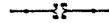


EVOLUCION

Revista mensual de Ciencias y Letras



ÓRGANO DE LA «ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES»

MONTEVIDEO

Anotaciones al texto de clase

-> DE <-

FISIOLOGÍA HUMANA

(FRÉDÉRICQ Y NÖBL)

POR EL

Doctor Juan B. Morelli

Ex catedrático de la materia en la Universidad de Montevideo

TOMO I

MONTEVIDEO

1906

LECCIONES

DE

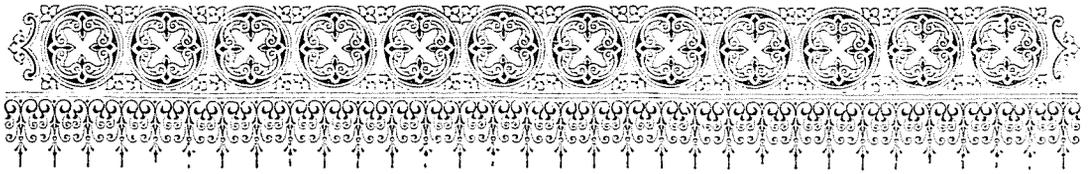
FISIOLOGÍA HUMANA

Las lecciones que van á continuación, fueron prolijamente recogidas por un estudiante, en la clase de la materia, que en nuestra Facultad de Medicina dicto hasta hace poco, el distinguido médico, doctor Juan B. Morelli.

Accediendo a nuestro pedido, han sido revisadas y aumentadas en parte por su autor, para ser publicadas en "*Evolucion*."

Es de sentir, que las múltiples tareas del reputado facultativo, no le hayan permitido poner al día esas anotaciones, como hubiera sido su más vehemente deseo.

N. DE LA D.



LECCIONES DE FISIOLÓGÍA HUMANA

LECCION I

La fisiología general es la ciencia que estudia el funcionamiento de los organismos; no es más que una vasta página de la Biología, página que conviene conocer sobre todo al médico; especialmente la Fisiología humana que investiga las funciones de su organismo.

La fisiología general es necesaria para el estudio de la fisiología humana por múltiples razones. En primer término el fisiólogo tiene que proceder á un intrincado análisis al estudiar una función, puesto que esa función, producto de un órgano, está influenciada por una infinidad de fenómenos secundarios, tales como la vascularización ya sanguínea ó ya linfática, la inervación, etc. Ahora bien; como para desligar la función observada de todos esos fenómenos accesorios, para apreciarla en toda su nitidez, hay que ir á estudiarla también en los seres más inferiores, allí donde el órgano es más simple, donde las funciones esenciales se manifiestan sin los fenómenos secundarios que á veces entorpecen la acción investigadora del experimentador. Por eso es que vemos estudiar en las experiencias de Fisiología á los dos grupos de los Reptiles y de los Anfibios. Puede decirse sin exagerar que sin ranas no hay laboratorio de Fisiología; y esto sucede porque esos animales nos presentan órganos más simplificados, un sistema muscular y un sistema nervioso que ofreciéndonos los caracteres esenciales de los que existen en los organismos superiores, pueden ser aislados perfectamente y estudiar así las diferentes influencias que contribuyen á la producción del fenómeno. Por eso es que

vemos á Romanes en los estudios sobre las hidras, y los de Gaskell sobre las medusas contribuir eficazmente al conocimiento de la función del músculo cardíaco. Y aun los seres más inferiores nos prestan servicios incalculables. tratándose de la digestión celular, de los procesos de la asimilación y desasimilación, de la nutrición de la célula; en una palabra, se ponen á contribución los datos importantísimos que nos suministra la serie inagotable de los protozoarios y de los rotófitos. Por otra parte, otros hechos nos demuestran la importancia de la Fisiología general para el estudio de la Fisiología humana: Todos los organismos es án compuestos por un conjunto de células agrupadas de cierta manera para contribuir á determinados resultados: la *teoría celular* es la piedra angular de la fisiología moderna; todo lo que se refiera al funcionamiento de la célula no será inútil, por el contrario será necesario para conocer el funcionamiento del órgano, que no es más que un agregado de células.

Además las grandes leyes en que descansan las ciencias naturales, son una verdad para el organismo humano, como lo son para todos los que pueblan la naturaleza, ya sea en el mundo orgánico, ya sea en el inorgánico; la ley de la conservación de la energía, la ley de la indestructibilidad de la materia (1), se cumple estrictamente en nosotros como en todos los organismos, en fisiología como

(1) Con las restricciones de interés puramente teórico, que resultan de los recientes trabajos sobre las radiaciones (véase Le Bon, *Evolution de la Matière*).

Nota de 1906.

en todo, no hay fuerza creada ni fuerza perdida, no hay más que *energía transformada*, como tampoco hay *materia creada* ni perdida: lo que ingerimos, ó sale al exterior, ó queda en ganancia en nuestros órganos.

De lo dicho, se deduce que uno de los grandes medios para el estudio de la Fisiología humana lo constituye la Fisiología comparada; el otro gran medio es la experimentación de la cual hablamos más adelante.

La importancia del estudio de la Fisiología, para el conocimiento de la Patología, es como se comprende esencial. Y esta cuestión tiene dos facetas; puede ser mirada bajo dos puntos de vista diferentes; beneficios que la Fisiología reporta á la Patología y beneficios que el estudio de la Patología reporta á la Fisiología. En cuanto á los primeros salta á la vista que la Patología es imposible sin la Fisiología. Mal podemos conocer las perturbaciones sufridas en la función de un órgano, si no conocemos esa función en todos sus detalles y manifestaciones. En cuanto á los segundos son también importantísimos tanto en las enfermedades infecciosas como en las no infecciosas. Sabemos desde los notables trabajos de Pasteur, que las primeras son producidas por seres microscópicos que segregan venenos que al no ser eliminados producen la muerte por intoxicación. Estudiando estas enfermedades viendo los órganos que atacan con preferencia cada una de ellas, las alteraciones que producen en funciones determinadas puede de ahí sacarse importantes conclusiones para la fisiología de esos órganos.

Así, por ejemplo, es un hecho revelador para la fisiología al ver que en la lepra y la tuberculosis es precisamente el pneumo-gástrico, el nervio que se infecciona con frecuencia, con preferencia á todos los demás. En este caso la necropsia nos lleva directamente á la fisiología del nervio. Lo mismo puede decirse de las enfermedades no infecciosas y aquí los hechos son numerosos. Observando el trastorno de una función cualquiera y viendo después, que el trastorno coincide con la lesión de un órgano dado, y establecida la concordancia entre ambos fenómenos cierto número de veces puede establecerse inmediatamente

que á ese órgano dado corresponde la función objeto de estudio.

La fisiología tiene relaciones importantes con las demás ciencias naturales. La física y la química son la base de nuestra ciencia; puede decirse que la Fisiología es la química y física de la vida, pero con esta restricción, que las funciones no comprenden fenómenos físicos y químicos así aislados, sino coordinados de cierto modo especial, yendo á terminar su ciclo también por fenómenos físicos y químicos vulgares.

La Anatomía es también un poderoso ayudante de la Fisiología. No podemos medianamente conocer la función de un órgano si antes no conocemos su textura y en muchos casos la simple inspección visual de un órgano, de su forma y posición que ocupa, podrá indicarnos la función que le corresponde; la simple observación del canal excretor de la bilis nos indicará cuál es su rol en el organismo humano.

La Histología nos presta también importantes servicios. A cierta y determinada estructura de un tejido corresponde cierta y determinada función; por ejemplo, se ha visto que el tejido caliciforme tiene la propiedad de segregar mucus, luego donde veamos tejidos caliciformes, diremos que existen secreciones mucosas. Otro ejemplo: la presencia de fibras musculares lisas en un órgano de forma globular, nos indicará que este órgano es contráctil.

El método de investigación fisiológica la constituyen la *experimentación* y la *observación*, como en todas las ciencias biológicas.

No es mucho el contingente que nos presta la simple observación; el fisiólogo limitado á ese medio, no avanzaría mucho camino. En efecto, *la observación* podría darnos datos sobre los órganos superficiales, pero escapa á su alcance todo el funcionamiento de los órganos profundos.

La experimentación estuvo reducida en un tiempo á la *vivisección*. Se tomaba un animal y se mataba en un momento dado de su existencia para examinar tal ó cual órgano. Se comprende que por este medio no podía hacerse mucho y sin embargo por él fué que llegó William Harvey á la gran concepción de la circulación de la sangre!

LECCION II

Entre los medios que pone la experimentación al servicio de la Fisiología, hemos citado la vivisección, sobre la cual insistiremos mas adelante. Otro elemento importante de progreso para esta ciencia, ha sido la influencia preponderante que ha adquirido el *método gráfico*.

Este procedimiento, no es precisamente un método sino un medio de representación, un modo claro de exposición del desarrollo sucesivo de los fenómenos.

Todo fenómeno, y todo fenómeno fisiológico especialmente está constituido por una relación entre valores y siempre podrá expresarse como se representan relacion aentre valores; así cuando decimos que un individuo á los 25 años tiene 72 pulsaciones por minuto y que ese mismo individuo á la edad de 8 años tenía 86 pulsaciones por minuto, no hacemos en ambos casos más que establecer relaciones entre dos valores: la edad en el primer caso 25, en el segundo 8; el número de pulsaciones 72 y 86. En estas relaciones de valores, uno de los factores es siempre el tiempo; lo vemos en el caso anterior y lo veremos en cualquier otro caso. Generalmente en los gráficos, entran en juego dos valores, rara vez tres, en Fisiología podemos decir que nunca se presenta el caso de tres factores.

Supongamos que se trata de saber el aumento de peso de un animal, un conejo por ejemplo, desde el momento de su nacimiento, y tenemos que al nacer pesa 100 gramos, á los 15 días 200 gramos, á los 30, 300; á los 40, 350 gramos; á los 60, 400, etc., por lo pronto vemos que uno de los dos elementos aquí es el tiempo, confirmandose lo que decíamos anteriormente. Para indicar gráficamente, el aumento del peso del conejo, para representar sobre una línea, en el papel dicho aumento tendríamos que dar á una longitud dada de papel un valor en gramos también determinado; pongamos á 1^{mm} de papel 10 gramos, así tendremos que el peso del conejo al nacer (100 gramos) estaría representado por 10^{mm} y que al peso de 200 gramos re-

presentado por una línea de doble extensión y así sucesivamente.

El Gráfico, que representa la evolución del peso del conejo lo obtenemos uniendo las extremidades superiores de las líneas y está representada por una línea quebrada, esa línea habla mucho más á nuestra inteligencia que lo que pueden hacerlo los números: ahí apreciamos de un solo golpe de vista el aumento rápido de peso que experimenta en los primeros tiempos, como ese aumento va moderándose paulatinamente hasta hacerse insensible y quedarse estacionario. La importancia del método gráfico estriba sobre todo en que la superioridad del órgano de la visión. El sentido de la vista es superior al del oído, muy superior al tacto é infinitamente superior á los del olfato y gusto. Dada esta superioridad se comprende que las adquisiciones del sentido de la vista y por consiguiente las ideas y los juicios basados en esas adquisiciones serán mucho más exactas, mucho más claras que las debidas á los otros sentidos.

Si el empleo del método gráfico es útil tratándose de relaciones que se producen lentamente que son tardías, gruesas por así decirlo, no sólo es útil, sino imprescindible cuando esas relaciones y esos fenómenos son rápidamente variables porque dependen de multitud de circunstancias lábiles: sistole y diástole ventricular, inspiración ó expiración. Careceríamos de la precisa exactitud de todas sus variaciones rápidas si nó tuviéramos á nuestro alcance la representación gráfica de ellos. Por otra parte la expresión numérica de esas variaciones no indicaría inmediatamente con tanta claridad lo que más deseábamos saber; la mayor ó menor rapidez y el sentido ya ascendente ó descendente del fenómeno como en el caso de las variaciones de la presión sanguínea. Tal importancia han adquirido los gráficos que ningún fisiologo presenta la descripción de un fenómeno sin acompañarle de su gráfico.

La mayor parte de los fenómenos fisio-

lógicos se producen en condiciones tan favorables como para poderse conseguir de inmediato su inscripción directa en una forma bien significativa.

Es cierto que hay hechos que es más difícil representarlos gráficamente, aquellos cuyo ciclo funcional ó periodo de duración es muy largo; pero aún en estos casos si la gráfica no puede obtenerse mecánicamente, en muchos casos puede construirse fácilmente el fisiólogo. Pero así mismo hoy tenemos aparatos que pueden inscribir fenómenos relativamente largos. Ejemplo la pérdida de peso que experimenta un animal á temperaturas elevadas. Este es un fenómeno que se efectúa en un periodo relativamente largo y que sin embargo puede inscribirse perfectamente. Se coloca con este objeto el animal sobre el platillo de una balanza perfectamente equilibrada, conforme va perdiendo peso el animal el platillo subirá y otro baja, ese platillo está en relación con una aguja inscriptora que vá marcando sobre el papel la curva que representa la disminución de peso.

El método gráfico tiene la gran ventaja de que los fenómenos que se desarrollan sucesivamente en el tiempo los representa simultaneamente en el espacio. Un golpe de vista sobre el papel nos indica los hechos que se han sucedido, que han ocurrido en un periodo más ó menos largo de tiempo.

Por otra parte el método gráfico permite el conocimiento de fenómenos que transcurren en un periodo brevísimo de tiempo, fenómenos que observados directamente no llegarían siquiera á impresionar nuestra retina y por otro lado tocando el término opuesto nos pone de relieve en un instante con un simple trazado, fenómenos que suceden en un tiempo bastante largo, para que recordados numericamente no pudiéramos establecer de inmediato las relaciones y comparaciones necesarias.

En una palabra el método gráfico nos presenta en un trazo, lo que espresado de otra manera necesitaría muchas páginas de descripción.

Construcción y lectura de los gráficos

Los gráficos aparecen siempre expresados entre dos series de líneas parale-

las, ambas series perpendiculares entre sí. A las líneas en general llámásele coordenadas.

Las líneas que pertenecen á la serie horizontal llámáseles *abscisas* y á las de la serie vertical *ordenadas*: la más inferior de la serie de las horizontales, eje de las *a* ó de las *abscisas*; y á la primera de la serie vertical eje de las (*I*) ó de las *ordenadas*.

El tiempo está representado por las abscisas y la unidad del tiempo por espacio de abscisa comprendidos entre dos ordenadas inmediatas. Las ordenadas presentan el otro elemento que es variable, como vemos en el ejemplo del peso del cuerpo, corresponde á una longitud dada de la *ordenada a* un valor también dado que en este ejemplo es á 1^{ra} 10 grs.

Se comprende fácilmente que tanto la unidad de tiempo expresada por el segmento de la *abscisa*, como el valor representado por cada segmento de ordenada, no debe variar, porque sino el gráfico carecería de uniformidad y no tendríamos la representación exacta del fenómeno.

Hay dos modos de construir ó mejor dicho de trazar los gráficos: la construcción artificial efectuada por el fisiólogo y la auto-inscripción, cuando el fenómeno mismo ejecuta su trazado. Como ejemplo del primer caso, hemos citado el de que el fisiólogo inscriba el aumento de peso del cuerpo de un conejo; ejemplo del 2.º caso, tenemos en el trazado de las variaciones que nos diera un *Manómetro de Vo-senille*. La auto-inscripción es preferible, siempre, que sea posible y más cuando se trate de fenómenos delicados por qué de ese modo se evitan los errores individuales y la auto-sujestión que lo puede llevar á cometer errores de más ó menos consideración.

La *auto-inscripción* comprende dos procedimientos, el directo, llamado también mecánico y el indirecto.

El *mecánico* consiste en la adaptación de varios sistemas de palancas ó de otra clase cualquiera de trasmisores que transmitiendo el movimiento accionan sobre una aguja inscriptora. La aguja inscriptora puede ser una verdadera pluma que previamente mojada en tinta va inscribiendo el trazado sobre el papel blanco; ó puede ser una simple aguja que

levanta el negro de humo de un papel ennegrecido, dejando un trazo sobre el fondo negro inversamente de lo que sucede en el caso anterior.

El segundo método es preferible al primero, porque para que la pluma marque en el papel, es necesario que se ejerza cierta presión en lo que se pierde fuerza y por lo tanto se modifica la fidelidad del trazado del fenómeno: en el segundo caso la fuerza que necesita para levantar el negro humo es mínima.

Para que el trazado se inscriba sobre el papel es necesario naturalmente que el papel vaya pasando sucesivamente por delante de la aguja inscriptora usándose con este objeto variadísimos mecanismos.

Una condición sin embargo: es indispensable que la longitud del papel que pasa en la unidad del tiempo sea siempre igual porqué la uniformidad de ambos términos debo ser exacta.

Como se obtiene mejor esta uniformidad es con el movimiento rotatorio de cilindros á cuyo alrededor se ha arrollado el papel. Tal importancia tiene hoy esa condición, que los fisiólogos tienen aparatos especiales para controlar

la *uniformidad* de la marcha de los aparatos inscriptores.

Primitivamente se empleaba el método de Fick, fisiólogo de la Universidad de Zurich que consiste en lo siguiente: á una inscripción del aparato sucedia un movimiento del papel á esta una inscripción y á este otro movimiento etc, de modo que los dos movimientos no eran simultáneos, sinó sucesivos; hoy dia no se usa este método sinó con un aparato el *ergógrafo de Mosso* (1) para estudiar las contracciones de los músculos de la mano (flexores y extensores). Este aparato consiste en una cuerda que se adapta al dedo medio y en la parte inferior de ella un peso dado. Se contrae el dedo, y esas contracciones se inscriben en el papel por una aguja unida á la cuerda.

El segundo medio de la auto-inscripción ó indirecta, por medio de la luz, consiste sencillamente en la fotografía. La fotografía en fisiología fué usada primeramente por Magbridge pero fué perfeccionada por el célebre fisiólogo Marey actualmente en manos hábiles como Kostella está dando resultados inesperados y sorprendentes, como veremos más adelante.

LECCION III

(SECCIÓN PRÁCTICA)

Aparatos de que se sirve el método gráfico

Los aparatos de que se sirve el método gráfico pueden dividirse en tres categorías. *Receptores*, los que reciben las inscripciones, *Inscriptores* los que inscriben y *Controladores* los que sirven para fiscalizar la uniformidad entre el tiempo de la producción de un fenómeno y el tiempo en que da vuelta el cilindro.

RECEPTORES Hemos visto que en el primitivo método de Fick no habia simultaneidad entre ambos fenómenos sino sucesión, que el movimiento del aparato no era continuo, sino intermitente. Este método lo vemos emplear en el *miógrafo de Pfluger-Helmoltz*, aparato que sirve para inscribir las contracciones musculares. Cousta de una palanca de primer género *c d* llevando en *c* un

contrapeso movable que sirve para ponerla en equilibrio y en *d* una aguja inscriptora que inscribe en una hoja de papel existente en *a-b* y que el operador mueve después de cada nueva contracción, en *e-f* se encuentra el músculo contrayéndose; á cada excitación mueve la palanca y por lo tanto la aguja inscriptora.

El primer paso dado en el sentido de obtener el movimiento regular y autónomo del aparato inscriptor lo tenemos en el *miógrafo de Ludwig* que sirve, como sabemos, para inscribir la presión sanguínea. Aquí ya encontramos una hoja de papel dotada de movimiento continuo desarrollándose al rededor de un cilindro movido por un aparato de relojería. En realidad construyéronse varios con velocidades diferentes, em-

(1) Y con el miógrafo de Helmholtz.

pleándose cada vez aquel cuya velocidad coincidiera con la del experimento. Marey obvió el inconveniente de tantos cilindros, construyendo un aparato cuyo aparato motor puede tener tres ejes diferentes, adaptando el cilindro á cada uno de los ejes;—un eje da una vuelta en un segundo y medio, en otro en seis segundos y en el otro la da en un minuto. Son esas tres velocidades distintas que se pueden obtener en el aparato de Marey.—Vemos que este aparato constituye un progreso sobre los anteriores, pero con todo no se pueden obtener en él más que tres velocidades determinadas.

Preocupado Ludwig de obviar este inconveniente, consiguiendo con el mismo aparato la velocidad que se quisiera para un experimento, ideó ayudado por su mecánico Baltzar uno que llena en parte esta necesidad. Construyó un cilindro, una de cuyas extremidades se termina por una chapa circular. En el cilindro de Marey como en todos los otros el movimiento se comunica directamente del aparato de relojería al cilindro; no pasa lo mismo en el aparato de Ludwig-Baltzer, aquí el movimiento se trasmite al cilindro por intermedio de una chapa también circular pero mucho más pequeña que la anterior.

Ahora bien, aplicando la chapa que comunica con el aparato de relojería, sobre la chapa que comunica con el cilindro obtenemos la trasmisión del movimiento. Según que la aplicación sea hecha sobre la periferia de la segunda chapa ó sobre la parte central obtendremos un movimiento más ó menos lento ó acelerado. Aplicado á la periferia será más lento porque el círculo es mayor—lo contrario sucede aplicándolo á la parte central porque el círculo á recorrer es menor; aplicándola á las partes intermedias entre el centro y la periferia obtendremos velocidades también intermedias entre ambos extremos.

Es necesario al inscribir un fenómeno regular la velocidad del aparato receptor de tal manera que coincida con la velocidad de producción del fenómeno. Si la velocidad comunicada al cilindro es demasiado rápida el trazado aparecerá extendido difuso y no obtendremos resultados exactos, los mismos incon-

venientes que por causa inversa, obtendremos si el movimiento fuera demasiado lento.

Para estudiar las secreciones por ejemplo, es necesario usar cilindros dotados de movimientos sumamente lentos, porque las secreciones así son. En las secreciones apenas si sale una gota cada 6 ó 7 segundos.

Para este objeto ha construido Richet sus cilindros llamados *apareados* por lo siguiente: cada uno de estos aparatos consta de dos cilindros terminados cada uno de ellos en sus extremidades por una serie de ruedas dentadas (cuatro ruedas) de diferentes diámetros.

Estas ruedas estan dispuestas inversamente en ambos cilindros es decir que en uno, la más anterior es la de mayor diámetro y en el otro la del menor. Engranando una de las ruedas del primer cilindro que es el que tiene el movimiento de relojería con una del segundo que no tiene tanto. Si engranamos la mayor del primero con la menor del segundo, obtendremos el máximo del movimiento é inversamente, si engranamos la menor del primero con la mayor del segundo, tendremos el movimiento más lento.

En todos estos cilindros existen reguladores de movimiento. Los sistemas de reguladores más usados son el de Foucault y Ivon de Villarcean y aún otro más primitivos como por ejemplo de paletas que según la inclinación ofrecen mayor ó menor resistencia á el aire y según aumente ó disminuya esta resistencia aumentará ó disminuirá la velocidad del movimiento. El sistema de Foucault consiste sencillamente en un paralelogramo *Watt* que conforme va aumentando la velocidad del movimiento del cilindro se va desplegando, ofreciendo de ese modo mayor superficie de rozamiento y moderando de ese modo aquella velocidad.

Todos los aparatos que hemos visto hasta aquí constan de cilindros que llevan á su alrededor una hoja de papel ennegrecida con negro humo, y estan animados por un movimiento de rotación.

Se comprende que de este modo, al terminar una vuelta del cilindro el trazado subsiguiente se superpondría sobre el primero, de aquí que estén animados

al mismo tiempo por un movimiento de traslación de suerte que el trazado viene á tener la forma de una espiral. Precisamente para evitar la forma de este trazado se usan las bandas de papel continuo, aplicados ya al aparato de Ludwig o al de Ricket, naturalmente que en este caso la inscripción se efectúa sobre fondo blanco y ya conocemos los inconvenientes de este método; es decir la fuerza que gasta la aguja inscriptora para dejar inscripción sobre el papel haciendo deshacer muchos detalles. En estos últimos tiempos (año 1894) el profesor François Franck y el constructor Galante han resuelto el problema de emplear bandas de papel continuo ennegrecidas, co-

sa que ofrecía muchas dificultades, puesto que al arrollar el papel el negro de humo caería. El aparato construido por Franck y Galante consta de las siguientes partes: una barra donde se arrolla el papel en blanco, una lamparilla por donde pasa el papel para ahumarse; lamparilla alimentada con alcanfor, esencia de trementina o cualquier otra sustancia de llama fuliginosa, de ahí, pasa a recibir la inscripción; recibida esta tiene que ser fijada y con ese objeto pasa al través de una sustancia que tenga esa propiedad (resina de benjuí, cloroformo, etc.), por último recorre por su lado blanco una plancha caliente, con el fin de secar el papel mojado en la operación anterior.

LECCION IV

Como lo hemos repetido varias veces, la inscripción puede efectuarse sobre fondo blanco ó sobre fondo negro. En el primer caso se usan plumas embebidas en tinta cuyos inconvenientes hemos también enumerado. Estas plumas pueden ser de dos clases de vidrio ó de metal ejemplo de las segundas lo tenemos en el termómetro de Richard. Son de forma cuadrangular, huecas, con el vértice truncado, á donde llega la tinta por capilaridad; el mismo principio corresponde á las primeras. Mucho más usado es como sabemos, la inscripción sobre fondo negro. No se puede usar para esta operación un papel cualquiera, porque el ennegrecimiento no atacaría la superficie del papel sino también las fibras de éste, de modo que al levantar la capa superficial la aguja inscriptora aun quedaría trazado en negro debido al ennegrecimiento de las fibras y no nos serviría de nada. Es necesario aglutinar las fibras previamente, y para eso se la barniza generalmente con óxido de zinc, de modo que la acción del negro de humo sea superficial. Para el ennegrecimiento puede usarse infinidad de sustancias, todas aquellas cuya llama tenga gran cantidad de carbón; este carbón se condensa sobre la superficie del papel y forma el negro de humo. Usóse al principio por Marey, en Francia la llama de una ceri-

lla, llamada cerilla de *cueva*, pero en estos últimos tiempos se usa sobre todo la llama del alcanfor, que contiene mucho carbón.

El alcanfor sin embargo tiene inconvenientes:—á veces la capa es demasiado gruesa y estando todas sus partes muy consolidadas al pasar la aguja inscriptora levanta un trozo extenso de la capa de negro humo dejando un trazado inservible.

Hoy son muchos más usados otros medios propuestos por Chauveau; tales como mezcla de alcanfor con esencia de trementina ó benzina ó llama del gas de alumbrado que ha pasado previamente sobre piedra pomez embebida en benzina.

Una vez obtenido el trazado es necesario fijarle por medio de sustancias que uniéndose al carbon den ese resultado. Usábase antes con ese objeto el cloroformo, hoy la tintura de benjuí; las ventajas de esta última sobre el primero consiste en que el trazado obtenido con el cloroformo es muy opaco y con la tintura de benjuí es brillante y claro; en cuanto al modo de proceder no hay que entrar en mayores detalles; los papeles vienen ya cortados como para adaptarse á los cilindros, llevan en un lado una lista ó franja gomosa como para pegarlos; para ennegrecerlos se coloca el cilindro entre dos soportes y

se hace correr la llama para que alcance á todas sus partes. Cuando se utilizan los líquidos para esta operación, se emplea una especie de calentador provisto de su correspondiente mecha. Para secar el trazado se saca el papel del cilindro y se hace pasar por un recipiente de fondo curvo parecido á una bañera que contiene la sustancia fijadora. Vamos á estudiar ahora los *Aparatos inscriptores*.

Aparatos inscriptores

Ejemplos muy sencillos de aparatos inscriptores son los manómetros de mercurio ó de So^+Na^2 para medir la presión sanguínea. Sobre la superficie del mercurio ó del So^+Na^2 descansa un flotador que se eleva ó desciende según suba ó baje la presión. Sobre la extremidad del flotador y perpendicularidad á él va un tallo encargado de inscribir las pulsaciones.

Generalmente para la transmisión de esos movimientos se usan palancas simples sobre todo de 2.º y 3.º género y á veces mediante palancas combinadas se obtiene no solo la inscripción sino la ampliación de fenómenos sumamente débiles como en el aparato de François Franck para apreciar las variaciones capilares en el pulpejo de la yema de los dedos mediante cuyo empleo el fenómeno sufre una ampliación de 24 veces. El inconveniente más importante de la transmisión por palancas es que el movimiento es circular puesto que las palancas al girar describen un arco de círculo, pero como este arco pertenece á un círculo grande la deformación puede despreciarse.

Las palancas constan generalmente de dos partes, una metálica y otra no metálica con el objeto de suprimir el peso la última parte corresponde á la aguja inscriptora que es de aluminio ó una simple pluma de ave.

Cuando los fenómenos ó los movimientos á inscribirse son múltiples es necesario valerse de varias palancas inscriptoras como en el *Cardiógrafo* de François Franck en el cual dos palancas marca el movimiento de los ventriculos y otras dos las de las aurículas. En estos casos cuando los movimientos son muchos es preciso á menudo alejar los aparatos

inscriptores del sitio de producción de los fenómenos para obtener un completo trazado de ellos separadamente. Es este precisamente el objeto de la transmisión á distancia ideada por el fisiólogo francés Carlos Buisson.

La transmisión á distancia puede efectuarse de dos maneras, transmisión eléctrica y transmisión por medio de los fluidos (agua, aire).

La 1.ª consiste en la acción que ejerce el fenómeno sobre un aparato de contacto puesto en relación eléctrica con otro de la misma especie colocado á distancia accionando la palanca inscriptora.

La transmisión por medio del agua ha sido desechada por poco fiel. Queda la transmisión por el aire, que es la más usada y la que se ejecuta por medio de compresión de cápsulas elásticas que están en relación por medio de un tubo de cauchut. La base de este método estriba en el hecho de que toda compresión que sufra la capsula receptora se manifestará inversamente en la cápsula inscriptora.

El tubo de comunicación con las cápsulas tiene que llenar ciertas condiciones para la eficacia del experimento, el tubo debe de ser corto, porque cuanto más largo sea mayor será la capa de aire que deban atravesar las vibraciones de movimientos y mayor por lo tanto las causas de inercia; las paredes del tubo deben ser espesas, por la misma razón; si fueran muy finas la elasticidad de esas paredes harían perder fuerza. En cuanto á las cápsulas, la primera ó receptora debe tener paredes finas con objeto de que las presiones que sufra puedan transmitirse lo más fielmente posible y la 2.ª ó inscriptora puede tener las paredes ya finas ya gruesas según las presiones que tengan que resistir. Cuando la presión es mucha la pared de esta segunda cápsula debe de ser gruesa porque sino se rompería.

Basado en todas estas premisas es que ha construido Buisson, sus tambores ó cápsulas receptoras é inscriptoras y de las que hay varios modelos (modelo Marey, etc)

Muchas veces al iniciarse el fenómeno se establece una fuerte presión, del tambor receptor al inscriptor, presión capaz de deformar el cauchut del último; para

evitar tales accidentes se usan las llamadas *llaves de aire* que adaptadas al tubo trasmisor sirven para poner en comunicación el interior del tubo con el medio ambiente y restablecer de este modo la igualdad de presión. Además de los aparatos inscriptores citados hasta aquí existen otros que difieren únicamente en la forma de la parte receptora ó de los medios de transmisión. Tenemos un ejemplo de ello en los aparatos volumétricos: constan éstos de dos semi-esferas cerradas cada una de ellas por una membrana elástica (cauchut ù membrana

animal). Entre las dos esferas colócase el órgano objeto de estudio (el riñón, por ejemplo); de este modo puede estudiarse ese órgano mientras funciona sin separarlo del cuerpo del animal y hasta cierto punto aislado de otros influencias; á esas dos esferas, se adapta un tubo trasmisor, y el aparato inscriptor es como todos los demás. Basado precisamente en la transmisión por medio de membranas elásticas es que se ha construido el esfigmógrafo de Chauveau y Marey.

LECCION V

Hemos visto en lecciones anteriores que para que el trazado no se sobreponga en los aparatos de Ludwig se comunicaba al cilindro receptor al mismo tiempo que un movimiento de rotación, otro de traslación, de modo que el trazado tenga una forma espiroidal. Marey adapta á sus aparatos otros sistemas para obtener el mismo resultado y esos sistemas son los llamados *carros motores* que pueden ser de dos clases, *automóviles* ó articulados (apareados). Los primeros constan de un aparato de relojería que obra sobre una tuerca que hace girar un largo tornillo horizontal; sobre este tornillo descansa un tallo vertical en cuya extremidad superior se coloca el tambor inscriptor. La extremidad inferior engrana en el tornillo vertical por medio de una piecita que puede levantarse ó bajarse á gusto del operador para que funcione ó no el aparato; engranado el tallo con el tornillo y girando éste, el movimiento se trasmite á aquél; de este modo el tambor inscriptor marchará horizontalmente en tanto que el cilindro circular y perpendicularmente á él y el trazado que obtengamos será como en el aparato de Ludwig de forma espiralada.

En estos aparatos debe haber alguna relación perfecta entre la velocidad de movimiento del cilindro y la del *automóvil*, porque si la del primero es demasiado rápida con relación á la del segundo, el trazado será casi superficial y nada claro, y si la velocidad del *automóvil* es demasiado rápida con relación

á la del cilindro, el trazado será demasiado extendido y no obtendremos el objeto deseado.

Con el objeto de regular bien la velocidad del uno respecto á la del otro es que el mismo Marey ha construido la segunda categoría de *carros motores* llamados *articulados*.

El fundamento de estos es igual al de los anteriores, solo difiere en el modo como se trasmite el movimiento.

Efectivamente en los articulados el movimiento se comunica á ambos aparatos por medio de una correa sin fin que por una parte se adapta á una polea que mueve el cilindro receptor y por otra parte á otra polea que mueve el tornillo horizontal del *carro-motor* (de ahí el nombre de articulados apareados). Tanto al cilindro como al *carro-motor* pueden ponérseles poleas de distinto diámetro y según las relaciones de los diámetros de la polea del uno y la del otro, así será la relación del movimiento de ambos. Se comprende pues que este pueda regularse perfectamente.

Los *carros motores* son poco aplicables en fisiología sobre todo desde que se conocen los aparatos de bandas de papel continuo descrito anteriormente.

Aparatos controladores

Vamos á estudiar ahora la tercer categoría de aparatos controladores que como sabemos sirven para controlar la uniformidad entre el tiempo de producción del fenómeno y el tiempo en que dá

una vuelta el cilindro ó sencillamente para marcar el espacio de papel que abarca ó representa la unidad de tiempo.

Usanse para esto las señales que marcan sobre el papel el momento en qué se produce el fenómeno, al mismo tiempo en que se desarrolla el trazado. La importancia de aquéllos es doble; por una parte transportan el tiempo sobre el trazado y por otra controlan la uniformidad del movimiento de rotación del cilindro.

Muchas causas pueden hacer que la velocidad del cilindro no sea uniforme: un rozamiento cualquiera sobre los reguladores, por ejemplo, puede disminuir el movimiento; otras veces por voluntad misma del operador, etc. Ese movimiento puede no ser uniforme, cuando se desea, por ejemplo, inscribir solo una parte del fenómeno (la que interesa) y en todos estos casos es conveniente y aun necesario saber á qué cantidad de tiempo corresponde cada espacio trazado. Los aparatos empleados con este fin son innumerables. Tenemos primeramente el *Cronógrafo de Knoll* construido por Roth que consiste en un aparato de relojería que mueve á un péndulo cuyo arco del movimiento dura un segundo (llamado por esto péndulo de segundo) el movimiento se trasmite á un tallo ó á un tambor; es á su vez transmitido al aparato receptor, es decir, al papel, por los medios que vimos al estudiar la transmisión á distancia.

Tenemos después la serie de los *metrónomos*, aparato cuyo tallo oscilante según á la altura que se coloque dará una oscilación en un segundo, segundo y medio, tres segundos, etc. La transmisión del movimiento al cilindro con estos aparatos puede hacerse por medio del aire ó de la electricidad; mejor por medio de esta última, inversamente á lo que sucede para la transmisión del trazado de los fenómenos en general.

Con este objeto cada metrónomo tiene un tambor receptor que se impresionará á cada vuelta del péndulo, impresión que por un tubo de goma se trasmite al tambor inscriptor. Para la transmisión eléctrica tiene un electro-imán; á cada vuelta del péndulo se interrumpe la corriente que en seguida vuelve á restablecerse; esas interrupciones se transmiten al aparato inscriptor que las escribe

sobre el cilindro. Llevan además los metrónomos una campanilla que puede tocar cada segundo, segundo y medio, etc, con el objeto que el operador sepa el tiempo que dura el fenómeno sin necesidad de reloj. Con los metrónomos no puede inscribirse más que fracciones de tiempo superiores á un segundo inclusive; para fracciones de tiempo menores de un segundo úsanse dos clases de aparatos que vamos á estudiar.

1.º Láminas vibrantes. 2.º Los diapasones—ambos basados en el mismo principio.

Las *láminas vibrantes* inventadas por Kronecker y modificadas por Kaageman consisten en gruesas barras cilíndricas metálicas que descansan sobre un tallo también metálico que es influenciado por un electro-imán de carrete; colocadas las pilas y puestas en comunicación con el carrete, pasa la corriente, se imanta el electro-imán y atrae el tallo metálico, pero al moverse el tallo con la barra que lleva superpuesta, hacia el carrete, se interrumpe la corriente y el tallo dejando de ser atraído vuelve á su sitio primitivo. Volviendo á su sitio se establece de nuevo la corriente, el carrete es electrificado, la barra atraída y la corriente otra vez interrumpida y así sucesivamente.

Las *láminas vibrantes* mas gruesas vibran ó se mueven dos veces por segundo es decir una vez cada medio segundo ó lo que es lo mismo; de un pasaje de corriente á otro pasa un segundo habiendo una interrupción intermedia; otras se mueven ó vibran 10, 50 ó 150 veces por segundo.

Los diapasones están basados en el mismo principio distinguiéndose de ellos por una regularidad mayor de las vibraciones.

Se transmiten á los cilindros como en el caso de los metrónomos; únicamente cuando se trata de diapasones ó láminas que dan 100 ó más vibraciones por segundo, no pueden usarse los tambores comunes y es necesario hechar mano de las *señales electro-magnéticas* de Marcel Despres que describimos en seguida. Las vibraciones se inscriben en el papel bajo forma de eminencias, generalmente es necesario siempre relacionar el trazado del fenómeno á la generatriz inferior del trazado del tiempo.

LECCION VI

Hemos indicado anteriormente que cuando las fracciones de tiempo á inscribir son muy pequeñas es necesario usar para ello las señales *electro-magnéticas* que como su nombre lo indica llevan como parte esencial un electroimán; las más sencillas son las señales electro-magnéticas simples que constan de dos electro-ímanes, que cuando pasa la corriente atraen una lámina de hierro dulce que está unida á la aguja inscriptora á la que pone en movimiento. Los pasajes de corriente que marcan cada uno, una fracción de segundo se inscriben bajo forma de platillos que alteran la línea recta del resto del trazado. Con esta señal electro-magnética no puede inscribirse fracciones menores de 0.01 de segundo por la razón siguiente. Tardando la lámina de hierro dulce 0.01 en imantarse y otro centésimo en desimantarse se comprende fácilmente que no puede inscribirse fracciones de tiempo menores á ese 0.01 de segundo que tarda para imantarse primero y para desimantarse después.

Para inscribir fracciones menores de 0.01 de segundo se usó primero el Cronógrafo de Marey, aparato que tiene la misma disposición que el anterior con la diferencia de que á la lámina de hierro dulce se ha sustituido una vibrante capaz de dar 200 vibraciones por segundo. La técnica de este aparato es idéntica á la del anterior y puede usarse como aquel tanto con las láminas vibrantes como con las diapasones. Como la lámina no es capaz de dar mas de 200 vibraciones por segundo, no podrán marcarse con él fracciones de tiempo inferiores á 1/200 de segundo ó sea 0.005.

Cuando Marey hacía sus grandes estudios sobre la circulación de la sangre y sobre miografía, este aparato era suficiente, pero hoy que se hacen experimentos mucho más delicados en los cuales es preciso obtener fracciones de tiempo mucho menores, no llena las necesidades que se le exigen y se han inventado otros que los sustituyen con ventaja.

La señal electro-magnética de Marcel Desprez responde á ese objeto. Es un aparato en que se ha reducido de tal modo la superficie de la lámina y se ha dispuesto de tal manera el pequeño carrrete que la imantación de $\frac{1}{400}$ ó $\frac{1}{500}$ de segundo, lo mismo que la desimantación, de modo que pueden obtenerse inscripciones de fracciones de tiempo equivalentes á 0.002 de segundo; además se le han adoptado varios accesorios como, v. gr., un resorte con el objeto de apretar más ó menos la lámina, obteniendo de este modo mayor ó menor amplitud de vibraciones. Este aparato tiene el inconveniente de descomponerse fácilmente; el resorte si es elástico se descompone con facilidad y si es metálico se destempla muy pronto. Como los otros este aparato lleva un sostén que sirve para colocarlo en el soporte y que es independiente de él. El trazado obtenido con este instrumento no es una línea recta alternada por platillos sino una verdadera línea sinusoidal en que las curvas ascendentes pasan por arriba de la abscisa correspondiente y las descendentes por debajo de esa misma abscisa; el espacio comprendido entre dos curvas ascendentes marca la fracción de segundo.

Por último tenemos la señal *electromagnética de Kronecker* construida por Zimmerman, basada en el mismo principio del teléfono y que consiste en dos electroimanes que obran por influencia sobre una lámina á la que hacen vibrar, lámina que á su vez está en relación con la aguja inscriptora, esta lámina es capaz de dar 700 vibraciones por segundo. La amplitud en ancho del trazado obtenido con este y con el anterior aparato depende de varias circunstancias; en general está en razón inversa al número de vibraciones: con 100 vibraciones por segundo se obtiene un trazado más ancho que con 200 en el mismo espacio de tiempo; además también depende de la energía de la corriente eléctrica; cuanto mayor sea ésta, mayor será la amplitud del trazado. En general el aparato de Kronecker da un trazado más ancho que el de Marcel Desprez. Como vemos el