

einer Seite, l die halbe Entfernung der beiden polarisierenden Elektroden, α die erwähnte Konstante¹⁾).

Ueber die damit erzielten Resultate möchte ich mich hier nicht weiter verbreiten, sondern verweise auf die bereits veröffentlichten Arbeiten²⁾, da neuere Untersuchungen unter Benutzung aller früheren Erfahrungen zurzeit in meinem Institut im Gange sind.

Bezüglich der elektrotonischen Konstanten α ist zu bemerken, dass der Abfall der Spannung verglichen mit dem von den Elektroden hinreichend weit entfernten Punkt in einer Exponentialkurve stattfindet, wie es zuerst Weber angegeben hat. Dass dem so sein muss, kann man allerdings nur klar machen, wenn die allereinfachsten Anfangsgründe höherer Mathematik vorausgesetzt werden können. Man kann aber diesen Abfall als experimentelle Tatsache betrachten³⁾. Auch über die Ermittlung dieser Konstante sind neue Versuche in meinem Institut im Lauf.

Из Физиологического института Ветеринарной высшей школы в Берлине.

Действительная величина электродвижущей силы тока повреждения в нерве.

Проф. М. Кремера.

В последний раз я беседовал с А. Самойловым по поводу Бостонского международного конгресса. Я был знаком с высоко уважаемым мною коллегой в течение многих лет и всегда ценил возможность поговорить с ним на научную тему. В последнюю нашу встречу я спросил его, читал ли он мои работы об определении скорости распространения возбуждения в нерве на основании одних только явлений в месте раздражения, а в особенности мою последнюю статью по этому вопросу в учебнике нормальной и паталогической физиологии, я подчеркнул при этом, что его мнение для меня дороже мнения всякого другого коллеги. Самойлов с улыбкой ответил мне, что сообщения мои он читал, но не штудировал их и что он это сделает только тогда, когда я несколько облегчу для всех физиологов возможность следить за моими рассуждениями. Впрочем мы предполагали поговорить еще раз об этом на его обратном пути из Бостона в Берлин, или если он случайно опять попадет в Берлин. К сожалению, судьба сделала навсегда невозможным выполнение этого намерения.

Я охотно иду навстречу предложению написать в память Самойлова небольшую статью, мне приятно, что я могу поставить ее в связь с одной из равных работ покойного: «О действительной электродвижущей силе мышечного демаркационного тока». (Из физиологического института Кенигсбергского универси-

1) Eine etwas genauere Formel

$$\gamma = \frac{1}{2 \cdot \alpha \cdot l} \left(\frac{V\alpha}{D} - 1 \right) \left(1 - e^{-2\alpha l} \right)$$

die ich berechnet habe, ist von Keil und Gärtner (Ueber die Bestimmung des Kernhüllenverhältnisses mit Hilfe elektrotonischer Ströme, Beiträge z. Physiol. Bd. 2. S. 209, 1924) mitgeteilt worden. In dieser Formel bedeutet e die Basis des natürlichen Logarithmus.

2) Keil und Gärtner, l. c.

G. Hentschel, Ueber die Beziehungen der elektromotorischen Kraft elektrotonischer Ströme zu der polarisierenden Ströme; Beiträge z. Physiol. Bd. 3, S. 289, 1927; ferner die ebenda S. 293 mitgeteilte Literatur. Vergl. ausserdem H. Lullies, Pflüger's Archiv. Bd. 225, S. 85, 1930.

3) Aus der russischen Literatur vergleiche man namentlich die unter Lasareffs Leitung entstandene Arbeit von P. P. Pavlov: Ueber Verteilung von elektrotonischen Strömen im Nerven und in seinem physikalischen Modell; J. f. exp. Med. H. 10/11, 34, 1926.

тета) (под руководством Негманн¹⁾), которая появилась в 1899 году. В этой работе упоминается о некоторых опытах на нервах, хотя Самойлов в главном образом интересовался явлениями в мышце.

Приводимые мною здесь теоретические соображения (опыты в этом направлении производились уже раньше в моем институте и ведутся и в настоящее время) основаны на том, что если введенное мною понятие—отношение ядра и оболочки—я обозначая его обычно греческой буквой γ , известно по своей величине, то истинная электродвижущая сила может быть вычислена по максимальной измеренной простым перемножением на $\gamma + 1$. Что это действительно так, и каким образом это γ -отношение может быть получено наипростейшим образом, я изложу в дальнейшем, избегая при этом по возможности применения высшей математики—исполняя желание, высказанное при нашем последнем разговоре с покойным А. Ф. Самойловым.

Я исхожу из предположения, что мы можем приписать нерву простое строение из ядра и оболочки, причем остается нерешенным, осевой ли цилиндр как таковой, или содержащийся в нем фибриллы, или же вообще какая-либо продольная составная часть образуют ядро и являются «проводящим элементом».

Простоты ради я буду называть осевой цилиндр ядром, а мякотную и Шваннову оболочки, взятые вместе, оболочкой. Далее предполагается, что на границе ядра и оболочки происходят те поляризации, которые обуславливают электротонические явления. Если я говорю «поляризации», то я включаю сюда и конденсаторную зарядку тонкого промежуточного слоя. Местом электродвижущей силы тока покоя будет или поперечное сечение, разрез через ядро, когда мы вызываем механически ток покоя, или с точки зрения мембранной теории этим местом будет пограничная поверхность между ядром и оболочкой; а может быть и то и другое вместе. Я рассматриваю теперь только первую из этих возможностей не из особенного предпочтения к ней, но отчасти из уважения к Самойлову, как ученику Негманн^а; при том я подчеркиваю, что не трудно было бы принять во внимание и второй случай и одинаково оба случая.

Ограничиваясь отдельными волокнами, мы имеем следующую схему (см. рис. на стр. 367):

Я представляю себе прежде всего в месте А поперечный разрез через этот нерв. При этом ясно, что через нерв проходят линии тока—в оболочке слева направо, а в ядре справа налево. Негманн в противоположность защитникам мембранной теории предполагает, что пограничная поверхность между оболочкой и ядром не обладает электродвижущей силой, разве только поляризуемостью. Совокупность линий тока, т. е. общее количество электричества, идущее следовательно в оболочке вправо, а в ядре влево, будучи вначале больше, делается затем все меньше и меньше; на достаточном расстоянии от поперечного разреза оно равно практически нулю. Тогда потенциал в ядре и оболочке будет один и тот же. Если посмотреть на рисунок, то очевидно, что напряжение будет положительно и выше всего непосредственно влево от поперечного разреза ядра, ниже всего на поперечном разрезе оболочки, т. е. на внешней правой стороне заштрихованной части. Если исключить петли тока, образующиеся в самой наружной правой отмершей части и переходящие с внутренней точки поперечного сечения ядра на оболочку, то электродвижущая сила демаркационного тока составляется из ядерной части, разницы потенциалов в ядре до точки, в которой петли тока практически равны нулю, и оболочечной части, внешней разницы потенциалов от лежащего слева места до поперечного сечения. Измерить непосредственно разницу потенциалов мы можем только в оболочке.

При этом надо заметить, что расстояние в несколько сантиметров уже дает практически вообще достижимую максимальную разницу потенциалов.

Если присмотреться ближе к поперечному сечению А, то будет ясно, что количество электричества, которое мы с Негманн^{ом} предполагаем идущим в ядре на поперечном срезе А справа налево, должно быть в общей сложности так же велико, как и количество электричества, проходящее через тот же поперечный срез А в обратном направлении в оболочке, следовательно слева направо.

Обозначим через $J_k - J_h$ токи в ядре и токи в оболочке; тогда для каждого поперечного среза А должно получиться отношение:

$$J_k = J_h,$$

¹⁾ Pflüger's Arch. Bd. 78, S. 38, 1899.

если мы, как здесь должно иметь место, будем рассматривать только абсолютные силы тока и не будем обозначать их различными знаками ввиду их различного направления, что в нашей воле. Что J_k должно быть равно J_h вытекает просто из того, что при токе покоя дело идет о стационарном состоянии. Не будь этого, лежащая справа и слева часть волокна в короткое время зарядилась бы до образования искры.

Представим себе второй поперечный разрез B влево от A ; если он будет лежать достаточно близко к A , то мы можем тогда допустить ток одинаковой величины как в ядре, так и в оболочке. Кроме того, предположим, что напряжение как в ядре самом по себе, так и в оболочке самой по себе остается постоянным в одном отдельном разрезе A или B . Это можно сделать, так как сечение отдельного нервного волокна ничтожно мало по сравнению с теми продольными размерами, о которых идет речь. Предположение, которое можно сделать без дальнейших рассуждений ввиду ускользающих поперечных размеров отдельных нервных волокон в сравнении с продольными, принятыми здесь во внимание¹⁾. Разницу потенциалов в ядре мы можем тогда обозначить в поперечном разрезе A через P_{kA} , в поперечном разрезе B через P_{kB} и аналогично через P_{hA} и P_{hB} . Ток между поверхностями A и B вычисляется по закону Ома —

$$J_k = \frac{P_{kA} - P_{kB}}{w_k}$$

и $J_h = \frac{P_{hB} - P_{hA}}{w_h}$

причем через w_k и w_h может быть обозначено очень маленькое сопротивление между данными поперечными срезами A и B в ядре и в оболочке. Оба уравнения мы можем выразить также следующим образом:

$$J_k = \frac{\text{Разница потенциалов между } A \text{ и } B \text{ (ядро)}}{w_k}$$

А так как $J_k = J_h$, то из этого следует:

$$\frac{\text{Разница потенциалов } AB \text{ (ядро)}}{w_k} = \frac{\text{разнице потенциалов } BA \text{ (оболочка)}}{w_h}$$

или же: разница потенциалов AB (ядро) относится к разнице потенциалов BA (оболочка) как $w_k : w_h$.

Отношение сопротивлений $w_k : w_h$ очевидно не зависит от расстояния поверхностей, ибо если мы возьмем расстояние больше, то w_k и w_h увеличатся в таком же отношении. Следовательно мы можем также взять отношение сопротивлений единицы длины ядра и оболочки, и это будет то, что я обозначаю через γ . Подставляя γ , мы получим: разница потенциалов в ядре, если начать с бесконечно малого протяжения, будет в γ раз больше разницы потенциалов для того же расстояния в оболочке. Теперь мы можем любое данное расстояние, напр., в 1 см. разложить на такие же маленькие отрезки.

Для суммы разниц потенциалов будет тогда законным то же самое выражение, т. е. разница потенциалов, которую мы измеряем на расстоянии нескольких сантиметров на наружной поверхности волокна, будет в γ раз меньше разницы потенциалов в ядре на том же расстоянии; или наоборот: общая, следовательно максимальная разница потенциалов в ядре, считая от поперечного разреза, будет в γ раз больше максимальной разницы потенциалов, измеренной в оболочке. Если, как уже говорилось вначале, истинная электродвижущая сила демаркационного тока равна сумме этих обеих разниц потенциалов, то этим уже доказано положение, что истинная электродвижущая сила будет в $\gamma + 1$ раз больше силы, выведенной в наружной оболочке.

Существуют весьма различные пути для определения этой величины γ . Особо интересен следующий. К нерву подводят поляризационный ток и измеряют

¹⁾ Можно бы пользоваться средними величинами потенциала для ядра и для оболочки, но это привело бы только к лишним усложнениям при вычислении.

общую электродвижущую силу анодного или катодного электротонуса, которую можно отвести кнаружи от электродов. Так как теория электротонуса выводится довольно точно почти элементарным путем, то по приложенному к нерву напряжению, по расстоянию электродов поляризующего тока и по так называемой электротонической постоянной α можно (вычислить константу γ . Мы получим тогда как первое приближение следующую формулу, выведенную главным образом путем элементарных рассуждений:

$$\gamma = \left(\frac{V}{D} - 1 \right) \frac{1}{1 + \alpha l}.$$

При этом V означает половину величины электродвижущей силы приложенного поляризующего напряжения, измеренного на нерве, D общую электродвижущую силу электротонуса на одной стороне, l половину расстояния между обоими поляризующими электродами, α упомянутую выше константу¹⁾. Мне не хотелось бы распространяться здесь о полученных результатах, потому я отсылаю к напечатанным уже работам²⁾, т. к. в моем институте в настоящее время производятся новейшие исследования на основании всех прежних опытов.

Что касается электротонической константы α , то надо заметить, что падение напряжения сравнительно с находящейся достаточно далеко от электрода точкой происходит по логарифмической кривой; как на это впервые указал Weber. Что это так и должно быть, можно доказать только пользуясь основными элементами высшей математики. Это падение можно рассматривать как экспериментально установленный факт³⁾. В отношении вывода этой константы также ведутся новые опыты в моем институте.

Значение кровоточений в симптоматологии экспериментальных повреждений мозжечка⁴⁾.

Prof. J. ten Cate. (Амстердам)

Мнения авторов о значении мозжечка еще крайне разноречивы, тем не менее они почти все сходятся в том, что изменение функций мозжечка всегда обнаруживается в нарушении иннервации мышц. Наиболее употребительным способом изучения функций мозжечка, как и вообще центральной нервной системы, является до сих пор метод экспериментального удаления различных частей или всего этого органа с последовательным изучением наступивших нарушений в деятельности мышечной системы.

¹⁾ Несколько более точная формула:

$$\gamma = \frac{1}{2 \cdot \alpha \cdot l} \left(\frac{Va}{D} - 1 \right) \left(1 - e^{-2\alpha l} \right),$$

вычисленная мною, сообщена Keil'em и Gärtner'ом (Ueber die Bestimmung des Kernhüllenverhältnissen mit Hilfe elektrotonischer Ströme. Beiträge z. Physiologie, Bd. 2, S. 209, 1924). В этой формуле e означает основание натурального логарифма.

²⁾ Keil и Gärtner, l. c.

G. Hentschel. Ueber die Beziehungen der elektromotorischen Kraft elektrotonischer Ströme zu der polarisierender Ströme. Beiträge z. Physiol. Bd. 3, S. 289 1927, ferner die eben da S. 293 mitgeteilte Literatur.

Сравните кроме того H. Lullies, Pflüger's Archiv. B. 225, S. 85, 1930.

³⁾ Из русской литературы сравните работу, написан. П. П. Павловым, под руководством Лазарева—О распределении электротонических токов в нерве и его физикальной модели. Ж. эксп.-мед. т. 10/11, 34, 1926.

⁴⁾ Статья прислана самим Prof. ten Cate на русском языке.