

Издание О. Н. ПОПОВОЙ.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА.

И. С ѣ ч е н о в ъ.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКІЕ ОЧЕРКИ.

Часть II.

Съ 101 рисункомъ

№ 9.

Цѣна 90 коп.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Текстъ печатанъ въ типографіи А. Лейферта, Б. Морская, 65.
1898.

Обложка и титулъ печатаны въ типографіи Б. М. Вольфа,
Разъѣзжая, 15.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

	Стр.
Физиологія двигательныхъ силъ	1
Ходьба	37
Голосъ	42
Рѣчь	49
Физиологія нервной системы	56
Свойства нервовъ	82
Защитительный снарядъ кожи	112
Нервные механизмы дыхательныхъ движеній	123
Иннервація актовъ ходьбы (локомоціи)	137
Функціи полушарій	162
Органы чувствъ	190
Органъ зрѣнія	202
Осязаніе какъ чувство, соотвѣтствующее зрѣнію	256
Органъ слуха	262
Заключеніе	280



Физиологія двигательныхъ снарядовъ.

Въ тѣлѣ позвоночныхъ встрѣчаются четыре формы элементовъ, способныхъ производить движенія: лейкоциты, клѣтки мерцательнаго эпителія ¹⁾, элементы гладкихъ и волокна поперечно-полосатыхъ мышцъ. Но въ первыхъ двухъ формахъ механизмъ происхожденія движеній остается по сіе время, вслѣдствіе микроскопичности ихъ размѣровъ, совершенно неизвѣстнымъ; поэтому мы обойдемъ ихъ молчаніемъ. Элементы мышечной ткани тоже имѣютъ микроскопическіе размѣры; но, благодаря тому, что они сочетаются

¹⁾ У человѣка мерцательнымъ эпителиемъ выстланы: слезные пути, нѣкоторые отдѣлы носовой полости, всѣ дыхательныя трубки, верхняя часть глотки, верхняя половина матки съ яйцеводами, часть сѣменныхъ путей, стѣнки центрального спинно-мозгового канала и мозговыхъ желудочковъ. Своею дѣятельностью мерцательный эпителий повсюду служить для перемѣщенія соприкасающихся съ его рѣсничками жидкостей и мелкихъ твердыхъ тѣлъ. Рѣснички эпителія находятся въ непрерывномъ и столь быстромъ движеніи, что кажутся мерцающими. Во всякомъ данномъ мѣстѣ качаніе рѣсничекъ происходитъ въ одномъ и томъ же направленіи (обыкновенно совпадающемъ съ осью выстлаемаго эпителиемъ канала); притомъ въ одну сторону — куда передвигается прогоняемое рѣсничками тѣло — быстрее, чѣмъ въ противоположную. Сверхъ того мерцаніе совершается не на всей поверхности разомъ, а распространяется преимущественно, подобно волнамъ колеблющихся колосѣвъ хлѣбнаго поля.

въ группы большей или меньшей величины, называемыя мышцами, получается возможность дѣлать опыты надъ этими группами. Насколько важна въ дѣлѣ изученія доступность органа опыту, показываетъ всего лучше исторія физиологическаго изученія гладкихъ и поперечно-полосатыхъ мышцъ: о дѣятельности первыхъ, вслѣдствіе ихъ болѣе скрытаго положенія, мы знаемъ сравнительно очень мало; тогда какъ дѣятельность поперечно-полосатыхъ представляетъ одну изъ наиболѣе разработанныхъ главъ въ физиологіи. По этой причинѣ описывать явленія движенія мы будемъ только на поперечно-полосатыхъ мышцахъ.

Изъ описательной анатоміи извѣстно, что почти всѣ такія мышцы суть двигатели частей костнаго скелета, т. е. туловища, головы, лица, рукъ и ногъ ¹⁾. Извѣстно

А далѣе, что они имѣютъ видъ жгутовъ или тяжей разнообразной формы, которые всегда прикрѣпляются къ сочлененнымъ между собою костямъ, перекидываясь мѣстами черезъ ихъ сочлененія, какъ это показываетъ приложенная схема. Легко понять, что при такомъ прикрѣпленіи мышечнаго тяжа (н^б), стоитъ ему укоротиться, и произойдетъ сгибаніе костей. Если представить себѣ далѣе, что при этомъ кость А остается неподвижной, а подтягивается кверху только кость В, то укорачивающемуся тяжу придется, очевидно, поднимать извѣстную тяжесть.



Рис. 1.

Этими двумя свойствами, способностью сокращаться или укорачиваться и извѣстной подъемной силой при сокращеніи, и служатъ мышцы тѣлу, какъ двигатели.

На прилагаемой схемѣ А изображаетъ икрѣную мышцу лягушки съ частью бедренной кости (В), которая укрѣплена неподвижно, и грузомъ С, подвѣшеннымъ къ ея нижнему

¹⁾ Исключеніе составляютъ только сердце и нѣкоторые сфинктеры.

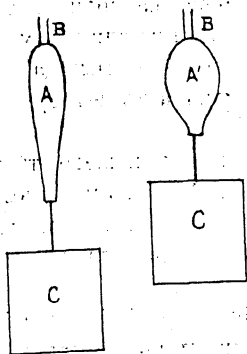


Рис. 2. въ ширину (сравни А и А').

Чтобы понять такое измѣненіе формы при сокращеніи, слѣдуетъ вспомнить, что всякая мышца представляетъ въ сущности пучекъ едва видимыхъ невооруженнымъ глазомъ нитей или волоконъ, которыя лежатъ другъ подле друга, не сростаясь, и связаны въ компактное цѣлое обвивающими ихъ тонкими, легко растяжимыми пленками соединительной ткани ¹⁾. Сокращеніе всей мышцы есть ничто иное, какъ независимое другъ отъ друга сокращеніе всѣхъ ея волоконъ, причемъ на каждомъ изъ нихъ повторяется тоже, что на цѣлой мышцѣ: волокно, укорачиваясь, утолщается.

Этимъ же строеніемъ объясняется различная подъемная сила разныхъ мышцъ. Въ той, которая вдвое толще, сократительныхъ волоконъ тоже вдвое больше, и она будетъ вдвое сильнѣе, т. е. будетъ поднимать вдвое большій грузъ. Съ другой стороны, чѣмъ длиннѣе мышца, при равной тол-

¹⁾ Если бросить въ кипятокъ кусокъ мяса и варить его нѣсколько часовъ, то всякій знаетъ, что кусокъ можно тогда расщепить на тончайшія нити. Дѣло въ томъ, что въ кипяткѣ пленки соединительной ткани растворяются въ клей, и волокна освобождаются. Каждая тончайшая нить перевареннаго такимъ образомъ мяса, не могущая уже быть раздѣленной по длине, и есть мышечное волокно.

щинѣ, тѣмъ на большую высоту она способна поднять тяжесть, потому что всѣ мышцы сокращаются на одну и ту же долю своей длины (болѣе чѣмъ на половину)—мышца въ вершокъ—болѣе, чѣмъ на полвершка, мышца въ четверть—больше чѣмъ на 2 вершка, и т. д.

Всякому, конечно, извѣстно, что члены нашего тѣла находятся то въ покоѣ, то въ движеніи. Значитъ мышцамъ свойственны два состоянія: покоя и дѣятельности. Чѣмъ же обуславливаются эти два состоянія? Что выводитъ мышцу изъ покоя?

Вопросы эти разрѣшаетъ анатомія и фізіологическій опытъ. Первая показываетъ, что къ мышцамъ подходят нервы, которые въ свою очередь представляютъ пучки тончайшихъ волоконъ, не срастающихся другъ съ другомъ и дѣйствующихъ независимо одно отъ другого (они несравненно тоньше мышечныхъ волоконъ). Подойдя къ мышцѣ, такой пучекъ разсыпается на волокна, послѣднія вѣтвятся, и вѣточки выдѣляются по одной въ каждое мышечное волокно. Это даетъ анатомія.

Фізіологическій же опытъ показываетъ, что *нормально мышца приходитъ въ дѣятельность не иначе, какъ подъ вліяніемъ возбуждающихъ толчковъ, сообщаемыхъ ей черезъ нервы изъ центральной нервной системы, т. е. изъ головного или спиннаго мозга.*

Доказывается это на лягушкѣ разрушеніемъ головного и спиннаго мозга, съ сохраненіемъ выходящихъ изъ нихъ нервныхъ стволовъ. Тогда животное навсегда теряетъ способность двигаться, подобно мертвому; а между тѣмъ очень легко убѣдиться, что нервы и мышцы еще живы—первые сохраняютъ способность передавать мышцамъ возбуждающіе толчки или, какъ говорятъ обыкновенно, *проводитъ по своей длине возбужденіе*; а мышцы сохраняютъ способность отвѣчать на толчки сокращеніями.

На приложенномъ рисункѣ схематизированъ доказывающій это опытъ. Икрная мышца лягушки выдѣлена изъ

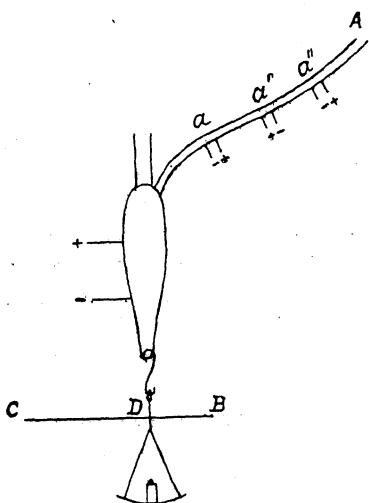


Рис. 3.

тѣла съ ея нервомъ А, верхнимъ концомъ она укрѣплена неподвижно, а свободнымъ нижнимъ связана съ вращающимся въ точкѣ В рычагомъ ВС, къ которому снизу подвѣшенъ грузъ. Естественное возбужденіе, сообщаемое нерву изъ нервныхъ центровъ, замѣняетъ здѣсь искусственное раздраженіе его электрическимъ токомъ. Къ какому бы двумъ точкамъ по длинѣ нерва ни прикладывался послѣдній (а, а', а''), мышца сокращается. Значитъ, возбужде-

ніе бѣжитъ по длинѣ нерва отъ мѣста раздраженія. Въ этомъ опытѣ мышца связана съ рычагомъ ВС ради того, чтобы сдѣлать нагляднымъ ея сокращеніе. Понятно, что чѣмъ длиннѣе плечо рычага СD, тѣмъ большій размахъ дѣлаетъ его конецъ С.

Выше было однако сказано, что электрическій токъ заставляетъ мышцу сокращаться и въ случаѣ, если онъ проложенъ прямо къ ней. Что же это обозначаетъ?

Существуетъ ядъ, называемый кураре, который парализуетъ концы нервныхъ волоконъ, входящіе въ мышечныя волокна. У лягушекъ, отравленныхъ этимъ ядомъ, электрическое раздраженіе нерва уже не даетъ мышечныхъ сокращеній; а на раздраженіе, приложенное къ самой мышцѣ, она отвѣчаетъ сокращеніемъ. Значитъ, мышца обладаетъ помимо сократительности, самостоятельной, т. е. независимой отъ

нервовъ *раздражительностью*—способностью приходить въ дѣятельное состояніе подъ вліяніемъ внѣшнихъ раздражителей.

Послѣдними могутъ быть какъ для нервовъ, такъ и для мышцъ механическіе удары, смачиваніе различными химическими веществами и прикладываніе сильно нагрѣтыхъ тѣлъ; но между всѣми раздражителями наиболѣе дѣйствительнымъ, наименѣе вреднымъ для фізіологической цѣлости раздражаемыхъ частей и наконецъ наиболѣе легко измѣняемымъ и измѣряемымъ по силѣ оказывается электрической токъ. Прикладываютъ его и къ мышцамъ, и къ нервамъ такъ, чтобы онъ проходилъ по длинѣ волоконъ. Употребляютъ какъ батарейные, такъ и индукціонные токи—послѣдніе по преимуществу. Причина этому тройкая:

По своей летучести (они длятся стотысячныя доли секунды) индукціонные удары (токи) представляютъ наиболѣе быстрые, отрывистые толчки; а нервы и мышцы принадлежатъ къ механизмамъ, выводимымъ изъ равновѣсія преимущественно быстрыми толчками, т. е. быстро нарастающими и быстро ниспадающими по силѣ раздраженіями¹⁾.

По своей летучести индукціонные токи почти не оставляютъ послѣ себя никакихъ измѣненій въ состояніи раздражаемыхъ частей; и наконецъ

Въ третьихъ, они дѣйствуютъ (при извѣстной формѣ ихъ употребленія) наиболѣе схоже съ нормальными возбуждающими толчками, родящимися въ центральной нервной системѣ.

Всякому, конечно, извѣстно изъ ежедневнаго опыта, что наши мышечныя движенія представляютъ крайнее разнообразіе по быстротѣ и силѣ. На обыденномъ языкѣ слово „мигъ“, соотвѣтствующее одиночному миганію, обозначаетъ

¹⁾ Это есть общее свойство раздражительныхъ тканей животнаго тѣла и сказывается очень ясно въ сферѣ зрѣнія и кожныхъ тепловыхъ ощущеній. Чѣмъ быстрее, при прочихъ равныхъ условіяхъ, переходъ отъ темноты къ свѣту и отъ холода къ теплу, тѣмъ ощущеніе свѣта и тепла рѣзче.

нѣчто чрезвычайно короткое; но намѣренно можно производить движенія, длящаяся чуть не минуту. Однѣ и тѣ же руки силача могутъ еле-еле прикасаться къ предмету и разгибать подкову.

Многое изъ этихъ явленій мы умѣемъ воспроизводить искусственно, пользуясь дѣйствіемъ индукціонныхъ токовъ.

Въ приложеніи къ нерву икрной мышцы лягушки, одиночный индукціонный ударъ даетъ одиночное сокращеніе значительно болѣе быстрое, чѣмъ „мигъ“. — Укороченіе мышцъ длится всего $\frac{1}{20}$ и столько же времени ея растяженіе до первоначальной длины. Несмотря на такую кратковременность явленія, великому нѣмецкому физиологу Гельмгольтцу уда-



Рис. 4.

лось найти, что укороченіе мышцъ начинается не въ моментъ раздраженія, а запаздываетъ приблизительно на $\frac{1}{100}$. Этотъ промежутокъ онъ назвалъ *періодомъ скрытаго раздраженія* и доказалъ, что на этотъ промежутокъ падаетъ развивающійся въ мышцѣ при ея сокращеніи электрическій токъ. Доказывается это въ настоящее время очень просто. Отпрепаровываютъ двигательные нервы заднихъ ногъ лягушки съ ихъ спинно-мозговыми корешками и набрасываютъ послѣдніе на бьющееся сердце лягушки. При этомъ глазъ прямо видитъ, что мышцы ногъ (А въ приложенной схемѣ) вздрагиваютъ *передъ* каждымъ сокращеніемъ желудочка сердца (В). Въ послѣднемъ развивается *передъ* сокращеніемъ (въ періодъ скрытаго раздраженія!) токъ, который и раздражаетъ (какъ всякій вообще электрическій токъ) наброшенный на желудочекъ нервъ.

Ему же, великому Гельмгольтцу, мы обязаны доказательствомъ, что у человѣка, при продолжительномъ сильномъ сокращеніи мышцъ, нормальные двигательные импульсы изъ

нервныхъ центровъ имѣютъ видъ отрывистыхъ толчковъ, слѣдующихъ другъ за другомъ съ частотою 19—20 разъ въ секунду. Въ настоящее время и этотъ фактъ доказывается очень просто. Мышца прокалывается иглами, связанными съ телефономъ, и ухо слышитъ извѣстной высоты шумъ во время ея волевого сокращенія. Съ каждымъ толчкомъ изъ нервныхъ центровъ въ мышцѣ развивается токъ, а къ токамъ телефонъ, какъ извѣстно, крайне чувствителенъ и отвѣчаетъ на нихъ колебаніями пластинки.

Когда человѣкъ, какъ говорится, сильно напрягаетъ мышцы, не производя движенія (наприм. держать кулакъ сильно сжатымъ, упираться сильно ногами и руками, чтобы сдвинуть очень большую тяжесть и т. п.), мышцы его находятся въ непрерывномъ сокращеніи. Такое состояніе мышцъ выражено въ наиболѣе сильной степени въ болѣзни, извѣстной подъ именемъ столбняка (также при отравленіи стрихниномъ), поѣтому и носить названіе *тетануса*. Искусственное же раздраженіе, приводящее мышцу въ такое состояніе, называется *тетанизацией*.

Вызывается оно рядомъ индукціонныхъ ударовъ, слѣдующихъ другъ за другомъ настолько часто, что въ промежуткахъ между ними мышца не успѣваетъ растянуться. Для лягушечей и человѣческой мышцы достаточно 20 ударовъ въ 1", чтобы укоротившаяся отъ первыхъ ударовъ мышца оставалась все время сокращенной, пока длится тетанизация.

Итакъ, разница между состояніями нашихъ мышцъ, когда они производятъ движеніе и когда сильно напрягаются, не производя такового, заключается въ томъ, что въ первомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ кратковременнымъ и слабымъ; а во второмъ съ продолжительнымъ и сильнымъ тетанусомъ.

Изъ того обстоятельства, что движенія наши имѣютъ тетаническій характеръ, получаются для организма слѣдующія двѣ выгоды: при одинаковой нагрузкѣ и равныхъ силахъ раздражающаго тока тетаническое поднятіе груза

мышцей по крайней мѣрѣ вдвое выше, чѣмъ подъемъ отъ одиночнаго удара; при одинаковой силѣ раздраженія, подъемная сила тетанизируемой мышцы значительно больше подъемной силы, сопровождающей одиночное сокращеніе. Ниже мы увидимъ, какъ важны эти обстоятельства въ смыслѣ экономіи силъ; теперь же обратимся къ рѣшенію вопроса, какими средствами достигается наша способность видоизмѣнять силу мышечныхъ сокращеній отъ едва ощутимаго прикосновенія къ предметамъ до передвиженія пудовыхъ тяжестей.

Для этого возьмемъ по прежнему икрную мышцу ля-

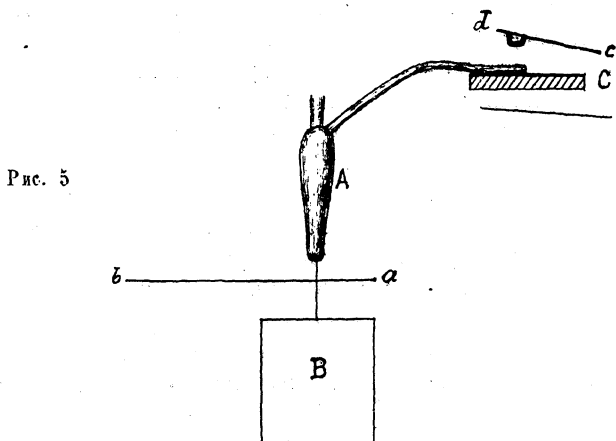


Рис. 5

гушки, съ ея нервомъ, укрѣпленную верхнимъ концомъ неподвижно, а нижнимъ связанную съ рычагомъ *ab* и грузомъ *B*. Вмѣсто же электрическаго тока будемъ употреблять механическое раздраженіе нерва въ формѣ удара падающею на нервъ тяжестью. Съ этою цѣлью конецъ нерва положимъ на стеклянную пластинку *C*, а тяжесть представлена маленькой каплей сургуча на концѣ рычага *cd* (тоненькой деревянной спицы), вращающагося въ плоскости рисунка въ точкѣ *C*. Если поднять свободный конецъ этого рычажка

надъ нервомъ, примѣрно на 1 см., и пустить его падать, то ударъ по нерву заставляетъ мышцу сократиться, и она поднимаетъ, скажемъ, на 2 миллиметра грузъ болѣе чѣмъ въ 200 грм. Въ этой формѣ опытъ даетъ очень легкую возможность сравнить работу раздражающаго удара, какъ производящую причину, съ работой мышечнаго сокращенія, какъ эффектомъ. Если въ самомъ дѣлѣ выразить объ работы въ граммометрахъ, то для раздражающаго удара она будетъ равна произведенію изъ вѣса падающаго груза (въ граммахъ) на длину его пути (въ метрахъ); а для мышцъ—произведенію изъ величины поднятаго груза на высоту поднятія. Капля сургуча вѣситъ 0,1 грм., слѣдовательно работа удара будетъ $= 0,1 \times 0,01 = 0,001$ граммометра, а работа мышцы $200 \times 0,002 = 0,4$ граммометра; т. е. эффектъ будетъ сильнѣе производящей причины въ 400 разъ. При раздраженіи нерва слабыми электрическими ударами это несоотвѣтствіе еще сильнѣе.

Факты эти имѣютъ громадную важность, показывая несомнѣнно, что въ отношеніи къ толчкамъ изъ нервной системы мышца представляетъ не простого передатчика силы этихъ толчковъ—тогда эффектъ въ самомъ счастливомъ случаѣ былъ бы равенъ по величинѣ производящей причинѣ, — а механизмъ, внутри котораго какъ будто родятся подь вліяніемъ нервнаго толчка силы, не имѣющія къ его величинѣ прямаго отношенія. Суть явленія и заключается именно въ этомъ, только слова „силы родятся“ слѣдуетъ замѣнить словами „силы освобождаются“. Въ этомъ отношеніи мышцу можно сравнить съ натянутой сильной пружиной, спускъ которой задержанъ легко устранимой запоркой. Система эта заряжена энергіей, сообщенной ей при растяженіи пружины, и, пока запорка не устранена, система въ покоѣ. Но стоитъ устранить легкимъ движеніемъ руки запорку—происходитъ спускъ, и пружина возвращаетъ назадъ сообщенную ей энергію въ видѣ какой-либо работы.

не стоящей ни въ какомъ отношеніи къ работѣ устраненія запорки. Еще ближе подходитъ къ мышцѣ случай пороха, взрываемаго искрой, или какого-либо взрывчатого вещества вообще, разлагающагося отъ незначительнаго толчка.

Мышца въ покой представляетъ систему, заряженную энергіей, а нервъ ея имѣетъ значеніе привода, которымъ системѣ сообщаются толчки, освобождающіе энергію.

Легко понять, что при такомъ отношеніи нашихъ двигателей къ нервной системѣ, послѣдняя получаетъ возможность работать въ дѣлѣ произведенія движеній очень незначительными силами; и, конечно, расходованіе ихъ будетъ тѣмъ экономнѣе, чѣмъ быстрѣе возрастаетъ величина мышечной работы, сравнительно съ возрастаніемъ расхода энергіи въ нервныхъ центрахъ. Вотъ тутъ-то и сказывается преимущество тетаническаго возбужденія надъ раздраженіемъ одичными толчками: при крайней слабости послѣднихъ, для расхода въ сущности безразлично, дѣйствуетъ ли одинъ или два толчка, а между тѣмъ въ послѣднемъ случаѣ эффектъ укороченія отягченной мышцы увеличивается чуть не вдвое.

Это однако еще не самая удивительная сторона въ устройствѣ нашихъ нервно-мышечныхъ двигателей—главные чудеса лежатъ въ слѣдующемъ.

Какъ бы велико ни было количество пороха, которому сообщается искра, взрывается всегда все его количество разомъ; а взрывчатое вещество мышца расходуетъ мало по малу, соотвѣтственно силѣ сообщаемыхъ ему возбуждающихъ толчковъ.

Икрную мышцу лягушки укрѣпляютъ отвѣсно и связываютъ съ рычагомъ *ab*, дающимъ возможность записывать величину мышечныхъ укороченій на заковченной поверхности барабана *A*, повертываемаго передъ каждымъ сокращеніемъ на маленький уголъ рукою или инымъ способомъ. Къ свободному концу рычага подвѣшена посредствомъ