

da. El término de esa coordinación acarrea el de la vida, es decir, la muerte.

Tengo que hacer notar una vez más á este propósito cuán ilógico es comparar el conjunto de los fenómenos que presenta un metazoario y el de los que presenta un protozoario, confundir en una misma denominación la *vida* y la *vida elemental manifesta*. Respecto á los movimientos generales, por ejemplo, los cambios directos entre el animal y el medio lo explican todo en el protozoario. No intervienen, por decirlo así, generalmente en los vertebrados, cuyos movimientos se deben á reacciones que tienen lugar en el interior del animal.

## CAPITULO XX

### Sistema nervioso.

Hemos tenido una primera idea del sistema nervioso al estudiar el elemento epitelio-neuro-muscular de ciertos celenterios. No puedo extenderme aquí en la descripción anatómica é histológica de este sistema en los vertebrados, descripción que puede encontrarse en todos los tratados de Zoología y de Fisiología. Voy solamente á estudiar los movimientos reflejos en cuanto aclaran la teoría de las plástidas incompletas expuesta en el capítulo XVIII.

Se creía antes que todos los elementos nerviosos se hallaban en continuidad de sustancia por las prolongaciones llamadas protoplásmicas de sus células. Los nuevos métodos histológicos parecen haber probado que no hay nada de eso y que solamente están contiguas esas prolongaciones. El elemento nervioso se compone de una masa protoplásmica nucleada (fig. 15), que emite en todos sentidos prolongaciones ramificadas, una de las cuales tiene estructura notable (que se encontrará descrita en los tratados de Histología) y se ramifica á su vez en su extremidad distal en varias ramitas muy separadas. Según las partes del sistema nervioso en que se estudia, ese elemento presenta modificaciones bastan-

te profundas, pero conserva siempre el mismo tipo fundamental.

Considero, por ejemplo, un elemento nervioso que forma parte de los centros motores de la médula espinal. Las ramitas de su prolongación están en *continuidad* íntima con la sustancia de una ó de varias fibras musculares, como lo representa muy esquemáticamente la figura 15. Esas ramitas penetran efectivamente hasta el protoplasma de las fibras musculares. Hay continuidad absoluta entre el nervio y el músculo, aun cuando las últimas prolongaciones de aquel puedan distinguirse aún,

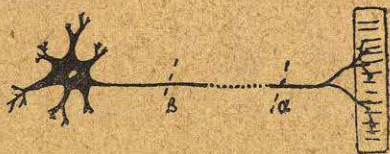


FIGURA 15.

por procedimientos especiales, en el interior de la fibra muscular (1).

¿No hay ahí una asociación enteramente comparable, desde el punto de vista de la continuidad de sustancia, con el elemento epitelio-muscular binucleado de los celenterios? (fig. 14 B). Pero en este caso la prolongación es extremadamente larga y puede verificarse la merotomía. Pues bien, el resultado de ella es la degeneración, caso de que un fenómeno de cicatrización no reproduzca las conexiones primitivas.

(1) La continuidad que existe entre el nervio y el músculo es del mismo género que la que hay entre el núcleo y el protoplasma de una plástida. No hay envoltura de sustancia R que separe las sustancias plásticas, puesto que la de este género que rodea al nervio es continua con la que rodea al músculo al nivel de la lámina muscular.

Supongamos que el corte se hace en  $\alpha$  (fig. 15). La parte de la prolongación situada á la derecha de  $\alpha$  degenera muy rápidamente, lo cual prueba que siendo muy especializados los núcleos de los elementos musculares, la conexión (1) con ellos de cierta cantidad de sustancia de la prolongación no basta para mantener á ésta en la condición núm. 1; pero, resultado mucho más importante, el elemento muscular y el nervioso separados por el experimento de merotomía degeneran *à la larga* en un medio en que elementos similares vecinos, que han conservado sus conexiones recíprocas, siguen prosperando.

Esto prueba, con la mayor evidencia, que los dos elementos de que tratamos son *plástidas incompletas*. La asimilación no es posible sino cuando se asocian esos dos elementos en relación de continuidad, lo que sólo verifica, por definición, una plástida completa. ¿Pero cómo tiene lugar la asimilación en la reunión de ambas? En ciertos vertebrados hay prolongaciones nerviosas que pueden alcanzar longitudes que asombran, un metro y más. He discutido anteriormente (véase pág. 150) la probabilidad de un transporte directo de sustancia de un extremo á otro de una prolongación protoplásmica de esa longitud, y he demostrado que es más verosímil la creencia en la trasmisión de un punto á otro, análoga á la que Grothus ha imaginado existir entre los dos electrodos de un voltámetro.

Esa trasmisión constituye lo que se llama acción nerviosa. Va acompañada de fenómenos físicos (eléctricos, por ejemplo), y ciertos autores llegan á considerarla como un fenómeno puramente físico. La discusión de estas diversas teorías no tiene sino muy escaso interés para el fin que perseguimos, puesto que *la ley de la asimilación funcional resultará con igual claridad, ya se consideren*

(1) Conexión, en el sentido de la nota anterior.

*los elementos anatómicos como plástidas completas que exigen una condición física especial ó como plástidas incompletas.* Hay, sin embargo, un fenómeno que milita en favor de la teoría de una trasmisión química de un punto á otro.

Según el experimento de merotomía hecho anteriormente, se ve poco á poco, con particularidades de por menor que no entro á examinar, que la prolongación cortada se alarga de un modo que, si se la deja tiempo, renueva sus conexiones primitivas con los elementos musculares de que había sido separada. Es un fenómeno de regeneración análogo al que hemos observado anteriormente en los protozoarios, y que tiene lugar mucho más rápidamente que la degeneración de la misma célula nerviosa. ¿Cómo admitir que un simple fenómeno físico determine el alargamiento de la prolongación nerviosa? ¿No es mucho más verosímil la trasmisión química de un punto á otro? Esa trasmisión se verifica, como hemos visto anteriormente, por una serie de destrucciones y de reconstituciones moleculares. ¿Pero, entonces, produciendo por un procedimiento cualquiera, en cualquier punto, una destrucción molecular en la prolongación nerviosa, se obtendría una trasmisión de igual naturaleza? Pruébalo precisamente la experiencia. Si en  $\alpha$  (fig. 15), después de la merotomía, pincho fuertemente la extremidad del trozo de nervio que ha permanecido en conexión con el músculo, obtengo en la extremidad distal, en el músculo, un efecto idéntico al de la acción nerviosa común. He determinado una acción nerviosa.

Preveo aquí una objeción. ¿Cómo ocurre, si el elemento nervioso no constituye por sí solo una plástida, cómo ocurre que separado del elemento histológico que le completa pueda regenerar una de sus partes? Los dos fenómenos son, sin embargo, bien conocidos. *A la larga* un elemento nervioso, privado de sus conexiones periféricas normales, se atrofia, y, por otra parte, la prolongación nerviosa cortada se regenera. La contradicción en-

tre ambas proposiciones no es más que aparente, porque privado el filamento nervioso de una parte distal, puede regenerarse á expensas de la sustancia protoplásmica preexistente de la célula nerviosa, sin que la síntesis de nueva cantidad de esa sustancia sea necesaria; pero si á la larga nuevas conexiones no restablecieran la plástida en su integridad, el elemento nervioso entero acabaría por desaparecer. Dicho de otro modo, en la condición núm. 2, puede deformarse y crecer su filamento, pero si nuevas conexiones no restablecen la condición núm. 1, la destrucción proviene fatalmente de la condición núm. 2 prolongada (1).

Demasiado conocida es la historia de los reflejos para que me detenga en ella. Quiero solamente dar una idea en relación con las consideraciones precedentes. El reflejo más sencillo debe considerarse, en último término, como resultado del influjo de la vida elemental manifiesta de una plástida completa (elemento periférico + elemento nervioso centripeto) sobre una plástida completa vecina (elemento nervioso centrifugo + elemento periférico). Los cambios de sustancias plásticas no tendrían lugar sino en la extensión de una plástida completa, y serían solamente fenómenos físicos (ó quizá sustancias R) resultantes de la vida elemental manifiesta de esa plástida las que influyeran en la plástida vecina.

Consideremos una superficie periférica sensible (figura 16 a). Sabemos que es sensible á una acción mecánica exterior determinada, acción que, en ciertos casos, no ejercería influjo alguno directo sobre el nervio corres-

(1) En el experimento de merotomía que acabo de estudiar, la destrucción del músculo se conoce mucho mejor y es mucho más clara que la de la célula nerviosa. Esto puede obedecer únicamente á que los fenómenos musculares son más evidentes que los nerviosos, y también quizá á que el elemento nervioso es de alguna suerte menos incompleto que el muscular.

pondiente (1) (excitabilidad propia del elemento, véase página 153).

Según hemos visto, tratando de la excitabilidad, hay que interpretarla de esta suerte: La acción mecánica exterior de que se trata determina en el protoplasma del elemento periférico una reacción química. Ahora bien, el elemento nervioso centripeto, que completa como plástida ese elemento periférico, tiene prolongaciones que entran en su sustancia misma. Esas prolongaciones serán, pues, impresionadas por la reacción química que la excitación exterior ha determinado en el elemento peri-

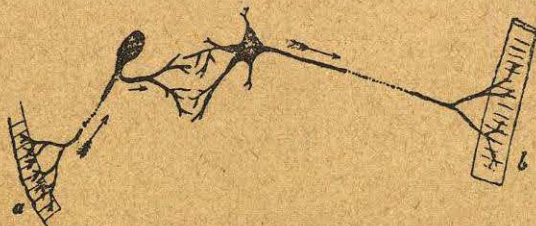


FIGURA 16.

férico; pero sabemos que toda reacción química producida en un punto de un elemento nucleado va seguida de trasmisión al núcleo de dicho elemento.

La excitación exterior adecuada á la naturaleza del elemento periférico sensible que estudiamos, determinará, por tanto, un *influjo nervioso nucleípeto*. Y lo que no sabíamos todavía, pero que debíamos prever y nos enseña la observación actual, es que ese influjo nervioso nucleípeto va seguido de otro nucleífugo, que notaremos por sus efectos y que prueba haber acción sucesiva y

(1) Véase en un Tratado de fisiología la cuestión de la *energía específica*. Es el estudio del hecho de que ciertos elementos histológicos periféricos son *excitables* por agentes exteriores que no influyen en elementos de naturaleza distinta.

recíproca, primero, del protoplasma sobre el núcleo, luego, del núcleo sobre el protoplasma.

El influjo nervioso se nos presenta, pues, como un caso particular de la conductibilidad protoplásmica estudiada anteriormente, caso cuya particularidad se debe á la gran longitud de las prolongaciones protoplásmicas del elemento nervioso. Ahora bien, esa acción nerviosa, esa trasmisión sabemos que es uno de los fenómenos de la vida elemental manifiesta del elemento considerado. Va, por tanto, acompañada de asimilación y de producción de sustancias R. Insistiré más adelante en el fenómeno de asimilación. La producción de sustancias R es quizá uno de los factores de la acción que ejerce el elemento nervioso, considerado en curso de vida elemental manifiesta, sobre un elemento vecino cuyas prolongaciones afectan relación de contigüidad con las suyas. Quizá esas sustancias R, producidas en el curso del fenómeno anterior, actúan químicamente sobre las prolongaciones del elemento vecino, de manera que determinan en él una trasmisión análoga á la que ha tenido lugar en el primero. Quizá también hay que buscar la causa de esa acción en uno de los fenómenos físicos (eléctricos, por ejemplo), que acompañan á la actividad del primer elemento, fenómeno físico que obraría sobre el segundo elemento nervioso, como la excitación mecánica exterior ha obrado primitivamente sobre el elemento periférico.

En todo caso, notamos que hay influjo de la vida elemental manifiesta del elemento nervioso de la primera plástida sobre el elemento nervioso de la segunda, en la que observamos que se producen efectivamente fenómenos análogos á los que han tenido lugar en la primera: primero, trasmisión nucleípeta; luego, trasmisión nucleífuga por la prolongación nerviosa. Sabemos que hay que considerar probablemente esa trasmisión por la prolongación nerviosa como un fenómeno químico, que

se produce de un punto á otro y se traduce, en definitiva, por modificación química de una ó de varias moléculas de su extremidad distal, moléculas que vienen á añadirse al elemento periférico incompleto (músculo, glándula,

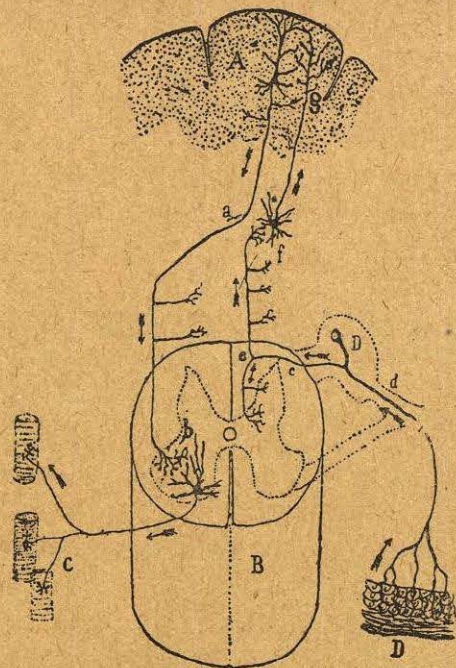


FIGURA 17.

Esquema de la marcha de las incitaciones motoras voluntarias y de las excitaciones sensibles conscientes (según Cajal).

A, región psico-motora de la corteza cerebral.—B, médula espinal.—C, fibra muscular.—D, piel.

etcétera) y en él completan las condiciones de la vida elemental manifiesta. El resultado de este fenómeno complicado, el reflejo, será, pues, que la vida elemental manifiesta de un músculo ó de una glándula, con sus manifestaciones específicas ordinarias (contracción, secre-

ción), habrá sido provocada por una excitación mecánica exterior, actuando sobre un elemento periférico enteramente distinto, en el punto de partida del reflejo.

Se ve, pues, como anunciaba anteriormente, que el reflejo más sencillo debe ser, en último término, considerado como producto de la acción de la vida elemental manifiesta de una plástida completa (elemento periférico + elemento nervioso centripeto) sobre una plástida completa vecina (elemento nervioso centrifugo + elemento periférico).

He aquí un efecto de la dependencia de unas con respecto á otras de las diversas plástidas que constituyen un metazoario, que, á causa de la extremada longitud de los elementos nerviosos, es mucho más notable que aquellos á que aludía anteriormente al caracterizar la vida (pág. 222). Dos elementos histológicos situados *muy lejos* uno de otro pueden, sin embargo, estar enlazados de tal manera que la actividad del uno, determinada por un agente exterior, determine fatalmente la actividad del otro.

Pues bien, ese fenómeno de dependencia es todavía mucho mayor de lo que parece después del estudio del reflejo *más sencillo*.

Las prolongaciones de la primera célula nerviosa no están contiguas á las de otra célula solamente, sino á las de varias otras células de la médula espinal, que á su vez entablan relaciones de contigüidad con otras y así sucesivamente, de manera que la excitación (física ó química) que actúa en la última célula nerviosa considerada y se trasmite por ella á un músculo, por ejemplo, puede haber recorrido, antes de llegar á él, un camino muy complejo, como lo indica la fig. 17, que tomamos de Cajal (1).

(1) Remito al lector á la obra de Cajal, *Nuevas ideas sobre la constitución del sistema nervioso*.

Otro resultado de la existencia de relaciones de contigüidad entre cada célula nerviosa y *varias otras* células nerviosas, es la generalización á una parte, á veces muy grande, del organismo, del efecto de una excitación exterior que haya alcanzado á un solo elemento periférico. Esta última nota nos conducirá más tarde á la noción más clara de la individualidad.

La teoría de las plástidas incompletas (1), en la que he basado esta explicación de los fenómenos reflejos, deja quizá mucho que desear, aunque parece proceder naturalmente del estudio del paso de los protozoarios á los metazoarios. En todo caso, conduce directamente á la ley de la *asimilación funcional*, ley que parece estar en un principio en contradicción con todos los hechos conocidos de la historia de los vertebrados, pero que no es en realidad incompatible más que con hipótesis generalmente admitidas para explicar estos hechos, y que concuerda, por el contrario, maravillosamente con gran número de fenómenos difíciles de comprender sin ella.

(1) Esta teoría es incompatible con la hipótesis de la naturaleza puramente física de la acción nerviosa. He dicho ya qué hechos militan contra esa hipótesis, pero, aun admitiéndola, llegamos, sin embargo, aun cuando menos directamente, á la ley de la asimilación funcional.

## CAPÍTULO XXI

### Ley de la asimilación funcional.

Copio el pasaje siguiente de un Tratado didáctico que es actualmente una autoridad: los *Elementos de Fisiología humana* de L. Frédéricq y J.-P. Nuel, porque en él creo haber de hallar la expresión fiel de las ideas que hoy se admiten generalmente. «Como el trabajo, las contracciones musculares *gastan ciertos principios químicos de la sustancia contráctil, esos principios acaban por agotarse.* Después de varias excitaciones, el músculo aislado se contrae con menos fuerza, y es preciso que el excitante sea más enérgico para que se origine la contracción. Por último, el músculo se niega en absoluto á reaccionar. El músculo aislado y cansado recobra su contractibilidad, se restaura si se le deja descansar ó si se hace pasar á través de sus vasos sangre oxigenada... *El fenómeno fundamental en el músculo que funciona es una reacción química, un desgaste de ciertos principios de la sustancia contráctil...*»

Paréceme imposible comprender en lo que antecede otra cosa que esto: «*El funcionamiento de un músculo tiene por resultado disminuir la cantidad de sus sustancias plásticas*», es decir, todo lo contrario de lo que hemos hecho notar en una plástida aislada cualquiera en el es-