

te y en todos los casos la resistencia final aparece con bastante fuerza.

Para apreciar bien el valor de la resistencia, conviene evaluarla en unidades de medida, esto es en ohms. Las consideraciones precedentes pueden en gran parte explicar por qué los valores atribuidos á la resistencia han sido diferentemente considerados por los diversos autores. En primer lugar, estas evaluaciones no se han referido á las mismas regiones; además los métodos empleados han diferido también mucho entre sí. Algunos autores se han dedicado á evaluar el minimum absoluto de la resistencia ó de los valores próximos al minimum absoluto; las cifras que de tal modo han atribuido á la resistencia son bastante bajas; difieren también bastante poco para gran número de regiones y en las diversas condiciones fisiológicas y patológicas. Otros autores no han buscado más que la evaluación de los minimums relativos; otros se han contentado con calcular la resistencia después de una mayor ó menor duración al paso de la corriente y en condiciones muy diferentes, ya como fuerza electromotora, ya como intensidad; también los valores hallados difieren casi siempre unos de otros en proporciones bastante considerables y son más ó menos elevados. Por último, algunos autores han investigado los valores iniciales de la resistencia colocándose en condiciones á menudo distintas, empleando por ejemplo fuerzas electromotoras ya débiles, ya fuertes; los valores obtenidos de tal suerte son generalmente muy elevados.

Así Remak y Runge, que han sido de los primeros en estudiar la resistencia eléctrica del cuerpo, midiéndola después del paso más ó menos prolongado de la corriente, han calculado que estaba ordinariamente comprendida entre 1,000 y 5,000 unidades Siemens<sup>1</sup>; Gaertner y Jolly, inquiriendo al contrario las resistencias iniciales, hallaron que oscilaban entre 100,000 y 400,000 unidades Siemens; Weber encuentra resistencias que se elevan á 900,000 unidades Siemens. Entre estos extremos, se han citado numerosos valores intermedios. Para D. d'Arman, en las circunstancias ordinarias del electrodiagnóstico y de la electroterapia, la resistencia varía entre 800 y 30,000 ohms; puede variar también entre límites mucho más extensos, entre 260 y 1.250,000 ohms.

Cuando se quiere conocer la resistencia opuesta por el cuerpo á la corriente eléctrica, no basta con aducir que al número de ohms que se ha encontrado corresponde la resistencia en un momento dado, sino que conviene especificar las diversas condiciones en que se ha operado. Importa señalar especialmente, entre otras condiciones, las regiones sobre las que

<sup>1</sup> La unidad Siemens tiene aproximadamente el valor de un ohm.

se han colocado los electrodos, las dimensiones y naturaleza de éstos electrodos, la clase de líquido que los mojaba y su temperatura, la fuerza electromotora de la corriente empleada, su intensidad, el momento de aplicación de la corriente al que corresponde la evaluación en ohms, etc. Aparte de estas diversas consideraciones, creemos de mucha utilidad, cuando la exploración de la resistencia eléctrica del cuerpo tiene lugar con un fin electrodiagnóstico, observar de qué manera obra la intensidad de la corriente con una fuerza electromotora dada al comenzar la aplicación, luego á intervalos aproximados durante el período de decrecimiento de la resistencia, hasta el momento en que se ha alcanzado el minimum relativo. Puede ser á menudo útil continuar la exploración aumentando la fuerza electromotora empleada, y observando cómo aparece la intensidad en el nuevo período decreciente de la resistencia hasta el nuevo minimum relativo, y de igual modo hasta el minimum absoluto. Frente á las intensidades comprobadas en los diversos momentos de aplicación de la corriente, colócase la evaluación en ohms de la resistencia.

**Métodos de evaluación de la resistencia eléctrica.**—Los procedimientos para evaluar la resistencia en unidades de medida son muchos; todos tienen sus defectos y ninguno puede procurar una medida absolutamente exacta de la resistencia.

No insistiremos en modo alguno acerca el procedimiento por el *punte de Wheatstone*; excelente para medir resistencias metálicas, deja mucho que desear para la medida de las resistencias del cuerpo.

Puede objetarse que con él no pueden seguirse en condiciones suficientemente rigurosas los regímenes de decrecimiento de la resistencia; efectivamente, durante las manipulaciones necesarias, la rama de derivación en la que se encuentra el cuerpo es recorrida por corrientes con diferencias variables de potencial; además, este procedimiento exige una instrumentación delicada y compleja; las condiciones para obtener una aproximación suficiente de los valores de la resistencia son difíciles de realizar, y los errores en el cálculo de estos valores pueden ser considerables. A la vez que estos inconvenientes, el procedimiento empleado por Weiss<sup>1</sup> para medir las resistencias eléctricas del cuerpo ofrece, no obstante, importantes ventajas: con él se pueden especialmente eliminar en gran parte los errores debidos á la polarización de los electrodos.

Con el procedimiento por el *galvanómetro diferencial* (procedimiento de Spehl y Sano<sup>2</sup>) no se pueden tampoco seguir cual convendría los regi-

<sup>1</sup> WEISS, *Archives d'électricité médicale*, 15 Julio de 1893, y *Société française d'électrothérapie*, 15 Junio de 1893.

<sup>2</sup> SPEHL y SANO, *Journal de neurologie et d'hypnologie de Bruxelles*, 5 Febrero de 1896.

menes decrecientes de la resistencia, y como el anterior, somete el cuerpo á corrientes con diferencias variables de potencial.

El procedimiento del *ohmmetro* de Mergier<sup>1</sup> exige una instrumentación delicada, fundado como está en el mismo principio que el *ohmmetro* de Ayrton y Perry. No debe confundirse con una disposición instrumental usada por d'Arman con el nombre de *ohmmetro* electromédico y basado en la ley de Ohm.

El método de evaluación de la resistencia por *sustitución* ha sido el primer procedimiento empleado. Consiste en sustituir á la resistencia del cuerpo la resistencia de un reostato graduado en ohms. A pesar de sus imperfecciones, lo consideramos aún hoy como uno de los más prácticos y bastante exacto cuando se toman ciertas precauciones. Es ante todo necesario que el manantial de electricidad á que se recurra sea suficientemente constante para que su fuerza electromotora y su resistencia propia no sufran variaciones en el curso del experimento. Aseguradas estas condiciones, he aquí cómo debe procederse si se quieren obtener resultados que sean luego comparables entre sí. Tómanse electrodos de dimensiones determinadas, con preferencia iguales, aplícanse bien humedecidos en las regiones elegidas, que importa especificar teniendo en cuenta la calidad de los polos que les corresponden, y se mantienen los electrodos perfectamente aplicados en toda su superficie con una presión ni muy fuerte ni demasiado débil. Luego, con una fuerza electromotora conocida, ya por el número de elementos de la batería, ya por medio de un voltímetro, se establece la corriente y se observa la desviación alcanzada desde el comienzo por la aguja del galvanómetro. Este debe ser bastante sensible y suficientemente aperiódico, pero no es necesario que esté dividido en unidades de medida. Síguense las desviaciones sucesivas alcanzadas por la aguja del galvanómetro y se registran primero á intervalos muy unidos cada cinco ó diez segundos; más tarde á intervalos más separados cada quince, treinta ó sesenta segundos. Puede suspenderse el experimento en un tiempo determinado, transcurridos dos, tres ó cinco minutos, por ejemplo, ó proseguir hasta que la aguja del galvanómetro haya dejado de avanzar. Conviene en muchos casos completar la exploración precedente, sobre todo cuando la intensidad alcanzada por la corriente ha permanecido débil, con nuevas exploraciones efectuadas de igual suerte, dejando los electrodos en el punto en que se colocaron y tomando una fuerza electromotora cada vez más elevada y se determina cada vez por el número de elementos tomados en la batería ó bien por medio del voltímetro. Terminada esta parte del examen, falta eva-

<sup>1</sup> MERGIER, *Thèse de Paris*, 24 Julio de 1894.

luar en ohms las resistencias que corresponden á las diversas desviaciones del galvanómetro. Para ello se sustituye el cuerpo por un reostato graduado en unidades de medida (los reostatos de décadas son con mucho los más cómodos en este concepto). Tomando de nuevo las fuerzas electromotoras sucesivamente empleadas y aplicando uno contra otro los electrodos que se mantuvieron sobre el cuerpo, se inquiere cuáles son las diversas resistencias del reostato que reproducen las desviaciones del galvanómetro anotadas en los diversos momentos de las exploraciones<sup>1</sup>.

El procedimiento basado en la ley de Ohm para la evaluación de la resistencia del cuerpo ha sido empleado especialmente por Vigouroux<sup>2</sup> y por d'Arman. Consiste en calcular por una parte la diferencia de potencial á nivel de los electrodos por medio de un voltímetro en derivación, y por otra parte, la intensidad de la corriente que atraviesa el cuerpo; obtiéndose en seguida la resistencia por medio de la fórmula  $R = \frac{E}{I}$ <sup>3</sup>.

Para explorar la resistencia del cuerpo, se puede operar como hemos indicado al hablar del método por sustitución: anotando la intensidad alcanzada por la corriente al comenzar la aplicación y el voltaje correspondiente, luego las diversas intensidades alcanzadas por la corriente con los correspondientes voltajes en intervalos de tiempo determinados. Como el voltaje no puede calcularse más que en los puntos de unión de los hilos con los electrodos, es necesario restar la resistencia propia de los electrodos de los valores que proporcione el cálculo; se deberá restar también la resistencia debida á la polarización de los electrodos y de los tejidos, corrección difícil de hacer. Este procedimiento de evaluación de la resistencia del cuerpo ofrece, pues, también inconvenientes bastante acentua-

<sup>1</sup> Dos principales causas de error existen en este método. Una proviene de la polarización de los tejidos del cuerpo y no puede evitarse, sólo puede ser evaluada de un modo aproximado. La otra deriva de la polarización de los electrodos; para separarla, puede suprimirse usando los electrodos llamados impolarizables; pero hay que tener en cuenta que éstos humedecen el epidermis con soluciones salinas, y por tanto disminuye la resistencia. Se puede también con los electrodos usuales disminuir el error debido á su polarización, empleando electrodos ya polarizados de antemano: el paso de la corriente conserva la polarización de los electrodos mientras están aplicados al cuerpo y durante la evaluación de las resistencias por sustitución las causas de error en estas condiciones son mucho menos considerables que si se aplican sobre el cuerpo, al comenzar el experimento, los electrodos sin polarizar.

<sup>2</sup> R. VIGOUROUX, *Progrès médical*, 1887, tomo I, pág. 29, y 1888, tomo I, págs. 45 y 86.

<sup>3</sup> Este procedimiento exige aparatos rigurosamente graduados; es necesario que el voltímetro sea de la mayor resistencia para influenciar lo menos posible la intensidad de la corriente que atraviesa el cuerpo; el galvanómetro de intensidad ha de ser muy sensible y perfectamente aperiódico. La lectura del número de voltios debe hacerse mientras la corriente pasa á través del cuerpo; los valores del voltaje y los de la intensidad no se obtienen con exactitud si no se registran al mismo tiempo; es mejor, pues, utilizar á la vez un voltímetro y un miliamperímetro que no solamente un galvanómetro, ya como voltímetro, ya como miliamperímetro.

dos, y no proporciona, en último término, resultados más precisos que el procedimiento por sustitución.

En todo lo que antecede, no hemos tratado más que de los métodos de evaluación de la resistencia por medio de las corrientes voltaicas. Para evitar diversos inconvenientes inherentes al empleo de estas corrientes, y principalmente los inconvenientes que resultan de la polarización de los electrodos y de los tejidos, se ha querido evaluar la resistencia del cuerpo por medio de *corrientes alternativas*, al igual de las corrientes farádicas ó de las alternativas proporcionadas por dinamos. Pero los varios métodos empleados son aún imperfectos, su instrumentación es bastante complicada y más ó menos defectuosa; así es que los resultados obtenidos no son más precisos que con las corrientes voltaicas; por otra parte, difieren de ellas notablemente y parece que la resistencia del cuerpo no es la misma empleando las corrientes alternativas ó las corrientes voltaicas.

**Causas fisiológicas y físicas de la resistencia del cuerpo y de sus variaciones.** — La causa de la fuerte resistencia opuesta por el cuerpo á la corriente eléctrica reside en la epidermis. Si, después de haber calculado la resistencia entre dos regiones del cuerpo, se quita la epidermis por medio de un vejigatorio, como ha hecho Jolly, y se evalúa de nuevo la resistencia, se observa que es muchísimo menor. Obtienen resultados parecidos en el cadáver, inquiriendo la resistencia con ó sin epidermis. Jolly ha calculado que la epidermis oponía á la corriente, en los dos puntos de aplicación de los electrodos, una resistencia 300 veces más fuerte que el conjunto de los demás tejidos, por tanto 150 veces más fuerte para cada una de las regiones de la piel en contacto con los electrodos. Los tejidos situados debajo de la piel ofrecen una conductibilidad infinitamente mayor; entre estos tejidos, los músculos son los que ofrecen más débil resistencia; si se representa por 1 su resistencia, la de los otros tejidos, nervios, tendones, cartílagos, varía entre 1,5 y 2,5, la de los huesos es de 15 á 20 veces más considerable (Eckhard).

Las causas de la disminución de la resistencia durante el paso de la corriente voltaica son múltiples. Una de ellas es el humedecimiento de la epidermis por el líquido contenido en los electrodos; luego los fenómenos de cataforesis debidos á la corriente, en el polo P la epidermis es atravesada por el líquido de los electrodos, en el polo N lo es por los líquidos contenidos en los tejidos subyacentes. Estas dos causas existen no sólo en el vivo, sí que también en el cadáver; en este último, no obstante, la disminución de la resistencia durante el paso de la corriente

es menos acentuada. En el vivo, en efecto, intervienen otras causas de orden fisiológico: durante el paso de la corriente, los vasos sanguíneos sufren modificaciones de calibre, como lo atestigua la rubicundez que aparece en la piel debajo de los electrodos; de ello resulta una mejor conductibilidad debida por una parte al aumento del contenido de los vasos y por otra al aumento de la cantidad de los líquidos orgánicos en los espacios celulares é intercelulares de los tejidos. Pero no se está de acuerdo acerca el papel respectivo de estas dos condiciones: unos con Silva y Pescarolo, atribuyen una acción preponderante á la segunda; los otros, con Vigouroux, colocan en primera línea la dilatación de los vasos y el aumento de su contenido.

Discútese también acerca las condiciones que originan en el estado fisiológico diferencias de resistencia entre las diversas regiones del cuerpo en un mismo individuo ó entre las regiones parecidas de individuos diferentes. Se ha pensado que el número de los orificios glandulares que se abren en la superficie de la piel desempeñaba un papel importante en las diferencias de resistencia entre las diversas regiones; pero, como han hecho observar Silva y Pescarolo, la resistencia es relativamente muy débil en las mejillas, donde no se cuentan más que 75 glándulas sudoríparas por centímetro cuadrado, mientras que es, al contrario, elevada en la palma de las manos, donde se cuentan 360 por centímetro cuadrado. El espesor total de la epidermis no parece desempeñar más que un papel secundario. Las condiciones más importantes parecen depender del estado de queratinización de las células superficiales de la epidermis, de su renovación más ó menos rápida y del espesor de su capa córnea. Estas condiciones desempeñan también, por otra parte, un papel importante en los diversos estados patológicos.

**Variaciones de la resistencia eléctrica en los estados patológicos.** — Después de lo que acabamos de exponer, se comprenderá fácilmente que el valor semiológico de las variaciones de la resistencia eléctrica del cuerpo humano haya sido muy discutida y á veces aún puesta en duda. Creemos, no obstante, que puede tener alguna importancia.

En el histerismo, en el bocio exoftálmico y en la melancolía es donde se ha atribuido de un modo especial un valor semiológico á las modificaciones de la resistencia eléctrica del cuerpo.

Vigouroux fué el primero en exponer, en 1878, las modificaciones de la resistencia eléctrica en el *histerismo*. Había observado en histéricos con hemianestesia una resistencia mucho más elevada en el lado anestesiado que en el lado sano; pero mientras que Estore ha comprobado mo-

dificaciones parecidas, Silva y Pescarolo, y luego también d'Arnam, no las han encontrado de un modo constante. Resulta, no obstante, de todas estas investigaciones, que de un modo general la resistencia eléctrica está aumentada en el histerismo. Este aumento, según d'Arnam, sería mucho más acentuado en el histerismo con alienación que en el histerismo sin alienación.

En el *bocio exoftálmico*, al contrario, se observa ordinariamente una disminución de la resistencia eléctrica, que Vigouroux fué el primero en observar, dando á esta disminución un valor semiológico casi igual al de otros síntomas cardinales de esta afección.

En la mayoría de casos de bocio exoftálmico, en efecto, la corriente aplicada al cuerpo alcanza rápidamente, con una fuerza electromotora débil, una intensidad relativamente elevada, y se comprueba que la resistencia inicial aparece débil, que el período de régimen decreciente de la resistencia es casi siempre muy breve y que, por último, la resistencia final ofrece con bastante frecuencia una cifra inferior á la resistencia explorada en condiciones parecidas en personas de buena salud. Estas particularidades se encuentran más ó menos en las diversas regiones del cuerpo: son generalmente menos acentuadas en los pies y las manos; asimismo los métodos que consisten en explorar la resistencia entre las dos manos sumergidas en el agua no pueden recomendarse para esta clase de investigaciones electrodiagnósticas.

Se ha rechazado la opinión de Vigouroux que atribuye una influencia directa al estado del sistema vasomotor sobre esta disminución de la resistencia eléctrica en el bocio exoftálmico; se ha hecho observar que la hiperhidrosis, tan frecuente en esta enfermedad, una renovación más activa de la epidermis, una queratinización menor de sus células superficiales eran de ello más bien sin duda las causas eficientes. Sea cual fuere la interpretación que reciba el fenómeno, no deja por esto de subsistir, constituye un síntoma frecuente de la enfermedad de Basedow, cuya comprobación puede ser útil.

En algunos casos, no obstante, la resistencia eléctrica no está disminuída en esta afección; á veces está más bien aumentada; estas particularidades se explicarían casi siempre, según Vigouroux, por la asociación con otra de la enfermedad de Basedow, sobre todo con el histerismo.

En la *melancolía* (excepción hecha de los estados de melancolía ansiosa) se ha observado un aumento considerable de la resistencia eléctrica (Séglas, R. y A. Vigouroux, d'Arnam). Spelsh y Sano, inquiriendo la resistencia eléctrica entre las dos manos sumergidas en el agua, no han comprobado semejante aumento de la resistencia; nos ha parecido, por el

contrario, común en enfermos de la Salpêtrière, tomando la resistencia en otras regiones del cuerpo, especialmente entre la parte posterior del cuello y el esternón.

Se han señalado también modificaciones de la resistencia eléctrica en otros estados patológicos. En la *epilepsia*, y sobre todo en la epilepsia con alienación, la resistencia eléctrica parece estar generalmente aumentada (d'Arnam, Boccolari y Borsari). Durante un acceso no difiere notablemente de la resistencia notada en el intervalo de los accesos. Se ha encontrado también aumentada la resistencia en la *parálisis general* (Boccolari y Borsari), en la *locura alcohólica* y en la *idiocia* (d'Arnam).

La resistencia estaría más bien disminuída en la *mania*, la *neurastenia* y la *corea*. Se ha encontrado muy disminuída en casos de *tétanos* (d'Arnam).

Dubois ha encontrado en casos de *hemiplegia cerebral* que la resistencia era mucho mayor en el lado paralizado; esta diferencia era mucho más acentuada cuando había descenso de temperatura en el lado paralizado. Silva y Pescarolo no han encontrado este aumento de un modo constante, ni aun con trastornos vasomotores acentuados.

En la *poliomielitis anterior aguda* (parálisis infantil y parálisis espinal del adulto), Vigouroux ha encontrado un aumento considerable de la resistencia. D'Arnam ha encontrado también aumentada la resistencia, pero la caída de la misma es rápida y la diferencia entre la resistencia inicial y la resistencia final es bastante acentuada.

En las *atrofias musculares*, la resistencia está aumentada, según Frey y Windscheid. En las miopatías, aun con atrofia, la resistencia continuaría sensiblemente normal, ni aumentada, ni disminuída, según Silva y Pescarolo.

En los *estados caquéticos*, la resistencia está generalmente aumentada; d'Arnam ha comprobado este hecho de un modo especial en la caquexia carcinomatosa y en la caquexia senil.

En la mayor parte de los *estados febriles*, la resistencia está también aumentada (Silva y Pescarolo), aun cuando haya congestión intensa de los tegumentos como en la erisipela, el sarampión y la escarlatina en el período de erupción. Silva y Pescarolo relacionan este aumento de la resistencia, no sólo con el aumento de la temperatura, sino además con la sequedad de la epidermis y la fuerte queratinización de sus células superficiales. En las fiebres palúdicas, la resistencia aparece aumentada hasta el período de los sudores; al llegar este último, está, por el contrario, disminuída.

En la *esclerodermia*, Eulenburg ha encontrado la resistencia aumen-