Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 5

ЦИТОЛОГИЯ

Л. С. ГОЛЬДИН

ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ НЕРВНЫХ КЛЕТОК КОРЫ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА И МЛЕКОПИТАЮЩИХ

(*Представлено академиком Л. А. Орбели 21 I 1955*)

Применение электронного микроскопа к изучению тонкой структуры нервных клеток потребовало разработки соответствующей методики. Первым серьезным успехом в этом направлении была разработка метода сверхтонкой резки для целей электронной микроскопии. Однако в работе авторов этого метода ([4]) все же основные вопросы, касающиеся субмикроскопического строения ядра нервной клетки и ее протоплазмы, почти не затрагиваются. Нельзя также признать убедительным их заключение о том, что нервные клетки центральной нервной системы покрыты плазматической оболочкой.

Данные, приводимые в настоящем сообщении, получены при помощи метода сверхтонкой резки, разработанного автором ([1]). Объектом изучения являлась кора больших полушарий некоторых млекопитающих и человека. Изучалась преимущественно центральная область наружной поверхности полушария. Для фиксации применялся 10% раствор формалина и буферный раствор формалина, где pH доводился до величины 7,2—7,4, для чего применялась ацетатвероналовая смесь Михаэлиса. В 10% формалине материал фиксировался сутки, в буферном растворе 4—6 час. Затем материал проводился через спирты восходящей крепости и заливался в целлоидин — парафин. Работа проводилась с электронным микроскопом ЭМЗ.

Как показывают наши данные, субмикроскопическое строение нервных клеток коры мозга отличается большим разнообразием (см. рис. 1—3). Ядро клетки, изображенной на рис. 1, имеет сетчатое строение. В нем различимы зерна разнообразной величины и формы и элементы, которые можно рассматривать как своеобразные волоконца. Диаметр зерен, входящих в состав ядра, колеблется в весьма широких пределах — от 0,5 до 0,02—0,01 μ. Большинство зерен имеет поперечник меньше 0,1 μ, и только некоторые из них достигают размеров, доступных для наблюдения в световом микроскопе. Толщина нитей также варьирует в широких пределах: самые тонкие из них имеют поперечник, не превышающий 0,01 μ, а более толстые 0,1—0,5 μ. Некоторые из них имеют вид прямых или изогнутых палочек, в которых различима поперечная исчерченность, обусловленная тем, что они сами составлены из палочковидных элементов, расположенных поперечно. Подобные образования по плану своего строения несколько напоминают известные из светооптической гистологии хромосомы. Нетрудно видеть, что такое ядро по той картине строения, которую в нем можно было бы видеть при помощи светового микроскопа, пришлось бы отнести к типу выделяемых П. В. Макаровым и другими авторами однородных ядер, так как в нем, кроме 2—3 зерен, расположенных в разных местах, ничего другого невозможно было бы увидеть. Ядрышко здесь в срез не попало. Между тем, по электронно-микроскопической картине ядро такого строения скорее

следует отнести к типу сетчато-узловатых ядер. Сказанное еще лучше иллюстрируют рис. 2 и 3.

Ядро, изображенное на рис. 2, отличается от предыдущего большей рыхлостью своего строения. В нем различимы два более крупных тельца, которые соответствуют ядрышкам, описываемым в светооптической гистологии; кроме того, в нем видны образования более мелкие — в виде зерен разнообразной величины и формы, размером от 0,5—0,75 до 0,05—0,03 μ. Лишь небольшая часть этих зерен находится в пределах видимости светового микроскопа, большая же их часть находится за этими пределами. Все эти образования соединяются между собой посредством тончайших субмикроскопических волоконец, в результате чего образуется сложная сеть. Нетрудно видеть, что это ядро по своему субмикроскопическому строению следует отнести к сетчато-узловатому типу; несомненно также и то, что при помощи светового микроскопа ядро пришлось бы отнести скорее к зернистому типу.

Протоплазма клеточного тела построена из тончайших волокон, образующих сложную сеть. Толщина этих волокон в большинстве случаев не превышает 0,01 μ. В петлях этой сети располагаются зерна, величина которых колеблется в широких пределах. Более крупные из них могут достигать в поперечнике 0,25—0,5 μ, но таких зерен в рассматриваемой клетке немного; большинство же зерен относится к категории субмикроскопических и имеет поперечник, не превышающий в большинстве случаев 0,03—0,02 μ. Они располагаются в фибриллярной сети, образуя ее узловые точки. Правая сторона клетки отделена от окружающей ткани мозга довольно широкой щелью, пересекаемой в отдельных местах тонкими перекладинами протоплазмы, которые в виде мостиков соединяют поверхность клеточного тела с окружающей тканью мозга. Можно полагать, что такие щели могли возникнуть в результате сжатия клетки при фиксации и заливке.

Ядро клетки, изображенной на рис. 3, отличается от ядра предыдущей клетки большей плотностью строения. В нем видны два ядрышка и зернистости, характеризующиеся большим разнообразием формы и величины по сравнению с ядрами, рассмотренными выше. Наряду с мельчайшими зернами, диаметром от 0,05 до 0,02 μ, здесь содержится довольно большое количество зерен, имеющих в поперечнике 0,25 μ и больше. В отдельных местах эти зерна образуют скопления, которые могут достигать в поперечнике 0,5—0,75 μ. Все эти зерна вместе с ядрышками соединяются посредством субмикроскопических волокон в одну систему. Рассматриваемое ядро, так же как и описанные выше ядра, по своему субмикроскопическому строению должны быть причислены к сетчато-узловатому типу. Однако решить это при помощи светового микроскопа было бы невозможно, так как волокна, соединяющие зернистости ядра в одну систему, были бы в нем не видны. Кроме того, значительная часть зерен, размеры которых находятся за пределами разрешающей способности светового микроскопа, тоже оказались бы недоступными для наблюдения, так что ядро представлялось бы состоящим из отдельных разрозненных зерен, т. е. морфологически соответствовало бы зернистому типу.

Протоплазма рассматриваемой клетки имеет строение более сложное, чем протоплазма клеток, рассмотренных выше. Так же как и в предыдущем случае, здесь во многих местах видна сеть, построенная из тончайших субмикроскопических волокон, однако во многих местах эта сеть замаскирована наличием большого числа зернистых и палочковидных образований, имеющих разнообразную форму и величину. Многие из этих образований по своим размерам находятся в пределах видимости светового микроскопа. Зерна в отдельных местах образуют скопления с поперечником до 1 μ. Основная их масса, по всей вероятности, соответствует нисслевской зернистости, хотя не исключена возможность того, что некоторые из этих зерен, более гомогенные и более правильной формы, явля-



Рис. 1

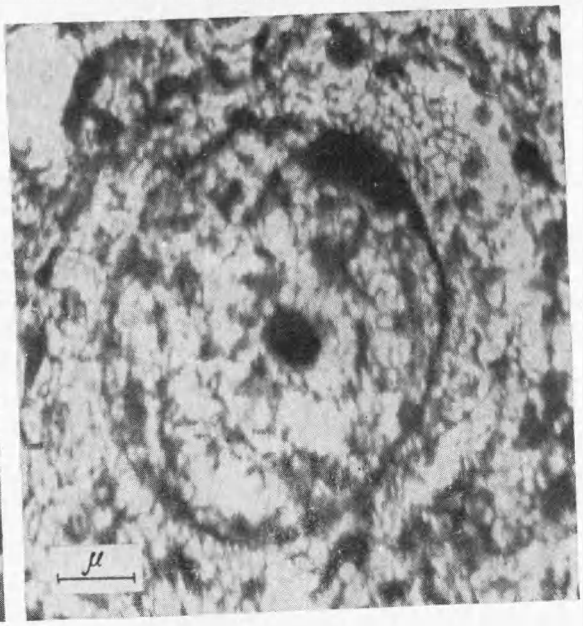

Рис. 2

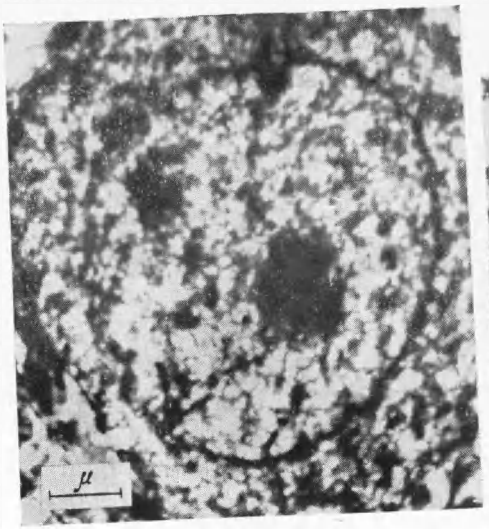

Рис. 3

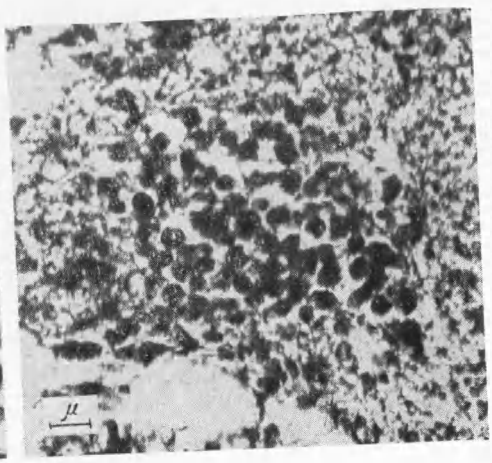

Рис. 4

ются митохондриями. Среди палочковидных образований можно различать короткие и толстые палочки, закругленные на своих концах, имеющие в длину до 1 μ и в поперечнике около 0,3 μ, и палочки более длинные, часто изогнутые, имеющие в длину 2,5—3 μ и в ширину 0,25—0,3 μ. Эти последние имеют ясно различимое сегментарное строение и состоят из чередующихся вздутий и сужений. По всей вероятности, они соответствуют хондриосомам, описываемым в светооптической гистологии. Как можно видеть из приведенных рисунков, все эти образования — зернистые и палочковидные — не лежат в протоплазме изолированно, но органически соединены с волокнами описанной выше тончайшей субмикроскопической сети в одну общую систему.

На рис. 4, при увеличении в 6000 раз, представлена часть большой или гигантской пирамиды из коры передней центральной извилины мозга человека. На этом рисунке, так же как и на предыдущем, видны фибриллярные и зернистые элементы протоплазмы. Фибриллы состоят из мельчайших зерен, следующих одно за другим, и имеют, следовательно, периодическое строение. Не исключена вероятность того, что эти зерна, которые можно рассмотреть в отдельных местах и у других клеток, являются элементами, обозначаемыми в литературе как микросомы. Кроме того, на рассматриваемом снимке видно скопление зерен, отличающихся от других зерен по своей гомогенности, более правильной форме и величине. Это скопление довольно резко обособлено от остальной протоплазмы и представляет, повидимому, отложение липохрома.

Таким образом, разработанный автором метод позволяет изучать при помощи электронного микроскопа субмикроскопическое строение нервных клеток коры мозга и выявляет в них картину строения, соответствующую картине, получаемой при помощи световой оптики при применении аналогичных методов гистологической обработки. Высокая разрешающая способность электронного микроскопа позволяет видеть детали строения ряда элементов нервной ткани с такими подробностями, которые невозможно обнаружить при помощи светового микроскопа. Хотя здесь предстоит еще большая работа по уточнению интерпретации и выяснению многих нерешенных еще вопросов о тончайшем строении нервной клетки, все же уже сейчас можно придти к следующим заключениям:

1) Наличие плазматической оболочки, отделяющей тело нервных клеток от окружающей ткани мозга, не подтверждается нашими материалами. Никаких перицеллюлярных пространств вокруг тела нервных клеток обнаружить не удается. На наших снимках видно, что при наличии щелей вокруг нервных клеток их трудно истолковать иначе, чем разрывы ткани, возникающие вследствие сжатия ткани, повидимому, главным образом при фиксации и заливке. Сказанное поясняет рис. 2, на котором изображена клетка, имеющая с правой стороны такую щель, в то время как в остальных местах клетка находится в самой тесной связи с остальными окружающими ее тканевыми элементами.

2) Ядро и протоплазма нервных клеток, фиксированных обычным гистологическим способом, в большинстве случаев имеют строение сложной сети. В отношении протоплазмы нервных клеток наши данные находятся в согласии с представлениями тех старых авторов (Кахаль и др.), которые признавали сетевидное строение фибриллярного аппарата нервных клеток, хотя нельзя не отметить, что элементы, входящие в состав фибриллярной сети протоплазмы нервных клеток, выявляемые при помощи электронного микроскопа, в своем большинстве находятся за пределами разрешения светового микроскопа. Этим отчасти можно объяснить существующие в литературе разногласия по этому вопросу.

3) Мы полагаем, что нет достаточных оснований отказаться от представления, что при фиксации возникают картины, эквивалентные определенным прижизненным состояниям.

4) Было бы затруднительно согласиться с представлением о том, что

живая протоплазма нервной клетки является простой коллоидальной системой, в которой все элементы могут свободно перемещаться одни около других. Такую точку зрения было бы трудно совместить с представлениями, касающимися функции нервной системы, и со способностью высших отделов центральной нервной системы к образованию временных связей.

Ленинградский психоневрологический
институт им. В. М. Бехтерева

Поступило
12 I 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. С. Гольдин, Я. Ю. Комиссарчик, ДАН, 95, № 1 (1954). [2] П. В. Макаров, Основы цитологии, 1953. [3] S. R. Cajal, Handb. d. Neurol. Bumke u. Förster, 1, 1935. [4] D. C. Pease, R. F. Baker, Anat. Rec., 110, No. 4, 505 (1951).