их средняя ширина равна 4,03—4,05 мкм. Площадь капиллярного русла составляет 96,61—114,94 мкм². Разница в показателях кровоснабжения изученных

нейронов кошки и кролика определяется, по-видимому, морфологическими различиями, в том числе площадью их профильного поля. Изучение характера размещения капилляров в зоне васкуляризации этих нейронов выявляет закономерность, описанную нами выше. У кошек на расстоянии от 5 до 15 мкм от тела клетки расположено 42,79—52,38% капилляров. У кроликов в этой зоне находится 55,77—58,97% сосудов (соответственно моторная и соматосенсорная зона коры). Ближе к телу клетки и за пределами этой зоны капилляров меньше.

Капиллярное русло крупных пирамид в моторной зоне кошки имеет суммарную длину 194,97 мкм, а в сенсорной — 127,65 мкм. Средняя ширина капилляров 4,40 мкм. Площадь капиллярного русла крупных пирамид моторной коры составляет 732,86 мкм², соматосенсорной зоны — 437,85 мкм². Разница в суммарной длине капилляров и площади капиллярного русла, очевидно, связана с различной функциональной нагрузкой крупных пирамид в двигательной и чувствительной коре. Характерно распределение капилляров в зоне васкуляризации этих нейронов: сосуды размещаются сравнительно равномерно в пределах 5—25 мкм от тела клетки. В непосредственной близости (0—5 мкм) мы находим 10,32—11% капилляров.

Приведенные данные позволяют заключить, что степень васкуляризации нервных клеток, характер их тонких взаимоотношений с сосудами находятся в прямой связи с морфологическими и функциональными особенностями нервных элементов. Увеличение размеров тела нейрона сопровождается увеличением числа капилляров, их суммарной длины и площади сосудистого русла. Коэффициент нейроно-капиллярных соотношений показывает, что чем крупнее нервная клетка, тем меньшая площадь сосудистого русла приходится на единицу площади ее профильного поля. У кошки этот коэффициент для крупных пирамид составляет 1 : 0,57, для средних нейронов — 1 : 0,75, мелких — 1 : 1,56. У кролика коэффициент для средних пирамид равен 0,69, для мелких — 1,1. Полученные данные позволяют утверждать, что интенсивность кровоснабжения мелких клеток превышает кровоснабжение крупных нейронов.

В осуществлении трофики нервных элементов существенная роль принадлежит клеткам глии (Hyden, 1959; Певзнер, 1964; Саркисов, Боголепов, 1967; Гейнисман, 1974). Полагают, что последние служат не только для транспорта питательных веществ, но также частично перерабатывают необходимые нейронам вещества. В этой связи представляют интерес пространственные и количественные взаимоотношения капилляров, глии и нейронов. С этой целью мы подсчитывали не только общее количество глиальных элементов в зоне васкуляризации, но и их число между капилляром и телом нейрона.

В зоне васкуляризации малых пирамид у кролика находится в среднем 10,92 глиальных клеток. Однако характер распределения глии вокруг нейрона неодинаков. В непосредственной близости от тела клетки размещается самое малое количество глии (0,97—1,14 клетки, что составляет 9,02—15,05%). Большая часть глии (72,58—83,68%) равномерно распределена в зоне 5—25 мкм от тела клетки, составляя местами группы из 2—3 клеток. За пределами этой зоны насчитывается ничтожное число глиальных клеток (4,03—7,29). Пояс расположения элементов глии вокруг клеток несколько шире зоны наибольшего количества капилляров и включает в себя последнюю.

Данные о взаимоотношениях средних и крупных пирамид и глии представлены на материале, полученном у кошки. Средние пирамиды моторной коры содержат в зоне 25 мкм 8,08 глиальных клеток. Для нейронов соматосенсорной коры этот показатель почти в 2 раза меньше

и составляет 4,44 клетки. Характер распределения элементов глии в зоне васкуляризации этих клеток отличается от такового малых пирамид тем, что в непосредственной близости от тела нейрона (0—5 мкм) мы находим клетки-сателлиты. В этой роли выступает 14,29% глии. Радиус максимального насыщения глией зоны васкуляризации средних пирамид моторной коры составляет 0—10 мкм. Здесь находится 51,45% клеток, причем, 35% общего числа глиальных элементов расположены между сосудом и телом нейрона (1—4 клетки). В соматосенсорной коре преобладающее количество глиальных клеток находится в зоне 0—15 мкм (63,99%). Между нейроном и капилляром глиальных клеток меньше, чем в моторной коре. Здесь встречаются, как правило, 1—2 клетки, что составляет 22%.

Крупные пирамиды моторной коры окружены значительным числом глиальных клеток. В зоне их васкуляризации находятся в среднем 23,64 клетки. В непосредственной близости от тела нейрона (0—5 мкм), в отличие от средних пирамид, мы насчитываем всего 6,85% глии, что подтверждает существующую точку зрения о незначительном количестве сателлитов у сверхкрупных клеток мозга. (Снесарев, 1959). 70,37% элементов глии расположено в радиусе 10—25 мкм от тела нейрона. Между сосудом и телом нервной клетки размещено 12,9% глии (4,86 клетки).

Приведенные в настоящем исследовании данные свидетельствуют о том, что характер трофики нейронов коры головного мозга (его васкуляризация и обеспечение глиальными элементами) находится в прямой связи с их функцией. Мелкие нейроны, посредством которых замыкаются связи отдельных участков коры одного полушария, находятся в наиболее благоприятных условиях кровоснабжения и имеют достаточное количество глиальных элементов в непосредственной близости от тела нейрона. Можно думать, что цитоплазма этих клеток не в состоянии обеспечить весь объем необходимой энергии для передачи импульсов, и в качестве постоянного источника энергетических ресурсов (питательных веществ) для нейронов малого калибра служит сосудистая сеть и клетки глии.

Нейроны среднего калибра занимают промежуточное положение по условиям трофики между малыми и крупными клетками. Обращает внимание тот факт, что в обменных процессах этих нейронов значительное место, видимо, принадлежит глии. Осуществляемые этими клетками связи с подкорковыми центрами требуют более высокого энергетического баланса, который может осуществить интегрированная система нейрон — глия.

Крупные пирамидные клетки ганглионарного слоя, как известно, несут функцию передачи нервного импульса моторным нейронам ядер спинного мозга. Их отличают от прочих клеток не только размеры, но и особенности внутреннего строения. Наличие в их цитоплазме крупных глыбок зернистости позволяет думать об особенностях обменных процессов, характерных для этих пирамид. Крупные клетки передают наиболее концентрированные и энергичные импульсы, рождение которых определяется процессами, происходящими в их цитоплазме. Можно предположить, что эти клетки отличаются большей автономностью обмена веществ в сравнении с более мелкими нервными клетками, что проявляется в особенностях их взаимоотношений с глиальными элементами.

ЛИТЕРАТУРА

- Гейнисман Ю. Я. Структурные и метаболические проявления функции нейрона. М., «Наука», 1974, с. 207.
- Клосовский Б. Н. Циркуляция крови в мозгу. М., «Медгиз», 1969, с. 371.
- Певзнер Л. З. Функциональная биохимия нейроглии. Л., «Наука», 1972, с. 199.
- Саркисов С. А., Боголепов Н. Н. Электронная микроскопия мозга. М., «Медицина», 1967, с. 171.
- Снесарев П. Е. В кн.: Многотомное руководство по неврологии, кн. 1. М., «Медгиз», 1959, с. 222—268.
- Чайковская И. И., Кононенко Т. К., Старлычанова Л. Д. Взаимоотношения нервных клеток и капилляров в некоторых отделах головного мозга человека. В кн.: Труды VII Всесоюз. съезда анат., гистол., эмбриол. Тбилиси, 1968, с. 991—992.
- Hyden H. Quantitative assay of compounds in isolated fresh nerve cells and glial cells from control and stimulated animals.— *Nature*, 1959, **841**, p. 433—435.
- Scharrer E. The functional significance of capillar bed in the brain of the opossum.— *Anatom. Record*, **75**, 1939, p. 319—340.

Ивано-Франковский
мединститут

Поступила в редакцию
13.II 1976 г.

V. S. Gitilis, L. G. Savitskaja

INTERRELATIONS OF NERVE CELLS, CAPILLARIES
AND GLIA IN SOME CEREBRAL CORTEX AREAS
OF *FELIS DOMESTICA* AND *ORYCTOLAGUS CUNICULUS*

Summary

The degree of nerve cells vascularization, quantitative, spatial relations of capillaries, glia and different types of neurons in motor and somatosensory zones of the cerebral cortex in *Felis domestica* and *Oryctolagus cuniculus* are determined by morpho-functional peculiarities of the animals. The optimal zone of vascularization is within a radius of 5-15 μm from the cell body. Distribution of glial cells is different for various types of nerve cells in the vascularization zone.

Medical Institute, Ivano-Frankovsk