

Ионная теорія возбужденія.

П. Лазарева.

Исходя изъ предположеній, что нервное и мышечное волокно раздѣлено на отдѣльныя клѣтки полупроницаемыми перегородками, Нернст¹⁾ доказалъ, что возбужденіе нервовъ и мускуловъ переменными токами зависитъ отъ измѣненія концентраціи солей, на полупроницаемыхъ стѣнкахъ, причемъ для минимальнаго возбужденія необходима совершенно опредѣленная степень измѣненія концентраціи. Опытное изслѣдованіе, предпринятое отчасти самимъ Нернстомъ, отчасти его учениками²⁾, доказало плодотворность этой гипотезы.

Изслѣдованія Нернста относятся къ спеціальному случаю, когда возбужденіе достигаетъ только рубежной величины. Въ настоящей работѣ сдѣлана попытка, слѣдуя пути, указанному Нернстомъ, дать *общую теорію возбужденія*. Эта теорія опирается прежде всего на доказанные Лебомъ³⁾ факты, что каждый органъ можетъ быть приведенъ въ возбужденное состояніе измѣненіемъ концентраціи солей въ немъ, что рядъ солей въ органѣ дѣйствуетъ антагонистически (т. е. однѣ являются возбуждителями, а другія угнетаютъ это возбужденіе), что каждый органъ имѣетъ опредѣленную рубежную величину концентраціи солей, при которой наступаетъ возбужденіе.

¹⁾ W. Nernst. Götting. Nachricht. Mathem. phys. Klasse, p. 104. 1899; Sitzungsber. d. K. preuss. Akademie d. Wissenschaften. 1907; Pflüger's Archiv. 122, p. 275. 1908.

²⁾ W. Nernst, loc. cit.

Zeyneck. Götting. Nachr. Math. phys. Klasse. 1899.

E. Reiss. Pflüger's Archiv. 117, p. 518. 1907.

³⁾ J. Loeb. Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig. p. 112. 1906; Pflüger's Archiv. 116, p. 193. 1907.

Ионы солей, введенные въ органъ, вызываютъ возбужденіе, дѣйствуя на бѣлковый растворъ плазмы, и между раздражающими свойствами іоновъ и ихъ отношеніемъ къ бѣлковому раствору, какъ показали Шварцъ ¹⁾ и Геберъ ²⁾, наблюдается параллелизмъ.

По отношенію къ строенію нерва въ дальнѣйшемъ допускается, во-первыхъ, въ согласіи съ тѣмъ, что извѣстно изъ фізіологическихъ наблюденій, что фибриллы являются лучшими проводниками электричества, чѣмъ плазма, и что фибрилла, какъ это слѣдуетъ изъ работъ Бете ³⁾, покрыта полупроницаемой, для извѣстныхъ веществъ (іоновъ) перепонкой. Если имѣется одноклѣточный организмъ, который извнѣ раздражается токомъ, то скопленіе іоновъ происходитъ у поверхности, отдѣляющей внѣшнюю среду отъ плазмы, и роль полупроницаемой перепонки играетъ поверхностный слой протоплазмы.

Общій законъ раздраженія.

Пусть $c_1, c_2, c_3 \dots$ концентраціи іоновъ солей, въ какомъ-либо возбудимомъ органѣ.

Состояніе бѣлковаго раствора, а слѣдовательно и состояніе покоя или дѣятельности органа зависитъ отъ соотношенія между $c_1, c_2, c_3 \dots$

Если концентрація или чрезмѣрно велика, или же падаетъ ниже извѣстной величины, то органъ становится невозбудимымъ, какъ это обнаружено опытами Овертона ⁴⁾ и Лёба ⁵⁾. Поэтому, если органъ возбудимъ, то должно удовлетворяться извѣстное соотношеніе между $c_1, c_2, c_3 \dots$, которое можетъ быть написано такъ

$$A \geq f(c_1, c_2, \dots) \geq B, \dots \dots \dots (I)$$

причемъ форма функціи f различна у различнаго рода возбудимыхъ тканей.

Такъ какъ концентрація іоновъ, вообще говоря, во всѣхъ тканяхъ весьма незначительна, то мы можемъ разложить функцію f

¹⁾ C. Schwarz. Pflüger's Archiv. 117, p. 161. 1907.

²⁾ R. Höber. Pflüger's Archiv. 120, p. 492. 1907.

³⁾ A. Bethe. Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig. p. 277. 1903.

⁴⁾ E. Overton. Pflüger's Archiv. 92, p. 346. 1902; 105, p. 176. 1905.

⁵⁾ J. Loëb. Dynamik. p. 124.

въ рядъ по степенямъ c , и если c_1, c_2, \dots весьма малы, то мы можемъ пренебречь высшими членами, и получаемъ

$$A \geq b_0 + b_1 c_1 + b_2 c_2 \dots \geq B, \dots \dots \dots (II)$$

если для краткости полагаемъ $f(0, 0, \dots) = b_0$, $\left(\frac{df}{dc_1}\right) = b_1$, $\left(\frac{df}{dc_2}\right) = b_2$ и т. д.

Если 2 рода іоновъ, концентраціи которыхъ c_1 и c_2 , дѣйствуютъ антагонистически, то b_1 и b_2 должны имѣть противоположные знаки, и для случая 2 іоновъ уравненіе (II) получаетъ видъ:

$$A \geq b_0 + b_1 c_1 - b_2 c_2 \geq B \dots \dots \dots (III)$$

и т.д.

Допуская при этомъ, что c_1 и c_2 безконечно малы, ~~имѣемъ~~
 $A = B$ (слѣдовательно верхній и нижній предѣлы раздражимости совпадаютъ) ~~и при этихъ условіяхъ уравненіе (III) переносится такъ:~~

$$A - b_0 = b_1 c_1 - b_2 c_2 = B - b_0 = 0;$$

и слѣдовательно

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{c_2}{c_1} = Const. \dots \dots \dots (IV)$$

Такимъ образомъ, если въ органѣ существуютъ только 2 рода іоновъ и ихъ концентраціи весьма малы, то долженъ приблизительно выполняться законъ, выраженный уравненіемъ (IV). Этотъ законъ былъ открытъ эмпирически Лёбомъ ¹⁾.

При такихъ концентраціяхъ, которыя не могутъ быть разсматриваемы, какъ безконечно малы, должны наблюдаться отступленія отъ закона Лёба и притомъ въ тѣмъ большей степени, чѣмъ концентрація іоновъ въ органѣ больше. Въ мышцѣ, какъ показали Альтъ и Шмидтъ ²⁾, удѣльная проводимость и слѣдовательно концентрація іоновъ меньше, чѣмъ въ нервѣ. Лебовскій законъ поэтому долженъ лучше удовлетворяться для мышцы. Если однако осадить рядъ солей изъ нерва и этимъ путемъ уменьшить концентрацію іоновъ въ немъ, то и для нерва долженъ выполняться тотъ же законъ. Опыты, предпринятые въ этомъ отношеніи Лебомъ ³⁾, говорятъ въ пользу такого воззрѣнія.

¹⁾ J. Loeb. Dynamik.

²⁾ K. Alt und K. E. F. Schmidt. Pflüger's Archiv. 53, p. 575. 1893.

³⁾ J. Loeb. Pflüger's Archiv. 116, p. 193. 1907.