

en más ó en menos, sino que además ofrecen alteraciones cualitativas, sea porque las contracciones musculares producidas se encuentren modificadas en su forma, sea porque el predominio de un polo sobre el otro aparezca diferente de lo que es en estado normal. Podemos observar también que las modificaciones de la excitabilidad farádica y las de la excitabilidad voltaica no ofrecen paralelismo; y también se comprueba que estas modificaciones se conducen diferentemente según se trate de los nervios ó de los músculos.

Como vemos, las modificaciones de las reacciones eléctricas de los nervios y de los músculos son numerosas y á veces bastante complejas. Aunque quede mucho por hacer hasta lograr el conocimiento de la significación anatómica de estas diversas modificaciones de las reacciones eléctricas, la observación y la experimentación han permitido ya enlazar cierto número de ellas con alteraciones definidas del sistema nervioso y del muscular; por otra parte, merced á la observación clínica unida á la observación anatomopatológica, se ha podido asignar con frecuencia un valor semiológico al estado de las reacciones eléctricas de los nervios y de los músculos, sea que permanezcan normales, ya que presenten modificaciones simples y puramente cuantitativas, ó bien que ofrezcan modificaciones más complejas, cuantitativas y cualitativas á la vez, agrupándose de diversas maneras, como luego veremos en la reacción de degeneración y la reacción miotónica.

Estudiaremos primero las modificaciones puramente cuantitativas de la excitabilidad farádica y de la excitabilidad voltaica de los nervios y de los músculos, y las condiciones en que se presentan, pasando á tratar luego de sus modificaciones á la vez cuantitativas y cualitativas, y de las reacciones especiales que las caracterizan.

MODIFICACIONES CUANTITATIVAS DE LA EXCITABILIDAD ELÉCTRICA DE LOS NERVIOS MOTORES Y DE LOS MÚSCULOS

Modificaciones de la excitabilidad farádica.—Las reacciones farádicas de los nervios motores y de los músculos pueden estar modificadas en cantidad y en calidad; pero las modificaciones cuantitativas son con mucho las más frecuentemente observadas. Consisten ya en el aumento, ya en la disminución ó aun la abolición de la excitabilidad.

Se reconoce que la excitabilidad farádica de los nervios ó de los músculos está *aumentada*, cuando es determinada por una corriente de una energía menor que la necesaria para provocar la excitación del mismo

nervio ó del mismo músculo en la otra mitad del cuerpo que continúa sana, ó en individuos que se hallan en estado normal, si se tratase de una afección bilateral. La excitabilidad farádica puede también considerarse como aumentada, si corrientes de igual energía provocan contracciones de mayor amplitud que la misma excitación en los órganos correspondientes considerados como sanos, sea en la otra mitad del cuerpo, ó bien en otras personas.

Al contrario, la excitabilidad farádica de los nervios y de los músculos está *disminuida*, cuando es necesario emplear corrientes de mayor energía para determinarla ó para provocar contracciones de la misma amplitud. Se puede considerar como *abolida*, cuando las corrientes, de una energía tan considerable como se pueda soportar, no dan lugar á excitación alguna aparente. No obstante, la abolición no puede darse como cierta aun cuando se cumplan estas condiciones; quizás aparecerían contracciones si se pudiese aumentar aún más la corriente ó dirigir la excitación á los órganos puestos al descubierto.

La energía de las corrientes es evaluada generalmente, como hemos visto, por el grado de separación de las bobinas inductora é inducida. Es algunas veces apreciada por la resistencia opuesta á la corriente, cuando se emplea el reostato como medio de graduación de las corrientes.

La comparación rigurosa de la excitabilidad farádica de los nervios y de los músculos sólo es posible cuando la exploración se efectúa en las mismas condiciones, si es practicada con el mismo aparato, si la corriente inductora conserva una intensidad constante y el mismo número de intermitencias, siendo los electrodos parecidos y estando colocados sobre el cuerpo con las mismas condiciones, cuando la resistencia ofrecida por el cuerpo es sensiblemente la misma, si el órgano explorado no se encuentra, por una ú otra razón, más aproximado ó más distante del electrodo explorador, etc. Con frecuencia aún, por más que estas diversas condiciones sean parecidas, se pueden observar entre una persona y otra, ó en el mismo individuo entre un lado y el otro, ligeras diferencias, de las que Stintzing ha estudiado y procurado fijar sus límites ¹.

El cuadro inserto á continuación, formado por las investigaciones de Stintzing, demuestra los límites en que la excitabilidad farádica de los principales nervios puede variar en estado normal, entre una persona y otra (columnas 3 y 4), las mayores diferencias observadas en el mismo individuo entre los dos lados del cuerpo, normales uno y otro (columna 5) y el grado de excitabilidad relativa de los diversos nervios con los valo-

¹ R. STINTZING, *Ueber elektrodiagnostische Grenzwerthe* (*Deutsches Archiv für klinische Medizin*, t. XXXIX, 1886).

res medios obtenidos (columnas 1 y 2). Este cuadro es el resultado de gran número de observaciones verificadas en condiciones idénticas con un electrodo explorador de 3 centímetros cuadrados. Las cifras consignadas sólo pueden aplicarse rigurosamente á los resultados obtenidos con el aparato empleado por Stintzing, pero pueden servir de guía en la apreciación relativa de los valores proporcionados por otro aparato.

Tabla de la excitabilidad farádica de los nervios (según Stintzing)

NERVIOS clasificados por su grado medio de excitabilidad	VALORES medios de la excitabilidad de los nervios (separación de las bobinas en milímetros)	VARIACIONES entre una persona y otra		DIFERENCIAS mayores observadas entre los dos lados
		Límites inferiores	Límites superiores	
1	2	3	4	5
1. Nervio espinal.....	137,5	145	130	10
2. N. músculo-cutáneo...	135	145	125	10
3. Rama mentoniana....	132,5	140	125	»
4. N. cubital I ¹	130	140	120	6
5. Rama frontal.....	128,5	137	120	10
6. R. zigomática.....	125	135	115	»
7. N. mediano.....	122,5	135	110	12
8. N. facial.....	121	132	110	10
9. N. cubital II ²	118,5	130	107	11
10. N. peroneo.....	115	127	103	13
11. N. crural.....	111,5	120	103	8
12. N. tibial.....	107,5	120	95	10
13. N. radial.....	105	120	90	16

Diferencias análogas en la excitabilidad farádica de los músculos se ven ya en un mismo músculo, entre una persona y otra, en el mismo sujeto entre un lado y el otro, ya en la excitabilidad relativa de los diversos músculos. Pero en este caso no han podido establecerse por investigaciones tan precisas como en los nervios. Por lo demás, si caben dudas para admitir modificaciones cuantitativas de la excitabilidad farádica de los nervios y de los músculos, cuando éstas son poco pronunciadas, no puede existir la menor duda cuando dichas modificaciones cuantitativas son muy acentuadas, como ocurre con suma frecuencia.

Casi siempre la excitabilidad farádica sufre en cantidad modificación-

¹ N. cubital I, excitado por encima del olécranon, según ERB.

² N. cubital II, excitado en la corredera comprendida entre el olécranon y la epitroclea, según VON ZIEMSEN.

nes paralelas y parecidas, ya actúe la exploración sobre los nervios motores ó sobre los músculos. Se dan casos, no obstante, en que estas modificaciones son más acentuadas en los nervios y otros al revés, en que aparecen más pronunciadas en los músculos. Desde el punto de vista de su valor semiológico, conviene comparar las modificaciones cuantitativas de las reacciones farádicas con las modificaciones cuantitativas de las reacciones voltaicas, que es lo que haremos una vez hayamos tratado estas últimas.

Modificaciones cuantitativas de la excitabilidad voltaica. — Con las corrientes voltaicas, la distinción entre las modificaciones cuantitativas y las modificaciones cualitativas de la excitabilidad tiene más frecuentes aplicaciones que con las corrientes farádicas y ofrece suma importancia. A menudo, no obstante, las modificaciones no pasan tampoco de ser puramente cuantitativas, yendo asociadas de ordinario á las modificaciones parecidas de la excitabilidad farádica.

Las modificaciones cuantitativas de la excitabilidad voltaica consisten simplemente ya en su aumento, ya en su disminución, ó en su abolición. Hay aumento de esta excitabilidad cuando las primeras contracciones ó contracciones minimales aparecen con una corriente de una intensidad inferior á la necesaria para provocar las mismas contracciones en estado normal; hay también aumento de la excitabilidad cuando una corriente de una intensidad determinada da lugar á contracciones de mayor extensión que la que alcanzarían con la misma corriente en estado normal. La excitabilidad se halla disminuída cuando se ofrecen condiciones inversas.

El *aumento simple* de la excitabilidad voltaica se manifiesta generalmente en todos los elementos de la fórmula de las sacudidas. Las contracciones se presentan más pronto y con mayor extensión, no sólo al cierre con el polo N, y luego con el polo P, sí que también á la apertura con el polo P, y después también con el polo N; además, las contracciones tetánicas se producen con más facilidad á la apertura con el polo N, y aparecen también al cierre y á la apertura con el polo P. La *disminución simple* de la excitabilidad voltaica se hace sentir también, pero en sentido contrario, en los diversos elementos de la fórmula de excitación. Las contracciones al cierre con el polo N aparecen más tarde y son menos extensas; las contracciones á la apertura y al cierre con el polo P se producen más tardíamente aún; las contracciones tetánicas se presentan difícilmente ó faltan por completo; y cuando la disminución de la excitabilidad es muy acentuada, no pueden obtenerse ya contracciones más que al cierre con el polo N. Para que aparezcan es á menudo necesario entonces recurrir á

las alternativas voltaicas; pueden aún llegar á faltar á su vez, dando lugar á la *abolición* de la excitabilidad.

Igualmente que para la excitabilidad farádica se juzga del aumento ó disminución de la excitabilidad voltaica de un nervio ó de un músculo, ya por comparación entre un lado del cuerpo y el otro, ya entre una y otra persona, ó también por comparación de la excitabilidad relativa de diferentes nervios y músculos. Este cálculo es facilitado, en este caso, por el conocimiento de la intensidad absoluta del agente de la excitación, y las tablas de Stintzing pueden servir de puntos de comparación rigurosa, á condición de dar á la corriente la misma densidad á nivel del electrodo explorador, esto es, de emplear un electrodo de 3 centímetros cuadrados, teniendo también cuidado, añadiremos, de evitar la introducción en el circuito exterior al cuerpo de fuertes resistencias y sobre todo resistencias con selfinducción acentuada.

Tabla de la excitabilidad voltaica de los nervios (según Stintzing)

NERVIOS clasificados según su grado medio de excitabilidad	VALORES medios de la excitabilidad de los nervios á NF en m.-A.	VARIACIONES entre una persona y otra		DIFERENCIAS más notables observadas entre los dos lados en estado normal
		Límites inferiores	Límites superiores	
1	2	3	4	5
	m.-A.	m.-A.	m.-A.	m.-A.
1. Nervio músculo cutáneo	0,17	0,05	0,28	0,19
2. N. espinal.	0,27	0,10	0,44	0,15
3. N. cubital I	0,55	0,2	0,9	0,6
4. N. mediano.	0,9	0,3	1,5	0,6
5. Ramamentoniana.	0,95	0,5	1,4	»
6. Nervio crural.	1,05	0,4	1,7	0,6
7. N. peroneo.	1,1	0,2	2	0,5
8. R. zigomática.	1,4	0,8	2	»
9. R. frontal.	1,45	0,9	2	0,7
10. N. tibial.	1,45	0,4	2,5	1,1
11. N. cubital II.	1,6	0,6	2,6	0,7
12. N. facial.	1,75	1	2,5	1,3
13. N. radial.	1,8	0,9	2,7	1,1

Diferencias análogas existen entre la excitabilidad relativa de los diferentes músculos, pero de igual suerte que para la excitabilidad farádica, las investigaciones de Stintzing han sido menos completas; á falta de puntos de referencia precisos, podrá servir de guía la práctica de los exámenes electrodiagnósticos.

El grado de excitabilidad voltaica relativa de los nervios ha sido apreciada en la tabla precedente por los valores de la excitabilidad al cierre con el polo negativo, que son con mucho los más constantes. No dejan de tener interés los valores relativos de los demás elementos de la fórmula de la excitación voltaica, y por ello reproducimos la tabla siguiente, tomada igualmente de Stintzing. Muestra las diferencias que se pueden encontrar normalmente entre NFC y PFC (columna 1), indicando también con qué frecuencia aparece $PFC > POC$ ó $PFC < POC$ ó $PFC = POC$ (columnas 4, 5 y 6); manifestando, por último, que, aun en estado normal, se puede ver $PFC > NFC$ (columnas 7 y 8) ¹.

Condiciones en que se presentan las modificaciones cuantitativas de las reacciones eléctricas.— Las modificaciones puramente cuantitativas de las reacciones eléctricas de los nervios motores y de los músculos se presentan sobre todo en las afecciones de los músculos y en diversas formas de parálisis cerebrales, espinales y aun periféricas; se observan también en diversos trastornos del aparato neuromuscular.

En todos estos casos, no obstante, las reacciones eléctricas no están siempre modificadas; *permanecen sensiblemente normales*, ó bien ofrecen sólo modificaciones insignificantes en cierto número de casos que conviene señalar. Ocurre esto en muchas parálisis cerebrales, sean de origen cortical, infracortical ó intrahemisférico. En algunos casos, las reacciones eléctricas aparecen modificadas, sobre todo en los períodos iniciales y en los períodos adelantados de estas parálisis, en la forma que más adelante indicaremos.

Lo propio ocurre en las manifestaciones morbosas resultado de alteraciones de los fascículos de sustancia blanca, de los pedúnculos, de la protuberancia del bulbo y de la médula.

En general, las reacciones eléctricas son sensiblemente normales en las parálisis dinámicas ó funcionales, tales como las parálisis histéricas y las histerotraumáticas, en la corea, la parálisis agitante y en gran número de trastornos funcionales diversos: espasmos tónicos y cló-

¹ Importa mucho ponerse en guardia contra una causa de error en las exploraciones electrodiagnósticas. Acontece á veces, si el electrodo explorador no está exactamente colocado sobre el punto motor, que se obtiene $PFC > NFC$, aun en los músculos normales. Sucede también esto fácilmente en los músculos voluminosos, los gruesos músculos del muslo ó de la pantorrilla, por ejemplo, ó en los músculos dispuestos en superficie, como los glúteos, el deltoides, el pectoral mayor, etc. Esta particularidad no es, en estas condiciones, más que una excepción aparente á la regla general; parece debida á la acción de polos virtuales; si se cambia de lugar el electrodo, colocándolo más exactamente sobre el punto motor, se obtienen los efectos ordinarios y normales de la excitación voltaica, esto es, $NFC > PFC$. La misma particularidad se observa á veces también en los nervios, cuando el electrodo explorador no corresponde exactamente á su trayecto.

Variaciones en la serie de las sacudidas, según su frecuencia, en el hombre normal

(Tabla basada en 500 observaciones: STINTZING, *loc. cit.*)

DIFERENCIAS entre NFO y PFC		ÓRGANOS	NÚMERO de las observaciones	PFC >	POC >	PFC =	PFC =	PFC >
1	2			3	4	5	6	7
m.-a.	m.-a.	N. facial	31	28	1	1	—	1
0,2	— 1,8	R. frontal	27	25	—	1	—	1
0,3	— 1,5	R. zigomática	15	14	—	1	—	—
0,5	— 1,5	R. mentoniana	9	9	—	—	—	—
0,06	— 0,35	N. espinal	15	14	—	—	1	—
0,02	— 0,44	N. músculo cutáneo	10	10	—	—	—	—
0,1	— 1,6	N. axilar	6	6	—	—	—	—
0,5	— 2,1	N. torácico anterior	4	4	—	—	—	—
0,4	— 4,0	N. radial	46	16	26	3	1	—
0,1	— 2,0	N. mediano	51	29	15	6	1	—
0,05	— 1,7	N. cubital	45	32	9	1	2	1
0,2	— 2,8	N. crural	43	38	1	2	1	1
0,05	— 2,5	N. peroneo	42	23	9	8	2	—
0,1	— 4,5	N. tibial	12	8	3	1	—	—
Nervios		Total	356	256	64	24	8	4
		Proporción por 100		72	18	7	2	1
0,2	— 3,5	M. deltoides	12	10	—	1	—	1
0,1	— 3,9	M. pectoral mayor	3	2	—	—	—	1
1,5	— 6,5	M. trapecio	3	3	—	—	—	—
4,5	— 6,5	M. serrato mayor	2	2	—	—	—	—
0,5	— 2,4	M. tríceps	2	2	—	—	—	—
0,7	— 2,5	M. bíceps	2	2	—	—	—	—
0,3	— 2,1	M. supinador largo	4	4	—	—	—	—
0,1	— 2,5	M. extensor común de los dedos	27	25	—	1	1	—
1,5	— 4,0	M. pronador redondo	4	4	—	—	—	—
0,05	— 1,7	M. flexor sup. de los dedos	42	36	—	4	2	—
0,3	— 2,5	M. cubital anterior	14	14	—	—	—	—
0,7	— 1,7	M. cubital posterior	4	4	—	—	—	—
1,0	— 2,5	M. interóseo externo	5	5	—	—	—	—
0,4	— 3,8	M. recto anterior del muslo	25	21	3	—	—	1
0	— 1,7	M. vasto interno	12	10	—	—	1	1
1,0	— 5,2	M. tibial anterior	14	12	—	1	1	—
2,9	— 4,9	M. gastrocnémico	4	4	—	—	—	—
Músculos		Total	179	160	3	7	5	4
		Proporción por 100		89	2	4	3	2
Nervios y músculos		Total	535	416	67	31	13	8
		Proporción por 100		78	12	6	2,5	1,5

nicos, impotencias funcionales, etc. En cierto número de estos casos, no obstante, las reacciones eléctricas pueden estar alteradas de diversas maneras.

AUMENTO DE LA EXCITABILIDAD ELÉCTRICA. — El aumento de la excitabilidad eléctrica, cuando es puramente cuantitativa, se encuentra ordinariamente al mismo tiempo en los nervios y en los músculos, tanto para las corrientes farádicas como para las corrientes voltaicas. En algunos casos, no obstante, no está igualmente desarrollada en los nervios y en los músculos; puede también responder diferentemente con las corrientes farádicas y con las corrientes voltaicas.

a. *Afecciones encefálicas y medulares.* — El aumento de la excitabilidad eléctrica, farádica y voltaica, de los nervios y de los músculos, va vinculada frecuentemente a la hiperexcitabilidad de los centros nerviosos correspondientes, ó bien a la disminución ó a la suspensión de la acción suspensiva que ejerce el cerebro sobre los nervios (Lewandowski).

Se ha observado en parálisis cerebrales recientes, acompañadas sobre todo de contractura latente ó actual. Ha sido también encontrada entre las primeras manifestaciones de los tumores cerebrales y en la parálisis general progresiva.

En las afecciones espinales, el aumento de la excitabilidad eléctrica aparece á veces también principalmente en los períodos iniciales. Se han citado ejemplos de ello en la meningitis espinal, en la mielitis transversa, en las mielitis agudas ó subagudas. Se ha reconocido en casos de tabes dorsal incipiente, y á veces también en un período más adelantado. Ha podido algunas veces observarse también en los comienzos de la atrofia muscular progresiva, cuando las demás manifestaciones de la enfermedad son aún poco marcadas; ó bien, en el curso de esta afección, aparece algunas veces en músculos todavía indemnes de trastornos funcionales y de atrofia, siendo entonces con frecuencia precursora de su alteración próxima.

b. *En las parálisis periféricas,* el aumento simple de la excitabilidad eléctrica es algunas veces una manifestación transitoria. Se ha observado así en los comienzos de las parálisis faciales llamadas reumáticas y en parálisis por compresión del nervio radial; casi siempre en estos casos, pero no en todos no obstante, se comprueba más tarde la reacción de degeneración. Lo propio ocurre en algunos casos de neuritis agudas. En las parálisis debidas á la *intoxicación por el sulfuro de carbono* el aumento de la excitabilidad eléctrica puede observarse en las fases primeras; es más tarde reemplazada por la disminución simple de la excitabilidad, ordinariamente sin manifestaciones de reacción de degeneración.