

О распространении возбуждения съ точки зрѣнія іонной теоріи.

П. Лазарева.

Во всякой живой ткани, вслѣдъ за явленіями мѣстнаго раздраженія возникаетъ переносъ возбужденія вдоль органа ¹⁾. Іонная теорія ²⁾ показываетъ, что общіе законы возбужденія — законы Лёба и Нернста могутъ быть объяснены допущеніемъ, что іоны скопляются у мѣстъ возбужденія, главнымъ образомъ у полупроницаемыхъ перегородокъ отдѣляющихъ однѣ клітки отъ другихъ.

Мѣстныя измѣненія, возникшія при раздраженіи должны далѣе переноситься вдоль органа, и въ настоящей статьѣ предполагается дать картину переноса процесса возбужденія.

Однимъ изъ самыхъ простыхъ случаевъ является случай голой безструктурной сократимой протоплазмы.

Представимъ себѣ, что мы имѣемъ длинный цилиндрическій отростокъ, въ которомъ тѣмъ или инымъ способомъ примѣняемъ въ точкѣ А концентраціи іоновъ. Это измѣненіе можно вызвать электрическимъ токомъ, или же непосредственнымъ подведеніемъ тѣхъ іоновъ которые раздражаютъ ткань.

На границѣ двухъ несмѣшивающихся жидкостей — окружающей среды и протоплазмы возникаетъ слой іоновъ, которые, какъ это показалъ Кандидовъ ³⁾, измѣняютъ поверхностное натяженіе и вызываютъ такимъ образомъ мѣстное вздутіе протоплазмы. Взглядъ на мѣстное сокращеніе, развиваемый здѣсь, весьма близокъ къ тому взгляду на мышечное сокращеніе, который былъ высказанъ Бернштейномъ ⁴⁾. Измѣненія въ поверхностномъ натяженіи,

¹⁾ M. Verworn. Allgemeine Physiologie p. 424. Iena. 1909.

²⁾ P. Lasareff. Pflüger's Archiv. 135, p. 196. 1910.

³⁾ П. Кандидовъ. Ж. Р. Ф. О. 43, p. 143. 1911.

⁴⁾ J. Bernstein. Pflüger's Archiv. 85, p. 271. 1901.

вызываемыя скопленіемъ іоновъ невелики, но ихъ достаточно, какъ показалъ Бернштейнъ, для того, чтобы объяснить огромную силу, развиваемую работающимъ мускуломъ.

Если предполагать, что при тѣхъ измѣненіяхъ въ бѣлкахъ, которыя вызываются при раздраженіи, не происходитъ выдѣленія іоновъ, способныхъ дѣйствовать на бѣлковые вещества, и предполагать далѣе, что измѣненіе состоянія бѣлковаго раствора не вліяетъ на скорость диффузіи, то мы должны представлять себѣ, что измѣненія въ концентраціи іоновъ, возникшія въ одной точкѣ протоплазмы, должны переноситься диффузіей и такимъ образомъ вмѣстѣ съ диффузионнымъ токомъ будетъ переноситься и возбужденіе. Извѣстно далѣе, что въ работающемъ органѣ вырабатываются вещества дѣйствующія утомляющимъ образомъ и, слѣдовательно, уменьшающія поверхностное натяженіе возбужденной части. Эти вещества точно такъ-же какъ и возбуждающіе іоны будутъ переноситься вдоль волокна диффузіей и такимъ образомъ при раздраженіи вздутіе волокна возникшее въ одной его части переносится со скоростью диффузіи вдоль отростка протоплазмы.

При такомъ переносѣ іоновъ, соль скопившаяся въ одномъ опредѣленномъ мѣстѣ будетъ распространяться на большее и большее пространство; концентрація ея въ каждой точкѣ будетъ менѣе первоначальной концентраціи въ возбужденной части. Это уменьшеніе, какъ понятно, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше отъ первичнаго мѣста возбужденія находится интересующій насъ участокъ. Возбужденіе распространяется такимъ образомъ затухая ¹⁾, какъ это и было обнаружено неоднократно на опытахъ. Опыты Ферворна показали, что самыя медленныя скорости распространенія возбужденія лежатъ какъ разъ въ тѣхъ предѣлахъ, которыя допускаетъ диффузія ²⁾.

Однако остается невыясненнымъ фактъ, почему у ряда простѣйшихъ животныхъ, какъ это обнаружилъ Ферворнъ, эта скорость дѣлается больше и можетъ во много разъ превосходить тѣ скорости, которыя соотвѣтствуютъ диффузионнымъ процессамъ.

Предполагая при вычисленіяхъ, что весь процессъ переноса возбужденія есть диффузионный процессъ, одновременно допускалось, что тѣ вторичныя измѣненія въ бѣлкахъ, которыя насту-

¹⁾ М. Verworn. I. с. р. 426

²⁾ Р. Lasareff. I. с. р. 201.

пають при измѣненіи концентраціи іоновъ, не вносятъ ничего новаго въ распредѣленіе іоновъ въ протоплазмѣ. Между тѣмъ, если реакціи въ бѣлкахъ при возбужденіи сопровождается выдѣленіемъ свободныхъ іоновъ, нужно ожидать силъ, которыя могутъ значительно ускорить процессъ переноса возбужденія. Скорости распространения процессовъ, подобныхъ изученному Сребницкимъ ¹⁾, во много разъ могутъ превзойти скорость диффузии, а варьируя внѣшнія условія (температуру, ширину пространства въ которомъ течетъ процессъ) можно еще значительно повысить скорость распространения процесса. Замѣчательно между прочимъ то, что наибольшія скорости возбужденія какъ разъ встрѣчаются у теплокровныхъ и въ такихъ образованіяхъ, которыя являются наиболѣе тонкими.

Однако въ настоящее время едва ли можно утверждать, что въ чисто химическихъ системахъ возможно дойти до тѣхъ скоростей, которыя имѣются въ нервныхъ; гораздо вѣроятнѣе участіе въ переносѣ возбужденія въ нервахъ ряда физическихъ силъ, изученіе которыхъ и должно составлять ближайшую задачу біологической физики.

Физическая Лабораторія
Московского Городского Университета
имени А. Л. Шанявскаго.
Мартъ 1911.

¹⁾ В. Сребницкій. Ж. Р. Ф. О. **43**, р. 148. 1911.