

В. И. ТАБИН

## О ПОЛОЖЕНИИ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО СИНАПСА НА МЫШЕЧНОМ ВОЛОКНЕ

(Представлено академиком С. С. Шварцем 3 III 1975)

В обширной литературе по иннервации мышц вопрос о месте расположения нервно-мышечного синапса на мышечном волокне специально не рассматривался. Имеются лишь единичные указания (<sup>1-3</sup>) о расположении двигательных концевых пластинок посередине мышечного волокна. Поскольку синаптический участок мышечного волокна является центром возникновения электрической и механической волн, для понимания физиологических отправления мышечного волокна в норме и патологии представляется весьма важным точное знание этого вопроса. При анализе структурно-функциональной перестройки мышц у животных с врожденными деформациями опорно-двигательного аппарата (<sup>4</sup>) было высказано предположение о том, что положение нервно-мышечного синапса на мышечном волокне может и не следовать такому, казалось бы, выгодному его положению в центре мышечного волокна с точки зрения минимального времени приведения его в возбуждение. Выяснению этого вопроса и посвящена настоящая работа.

Материалом для исследования послужили 21 мышца трех видов млекопитающих (белой крысы, морской свинки и кошки) с различной топографией зон двигательных окончаний (рис. 1), а также несколько мышц лягушки. Взятые сразу после убоя животного мышцы тотально обрабатывались на ацетилхолинэстеразу по методике (<sup>5</sup>). После этого мышцы в течение 5—10 мин. проваривались в 2—3% растворе соды и на сутки помещались в 50% раствор глицерина. Препарирование (выделение мышечных волокон) проводилось под бинокулярным микроскопом МБС-2.

Всего было выделено 453 неповрежденных мышечных волокна у млекопитающих, в которых четко просматривалась локализация синаптического участка. С помощью окуляр-микрометра измерялись отрезки мышечного волокна, расположенные проксимальнее и дистальнее синаптического участка. Длина проксимального отрезка делилась на длину дистального, который принимался за единицу. Полученное таким образом отношение характеризовало степень асимметрии расположения синапса на мышечном волокне. Средние отношения и крайние значения полученных данных приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, положение синапса в середине мышечного волокна является скорее редким исключением, чем правилом. Более или менее центральное расположение синапса чаще отмечалось в мышечных волокнах, расположенных в середине мышечного брюшка. Они начинаются и заканчиваются в толще мышцы истонченными проксимальными и дистальными концами. Такие волокна в большом числе имеются в двусуставных мышцах морской свинки и кошки и отсутствуют у крысы. Для волокон проксимальных (начинающихся от верхнего прикрепления мышцы и оканчивающихся заостренным концом в толще мышцы) и дистальных (начинающихся от нижнего прикрепления мышцы и оканчивающихся аналогично проксимальным в толще мышечного брюшка) наиболее характерно расположение синапса ближе к точке прикрепления. Таким образом, наиболее короткий отрезок волокна является более толстым. Более тонкий отрезок мышечного волокна оказывался наиболее протяженным, что, по-видимому, создает предпосылки для более длительного распространения процесса возбуждения в мышечном волокне. Часть мышечных волокон, идущих в ряде мышц через всю их длину, имеет нервно-мышечный синапс

Таблица 1

Отношение участков мышечного волокна, лежащих проксимальнее и дистальнее нервно-мышечного синапса (отношение проксимального участка к дистальному)

| Мышца                                                                             | Расположение<br>волокна в мышце | Крыса         |                       |                           |                     | Морская свинка |                       |                           |                     | Кошка         |                       |                           |                     |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|--|
|                                                                                   |                                 | число<br>мышц | число<br>воло-<br>кон | среднее<br>отноше-<br>ние | крайние<br>значения | число<br>мышц  | число<br>воло-<br>кон | среднее<br>отноше-<br>ние | крайние<br>значения | число<br>мышц | число<br>воло-<br>кон | среднее<br>отноше-<br>ние | крайние<br>значения |  |
| Длинная головка<br>двуглавой мышцы<br>бедр                                        | Проксимальное                   | 2(1)          | 43                    | 0,536                     | 0,500—0,666         | 1              | 14                    | 0,913                     | 0,615—1,307         | 1             | 5                     | 0,873                     | 0,750—1,0           |  |
|                                                                                   | Среднее                         |               | —                     | —                         | —                   |                | 3                     | 1,250                     | 0,600—1,750         |               | 5                     | 1,097                     | 0,667—2,0           |  |
|                                                                                   | Дистальное                      |               | 20                    | 1,312                     | 1,076—1,714         |                | 14                    | 1,242                     | 0,700—1,625         |               | 1                     | 1,091                     | —                   |  |
|                                                                                   | Через всю длину<br>мышцы        |               | 7                     | 1,607                     | 0,270               |                | —                     | —                         | —                   |               | —                     | —                         | —                   |  |
| Короткая головка<br>двуглавой мышцы<br>бедр                                       | Проксимальное                   | 2(2)          | 2                     | 0,889                     | 0,778—1,0           | 1              | 10                    | 1,356                     | 0,880—1,833         | 1             | 1                     | 0,857                     | —                   |  |
|                                                                                   | Среднее                         |               | —                     | —                         | —                   |                | 11                    | 1,212                     | 0,500—2,200         |               | 3                     | 0,931                     | 0,875—1,045         |  |
|                                                                                   | Дистальное                      |               | Не выделены           |                           |                     |                | 4                     | 2,308                     | 2,000—2,500         |               | 1                     | 1,048                     | —                   |  |
|                                                                                   | Через всю длину<br>мышцы        |               | 27                    | 1,105                     | 0,435—2,200         |                | —                     | —                         | —                   |               | —                     | —                         | —                   |  |
| Полусухожильная<br>мышца дистальнее<br>соединительно-<br>тканной перего-<br>родки | Проксимальное                   | 3(2)          | 16                    | 0,899                     | 0,692—1,571         | 1              | 13                    | 1,142                     | 0,800—1,571         | 1             | 15                    | 1,261                     | 0,769—2,571         |  |
|                                                                                   | Среднее                         |               | —                     | —                         | —                   |                | 11                    | 0,814                     | 0,440—1,555         |               | 16                    | 0,954                     | 0,545—1,857         |  |
|                                                                                   | Дистальное                      |               | 12                    | 0,843                     | 0,555—1,286         |                | 14                    | 1,683                     | 0,411—3,666         |               | 15                    | 1,213                     | 0,667—2,222         |  |
|                                                                                   | Через всю длину<br>мышцы        |               | 19                    | 0,898                     | 0,600—2,071         |                | 1                     | 0,846                     | —                   |               | 3                     | 0,514                     | 0,333—0,633         |  |
| Крестцовая голов-<br>ка полусухожиль-<br>ной мышцы                                | Проксимальное                   | 2(1)          | —                     | —                         | —                   | 1              | —                     | —                         | —                   | 1             | 5                     | 0,754                     | 0,357—1,200         |  |
|                                                                                   | Дистальное                      |               | —                     | —                         | —                   |                | 1                     | 0,700                     | —                   |               | 3                     | 1,003                     | 0,500—1,400         |  |
|                                                                                   | Через всю длину<br>мышцы        |               | 29                    | 0,943                     | 0,466—1,500         |                | 9                     | 1,135                     | 1,0—1,278           |               | 20                    | 1,309                     | 0,375—2,571         |  |
| Полуперепончатая<br>мышца                                                         | Проксимальное                   | 1             | 8                     | 0,560                     | 0,444—0,727         |                |                       |                           |                     |               |                       |                           |                     |  |
|                                                                                   | Дистальное                      |               | 2                     | 0,756                     | 0,695—0,818         |                |                       |                           |                     |               |                       |                           |                     |  |
|                                                                                   | Через всю длину<br>мышцы        |               | 25                    | 0,571                     | 0,205—0,692         |                |                       |                           |                     |               |                       |                           |                     |  |

[illegible]

Примечание. В скобках указано число мышц, взятых от животных с врожденными деформациями тазовых конечностей.

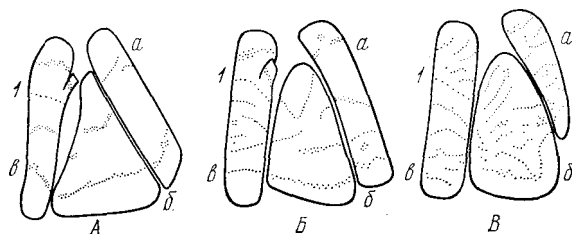


Рис. 1. Топография зон двигательных нервных окончаний в двусуставных мышцах белой крысы (А), морской свинки (В), кошки (В). а, б — длинная (а) и короткая (б) головка двуглавой мышцы бедра, в — полусухожильная мышца; I — соединительнотканная перегородка

либо в области проксимальной, либо дистальной зоны двигательных окончаний мышцы. В таких волокнах асимметрия участков мышечного волокна, лежащих проксимальнее и дистальнее синапса, выражена наиболее резко. В передней большеберцовой мышце крысы все выделенные мышечные волокна идут от проксимального до дистального прикрепления мышцы. Тем не менее, при наличии одной зоны синаптических окончаний положение синапса на мышечном волокне в различных ее участках сильно варьирует.

Точно так же в исследованных *m. ileofibularis* и полусухожильной мышце лягушки у подавляющего большинства мышечных волокон положение синапса асимметричное при наличии четко выраженных зон синаптических окончаний.

При экспериментально вызванных врожденных деформациях тазовых конечностей крыс происходит резкое нарушение пропорций в скелете тазового пояса и конечностей. Это приводит к тому, что количество мышечных волокон, заканчивающихся истонченными концами в толще мышцы, уменьшается; одновременно увеличивается количество мышечных волокон, идущих через всю длину мышцы. Синаптический участок в этих мышечных волокнах располагается в области либо проксимальной, либо дистальной зоны двигательных окончаний. Таким образом, еще более увеличивается, по сравнению с нормальными мышцами, асимметрия положения синапса на мышечном волокне. По-видимому, изменение положения синапса на мышечном волокне является одним из механизмов адаптационно-компенсаторной перестройки мышц при изменившихся биомеханических условиях в процессе онто- и филогенеза.

В литературе имеются сведения о наличии в быстрых мышцах млекопитающих мышечных волокон с двумя двигательными окончаниями (<sup>6</sup>, <sup>7</sup>). В процессе препарирования мы встречали мышечные волокна, которые шли через всю длину мышцы и имели два (иногда три) синаптических окончания. Однако при рассматривании таких волокон в другой проекции всегда находилась зона тесного контакта, большей или меньшей протяженности, вплоть до соединения торцевыми участками проксимального и дистального волокон. Разделение этих последовательно соединенных волокон, после некоторого опыта, обычно заканчивалось успешно.

Выяснение функционального смысла асимметрии положения синапса на мышечном волокне нуждается в дальнейшем изучении. На основании изложенного материала можно утверждать, что структура и функция мышечных волокон, как отдельных элементов мышцы, подчинена структуре и функции мышцы, как целого.

Киевский научно-исследовательский институт ортопедии

Поступило  
3 III 1975

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Лежава, Арх. анат., гистол. и эмбриол., т. 26, в. 1, 91 (1941). <sup>2</sup> E. Christensen, Am. J. Phys. Med., v. 38, 2, 65 (1959). <sup>3</sup> C. Cöers, Am. J. Phys. Med., v. 38, 4, 166 (1959). <sup>4</sup> В. И. Табин, Арх. анат., гистол. и эмбриол., т. 65, 11, 13 (1973). <sup>5</sup> М. А. Gerebtzoff, Acta anatomica, v. 19, 4, 366 (1953). <sup>6</sup> L. W. Jarcho, C. Eyzaguirre et al., Am. J. Physiol., v. 168, 2, 446 (1952). <sup>7</sup> C. C. Hunt, J. Physiol., v. 126, 2, 293 (1954).