

И. С. ПЕРСИНА

**ИЗУЧЕНИЕ ФОРМЫ И ОБЪЕМА НЕЙРОНОВ ЯДРА
ДЕЙТЕРСА У КРЫС**

(Представлено академиком В. В. Париным 18 II 1969)

Латеральное вестибулярное ядро является частым объектом морфофизиологических исследований. Знание объемов тела и ядра вестибулярных нейронов необходимо при изучении функциональных флуктуаций этих величин, ядерно-плазменных отношений, а также для определения содержания химических веществ в ядре и цитоплазме клетки при известной концентрации этих веществ.

По данным Миклрайта и др., Схаде и Харревельда (1, 2), форма нейрона приближается к эллипсоиду с тремя независимыми осями. Объем нейрона определяется формулой:

$$V = F(A; B; C),$$

где A, B, C — оси эллипсоида. Ядро нейрона большинством авторов (3, 4) рассматривается как удлинённый или уплощенный эллипсоид вращения, с объемом: $V = F(a; b; c)$, где a, b, c — оси эллипсоида. В настоящее время наиболее точным методом для определения объема ядер и цитоплазмы нейронов является метод оптической реконструкции (1, 2), однако он трудоемок. Были предприняты попытки (2) найти зависимость одной из осей эллипсоида (C) от двух других (A, B): $C = f(A; B)$. Наличие такой зависимости позволяет получить выражение для объема тела и ядра клетки как функцию двух осей: $V = F[A; B; f(A; B)]$. Эти две оси могут быть измерены на обычном гистологическом срезе, следовательно, становится возможным определить объем тела и ядра нейрона исходя из двух осей его плоскостного среза.

Наша работа состояла в следующем: 1) определение формы тела и ядра нейронов путем измерения их осей на поперечных и продольных срезах и выведения соотношения осей ($A : B : C$); выразив ось C через две другие, мы могли найти формулу для вычисления объемов тел и ядер нейронов; 2) проверка надежности выведенной формулы сравнением вычисленных по ней объемов с реальными объемами тел и ядер клеток, полученными при их реконструкции.

Таблица 1

Результаты измерений осей тела и ядра нейронов на поперечных и продольных срезах

Объект исследования	Средние значения, μ			$A : B : C$	$C = f(A; B)$	Геометрическая форма	$V = F[A; B; f(A, B)]$
	A	B	C				
Тело нейрона	$33,02 \pm 0,46$	$21,24 \pm 0,33$	$25,40 \pm 0,64$	$1,30 : 0,84 : 1$	$C = \sqrt{AB}$	Трехосный эллипсоид	$V = \frac{\pi}{6} AB \sqrt{AB}$
Ядро нейрона	$14,96 \pm 0,15$	$11,79 \pm 0,11$	$11,73 \pm 0,15$	$1,23 : 1,00 : 1$	$c = b$	Эллипсоид вращения	$V = \frac{\pi}{6} ab^2$

Исследовали нейроны ядра Дейтерса 5 половозрелых самцов крыс линии Вистар. После фиксации в жидкости Карнуа продолговатый мозг разрезали по средней линии. Обе половинки продолговатого мозга заливали в один блок (заливка в парафин-целлоидин) и ориентировали таким образом, чтобы получить одновременно поперечные и продольные срезы, которые монтировали на одно предметное стекло. Окраска галлоцианин — хромовые квасцы по Эйнарсону. Толщина срезов 10 μ . Измерения осей проводили винтовым окуляр-микрометром при объективе 100 \times (масляная иммерсия) и окуляре 15 \times . Исследовали клетки, которые в плоскости данного среза содержат ядрышко. На поперечных срезах измеряли взаимноперпендикулярные оси эллипсов, мысленно вписанных в контуры тела и ядра клеток, наибольшую *A* и наименьшую *B*. На продольных срезах определяли только ось *C*, параллельную плоскости среза и перпендикулярную оптической оси микроскопа. Всего исследовано 200 нейронов (100 на поперечных и 100 на продольных срезах). Поправка на сморщивание ткани не производилась.

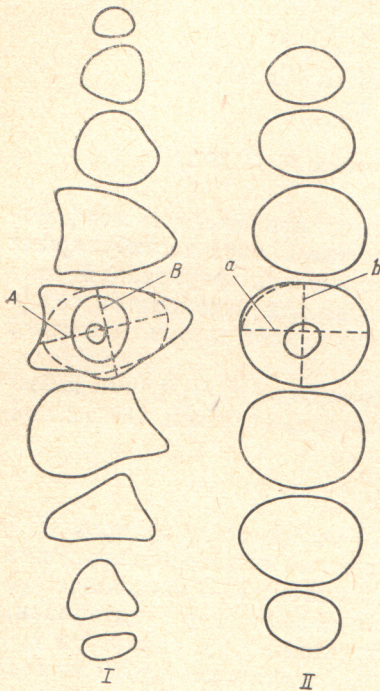


Рис. 1. Контурные оптических срезов тела (I) и ядра (II) нейронов. *A* и *B* — оси центральных оптических срезов

Как видно из табл. 1, после определения средних значений осей было найдено их соотношение. Ось *C* при этом принимали за единицу. Из соотношения осей, полученного для тела нейронов, следует, что оно по форме приближается к трехосному эллипсоиду; одно из возможных выражений для оси $C = \sqrt{AB}$; отсюда формула для вычисления объема тела нейрона: $V = \frac{\pi}{6} AB \sqrt{AB}$. Средние значения осей ядра *b* и *c* отличаются только на 0,5%, что статистически недостоверно ($P > 0,5$). В то же время ядерная ось *a* больше *c* на 28% ($P < 0,001$). При таком соотношении осей следует считать, что ядро нейрона близко по форме к удлинённому эллипсоиду вращения, и формула для расчета его объема: $V = \frac{\pi}{6} ab^2$.

Для оптической реконструкции (1, 2) использовали сериальные поперечные срезы продолговатого мозга 8 крыс. Эти срезы имели толщину 40 μ и целиком включали нейроны ядра Дейтерса (среднее значение ортокаудальной оси *C* тела нейронов равно 25 μ). Гистологическая обработка ткани прежняя. Всего обследовано 50 нейронов.

Таблица 2
Результаты измерения осей тел и ядер нейронов при оптической реконструкции

Объект исследования	Число клеток	Средние значения, μ			A : B : C	«Ось C»
		A	B	C		
Тело нейрона	50	32,83 ± 0,71	21,43 ± 0,42	26,28 ± 0,70	1,25 : 0,82 : 1	$C = \sqrt{AB}$ 26,46 ± 0,52 $c = b$
Ядро нейрона	50	16,24 ± 0,18	13,18 ± 0,13	13,00 ± 0,28	1,25 : 1,01 : 1	

При помощи рисовального аппарата Аббе при объективе $100\times$ (масляная иммерсия) и окулярах $10\times$ для тела и $20\times$ для ядра нейронов рисовали контуры оптических срезов. Оптические срезы делали с интервалом $3\ \mu$ для клеточного тела и $2\ \mu$ для ядра по показаниям микровинта микроскопа. Полученные последовательные контуры оптических срезов (рис. 1) планиметрировали. Площадь каждого контура умножали на интервал и получали объем цилиндра высотой соответственно 3 или $2\ \mu$. Сумма объ-

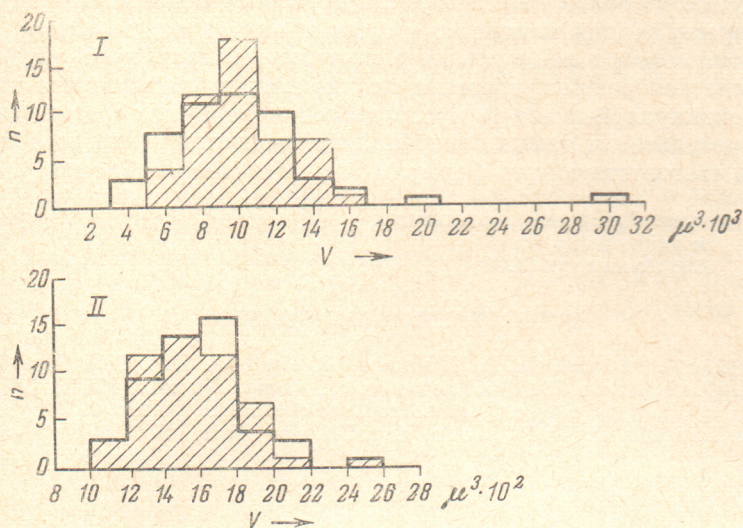


Рис. 2. Гистограммы распределения реконструированных (заштриховано) и вычисленных по формулам объемов. I — тело и II — ядро нейронов

емов этих цилиндров представляла собой объем тела или ядра нейрона. Взаимно перпендикулярные оси — наибольшую A и наименьшую B — измеряли в эллипсе, вписанном в контур центрального оптического среза (см. рис. 1). Произведение числа оптических срезов на интервал между ними составляло ось C . Исследования, выполненные методом оптической реконструкции, позволили определить как соотношение осей (табл. 2), так и объемы (табл. 3) тел и ядер нейронов.

При сравнении табл. 1 и 2 видно, что соотношения осей тела и ядра нейронов, полученные при измерении их на поперечных и продольных срезах и методом реконструкции, практически совпадают. Кроме того, значение оси C , определенное при реконструкции, можно считать равным значению, вычисленному по формуле $C = \sqrt{AB}$.

Из табл. 3 следует, что расчет объемов по формулам дает средние величины, которые лишь незначительно отличаются от объемов, полученных при реконструкции. Распределения экспериментально найденных и вычис-

Таблица 3

Объемы тела и ядра нейронов, полученные методом оптической реконструкции и вычисленные по выведенным формулам

Объект исследования	Объем ($M \pm m$), μ^3		Разница (1) — (2), %	P по t
	$V_{\text{реконстр}} (1)$	$V = \frac{\pi}{6} AB \sqrt{AB} (2)$		
Тело нейрона	9938 ± 364	$10\ 189 \pm 611$	2,0	$P > 0,5$
Ядро нейрона	1462 ± 41	1491 ± 40	2,0	$P > 0,5$

ленных по формулам объемов также существенно не различаются (рис. 2), что подтверждается статистической обработкой по критерию χ^2 для сравнения двух эмпирических выборок ($P > 0,5$).

Полученные результаты позволяют нам сделать следующие выводы: 1) тело нейронов ядра Дейтерса крыс имеет форму трехосного эллипсоида, а их ядро — удлиненного эллипсоида вращения; 2) объемы тела и ядра нейронов Дейтерса могут быть достаточно точно вычислены по выведенным формулам на основании измерения двух осей в плоскостном гистологическом срезе; 3) для выяснения формы и определения объема тела и ядра мультиполярных нейронов не обязательно использовать трудоемкий метод оптической реконструкции, а вполне достаточно измерить три взаимно перпендикулярные оси на продольных и поперечных срезах этих нейронов, по результатам таких измерений найти соотношение осей и затем установить соответствующую формулу для вычисления объемов.

Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии
Академии наук СССР

Поступило
17 II 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ H. L. Miclewright, N. B. Kurnik, R. Hodes, *Exp. Cell. Res.*, 4, 1, 151 (1953). ² I. P. Schade, A. Harreveld, *J. Comp. Neurol.*, 117, 3, 387 (1961). ³ Я. Е. Хесин, Размеры ядер и функциональное состояние клеток, 1967. ⁴ C. Peligrino, R. Tongiani, M. P. Viola, *Exp. Cell Res.*, 35, 2, 419 (1964).