

REOENCEFALOGRAFIA

Dr. Abraham Krivoy O. *

Se trata de un método de observación indirecta del flujo cerebral mediante el registro de los cambios que se producen en una corriente alterna cuando ésta atraviesa el tejido cerebral.

Dichos cambios se conocen desde 1921, utilizados por los zoólogos (7). Mann (5) en 1939 demostró las pulsaciones rítmicas de la conductividad eléctrica sincrónica con el pulso.

En 1945, Holzer y Polzer (2) iniciaron el método reográfico para estudiar los cambios vasculares en extremidades y corazón. Fueron Polzer y Schuhfried (6) en 1950, quienes realizaron los primeros estudios en cerebro, logrando determinar los cambios hemodinámicos que se producen, con una técnica fácil y cómoda.

En Venezuela, la primera comunicación de circulación periférica estudiado mediante el uso de pletismografía por impedancia fue realizado por Maman (4). Esta comunicación constituye la primera en Venezuela respecto al estudio dinámico vascular cerebral mediante el registro de las variaciones de impedancia o Roencefalografía, (R.E.G.), nombre que mayor difusión ha alcanzado.

PRINCIPIOS BASICOS:

El principio del R.E.G. es el circuito del puente de Wheatstone que sirve para medir las resistencias eléctricas (ver fig. 1). Se compone de 4 brazos en cada uno de los cuales hay una resistencia variable, excepto en uno de los brazos, que se deja sin resistencia con el fin de colocar la que se quiere medir.

* Profesor Asociado de Clínica Neurológica de la U. C. V. Adjunto a la Sección de Neurocirugía del Hospital Universitario de Caracas y del Servicio de Neurocirugía del Hospital "J. M. de Los Ríos" y Centro Médico. M.T.S.V.N.C., F.A.C.S.

* Trabajo presentado en la Sociedad Venezolana de Neurocirugía en su reunión ordinaria del Martes 25 de Junio de 1974.

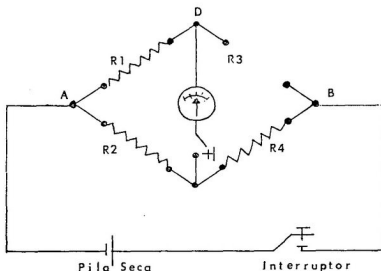


Fig. 1.

Esquema del puente de Wheatstone que sirve para medir una resistencia eléctrica desconocida. Su principio se usa en la construcción del Reoncefalograma tipo I.

Si se colocara entre los vértices CD un galvanómetro o miliamperímetro, la corriente que procede de una pila P se bifurcaba en el A reuniéndose nuevamente en B. Cuando la diferencia de potencial en CD es la misma, ninguna corriente pasará por esta rama del puente y por lo tanto el galvanómetro no marcará corriente. En estas condiciones se cumple la relación:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R4}$$

Sería lo mismo que ocurriría si se tratara de un circuito hidráulico, como en la figura 2, que en su bifurcación, si en los puntos A y B hay la misma presión, no circulará el agua por la cañería M, que une ambos tubos. (Ver fig. 2.)

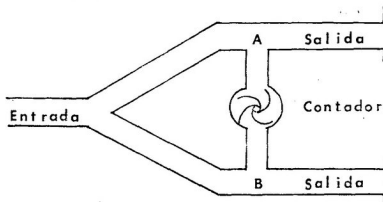


Fig. 2.

Símil hidráulico para explicar la circulación de la electricidad en el puente de Wheatstone.

De acuerdo con la fórmula anterior se puede determinar el valor de

$$R3 = R4 \times \frac{R1}{R2}$$

Según la relación que se establezca entre $\frac{R1}{R2}$ podremos medir resistencia de muy distintos valores; si R1 es igual a R2 la relación entre ellas será igual a 1, lo que resultará que los valores de R4 serán iguales que los de la resistencia desconocida.

En cambio, si R1 es diez o cien veces más grande que R2, podemos medir resistencia diez, cien o más veces, más grande que R4.

En nuestro particular caso, basta con usar una sola resistencia o condensador variable, la cual permitirá conocer el valor de la cuarta resistencia, que en este caso es un hemisferio cerebral, a través de la cual se hará fluir una corriente. Mediante la resistencia y el condensador variable, es posible medir el valor de la resistencia desconocida, el hemisferio cerebral.

También las variaciones del valor se pueden determinar con un puente semejante de condensadores o la llamada capacitancia, pero como los valores de ésta última, mínimos, no suelen tomarse en cuenta.

Distintas frecuencias del oscilador fueron usadas pero, se hallaron que las bajas frecuencias, debajo de 10.000 ciclos por segundos producían una sensación muy desagradable en las personas sometidas a la investigación.

Las frecuencias más adecuadas fueron halladas alrededor de 20.000 ciclos por segundo.

En esta forma el puente puede simplificarse así:

Hay 3 partes fijas, de resistencias conocidas y una parte variable con cada pulsación sanguínea, que es el punto clave de la utilidad de la reoencefalografía.

Debido a que los cambios que se suceden en la impedancia son de la magnitud de 0,05 por ciento del total de la impedancia, ello permite deducir que dicha corriente debe ser amplificada antes de poder lograr su registro mediante aparatos especiales.

La corriente que atraviesa el hemisferio, presenta una frecuencia de 20.000 ciclos por segundo y un voltaje que varía entre 4 y 15 voltios. La impedancia entre los electrodos de los hemisferios varía entre 150 y 250 ohmios y la capacidad varía entre 20 a 50 microfaradios.

T E C N I C A :

Se utiliza el modelo Doppel Rheograph del Dr. F. Schuhfried de Austria.

El paciente en posición semisentada o acostada, se le colocan dos electrodos de aluminio, sobre la región mastoidea, desgrasada y sin interferencia de los pelos. Estos electrodos son los emisores de la estimulación eléctrica. Entre pie!

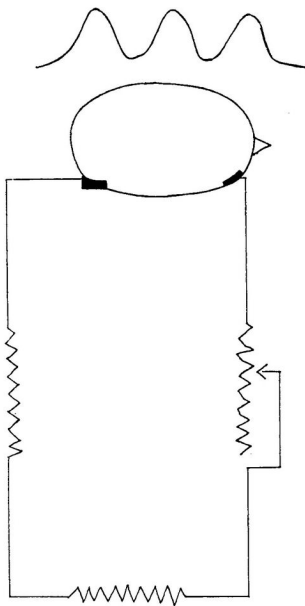


Fig. 3.-

Esquema simplificado del funcionamiento del Reógrafo tipo I en un solo hemisferio cerebral. Dos resistencias son fijas, una es variable para conocer la cuarta resistencia que es el hemisferio cerebral, cuya variación de impedancia con el pulso se traduce en la onda reográfica a nivel del aparato de registro.

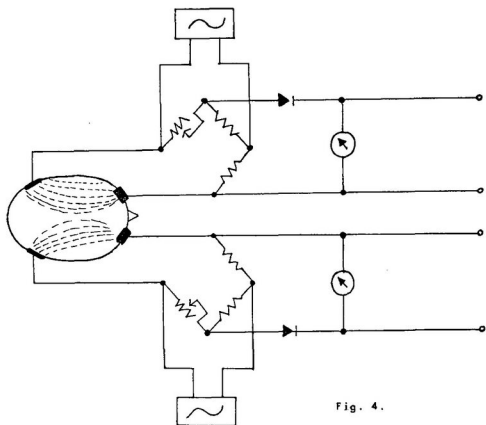


Fig. 4.

Esquema simplificado del doble Reógrafo tipo I; uno para cada hemisferio con su oscilador, su puente de Wheatstone, su rectificador y su salida para los registros adecuados previa amplificación.

y electrodo se coloca pasta electrolítica o una plancha de algodón (cottonoid) humedecido en suero salino. Los electrodos receptores, de igual tamaño y forma, en las regiones frontales con la misma preparación de la piel y de la utilización del medio electrolítico. Los cuatro electrodos se sujetan confortablemente con una banda de goma.

Como puede deducirse es recomendable utilizar un doble puente, para el registro simultáneo de ambos hemisferios.

El uso de un aparato inscriptor o de registro puede ser, cualquiera de los sistemas conocidos para ello o bien electrocardiógrafos de registros simultáneos o aparatos de electroencefalografía. En nuestro caso usamos un electroencefalógrafo Model 7109 de la Nihon Kohden con 8 canales de registro y un canal para electrocardiografía. De los 8 canales, se utilizan solo 4, uno para cada hemisferio y dos adicionales para cada derivada.

La derivada de cada hemisferio constituye un elemento matemático de alta utilidad en la lectura de los reogramas, ya que ellas dan con seguridad la indicación del ángulo de inclinación del ascenso de la curva reográfica; es decir, la derivada llega a su máximo de altura cuando el ángulo de la inclinación es máximo. Cuando la tangente de la curva reográfica es horizontal, la derivada

cae a cero. Teniendo el papel de registro marcas de velocidades conocidas, es fácil delimitar el tiempo de cada derivada, o tiempo de ascenso de la curva reográfica, punto máximo de la angulación, finalización del ascenso reográfico, frecuencia, ritmo. El electrocardiograma es de importancia capital en el registro, ya que mediante el trazado, podemos calcular el tiempo entre el esfuerzo cardíaco y el llenado cerebral que cuando sobrepasa 0,25 de segundos deberá considerarse patológico si los otros elementos de la evaluación reográfica así lo concluyen.

El electroencefalógrafo posee dos velocidades: 1,5 cms. por segundo y 3 cms. por segundo. En caso de que el papel de registro, no posea mediciones gráficas del tiempo, se puede incorporar un marcador de tiempo a uno de los canales sobrantes. Se toman 40 segundos en velocidad lenta, 20 segundos en velocidad rápida. Se toma luego un trazado de compresión carotídea de un lado, y se observa la reacción homo y contralateral y luego lo mismo con el otro lado. Luego, si desea, según el caso se puede estudiar la reactividad vascular mediante la hiperventilación y luego con la inhalación del nitrato de amilo o la Trinitrina o Isordil sublingual.

En caso de sospecha de trombosis carotídea, se completa el estudio con trazados del carótidas completas, colocando los electrodos en la región supraclavicular interna y los otros en mastoides, y luego desde la bifurcación carotídea a mastoides.

El electroencefalógrafo usado posee 3 constantes de tiempo, 0,1, 0,3 y 1 segundo. La usada por nosotros, es la de 1 segundo, ya que nos permite visualizar mejor las frecuencias bajas del trazado.

La constante de tiempo es el tiempo requerido por el voltaje para caer de su pico a aproximadamente un 37% de su valor inicial.

La frecuencia correspondiente a la constante de tiempo se expresa con la siguiente formula:

$$f = \frac{1}{2 \pi R. C.}$$

donde:

f = frecuencia

R.C. = constante de tiempo determinadas por la resistencia y el condensador en el circuito de amplificación.

Ya colocados los electrodos se requiere equilibrar los 2 puentes previamente mediante la visualización de un indicador de cada puente, que mostrará la máxima posición de ambas agujas a la izquierda, cuando el equilibrio se logra.

Establecido el equilibrio, se calibran las señales de registro en el papel en tal forma que ambas señales salgan de igual tamaño; que al mismo tiempo salgan del mayor tamaño posible, para lo cual a veces hay que bajar o subir el nivel de las agujas inscriptoras, para que los registros no salgan amputados. Logradas las condiciones anteriores se hacen los registros.

CIRCULACION INTRACRANEANA Y SU COMPROBACION:

Múltiples experimentos en animales se han realizado (1) para demostrar, que los trazados del reencefalograma depende exclusivamente de la circulación intracraneana y no como pudiera pensarse ligeramente, que por el contrario, la riqueza de circulación del cuero cabelludo es lo que se registra, es decir la circulación de la carótida externa y sus ramas y no de la carótida interna.

En humanos, la situación es más concluyente; múltiples comunicaciones se han realizado en los eventos científicos internacionales en este sentido (8) y nosotros particularmente hemos verificado comprobaciones usando la angiografía carotídea como parámetro de evaluación.

En humanos, con la carótida expuesta por razones quirúrgicas, el cierre temporal de la carótida primitiva produce una modificación discreta, el cierre temporal de la carótida externa, no produce ninguna modificación del trazado reográfico, mientras que el cierre de la carótida interna produce un marcado aplanamiento de la onda reográfica sistemáticamente reproducible en todos los casos. Dicha imagen reográfica es idéntica a los reogramas de obstrucciones de la circulación en los miembros por trombosis, así como en las trombosis de carótida interna.

Más contundente es aún el reograma de los casos hemiferectomizados (1) donde la curva reográfica es una sola línea plana en todos los casos. Farmacológicamente, la utilización del nitrito de amilo como potente vasodilatador cerebral produce un franco aumento del trazado reográfico.

APLICACIONES CLINICAS EN NEUROLOGIA, NEUROCIRUGIA, CIRUGIA VASCULAR Y CONEXAS:

El dato obtenido en el reograma es básicamente una situación hemodinámica vascular; por ello todas las perturbaciones neurológicas que conlleven una alteración hemodinámica vascular, podrán completar el estudio clínico mediante los hallazgos del análisis reográfico, así:

- 1.—Diagnóstico de insuficiencia y trombosis cerebrales.
- 2.—Diagnóstico de insuficiencia y trombosis de carótida.
- 3.—Diagnóstico de insuficiencia y trombosis de arteria vertebral.
- 4.—Diagnóstico de arterioesclerosis cerebral.
- 5.—Diagnóstico de estados espasmódicos arteriales cerebrales.
- 6.—Estudio hemodinámico de las cefaleas vasculares y las jaquecas.
- 7.—Grados de reactividad del árbol arterial cerebral mediante la prueba de Trinitrina, nitrito de amilo o Isordil, así como mediante la hiperventilación a la saturación del oxígeno, al aumento de tensión del Co₂, a los cambios de posiciones.
- 8.—Monitorización del paciente durante la anestesia o bajo cuidados intensivos por cualquier patología.

9.—Modificaciones vasculares de la hipertensión endocraneana, de aneurismas arteriovenosos.

10.—Evaluación del uso de drogas vasoactivas.

SEMILOGIA DE LOS GRAFOELEMENTOS:

Múltiples aspectos en los estudios de los trazados reoencefalográficos han sido tomados en consideración para la evaluación de los estudios, pero en forma sumaria vamos a limitarnos solo a aquellos que ha soportado la prueba del tiempo y de las estadísticas.

Enumeraremos los más importantes:

- 1.—Ángulo de inclinación de la onda principal.
- 2.—Altura de la onda principal.
- 3.—Características del primer pico.
- 4.—Presencia del segundo pico u onda dícota.
- 5.—Característica del descenso de la curva.
- 6.—Duración de la derivada matemática.
- 7.—Tiempo cardio cerebral.
- 8.—Tiempo de inicio de la onda pulsátil en cada hemisferio.
- 9.—Angulación o paralelismo de dos ondas reográficas, una por cada hemisferio, en las prolongaciones de las tangentes en el ascenso.
- 10.—Reacción a la compresión carotídea.
- 11.—Reacción vasomotora al nitrito de amilo u otra.
- 12.—Reacción a la hiperventilación.
- 13.—Reacción a los cambios posturales.

Diremos algunas palabras sobre estos puntos someramente: el informe del estado circulatorio cerebral de un enfermo involucra las siguientes investigaciones:

- 1.—El ángulo de inclinación de la curva principal; estadísticamente se ha establecido de que dicho ángulo es menor de 20 grados en personas jóvenes y más de 31 grados en mayores o con patología arterial ligado al proceso de senescencia.
- 2.—La disminución de altura de la onda principal se encuentra en relación a estados espasmódicos cuando el pico principal es agudo, o estados escleróticos cuando el pico es romo o en meseta.
- 3.—El pico agudo es propio de los jóvenes y de una buena reactividad arterial, mientras que la esclerosis produce el pico lento, romo.
- 4.—La presencia de la segunda onda, que es idéntica a la obtenida en los

reogramas periféricos constituye un elemento sólido de evaluación patológica; cuando ocurre antes de los 60 años es normal.

- 5.—En las personas jóvenes una recta que marque el comienzo y final del descenso de la curva, deja por debajo de ellas las modificaciones de las ondas dicota y otras ondas secundarias. En la esclerosis vascular, el descenso toma un aspecto convexo hacia arriba.
- 6.—La derivada matemática es de extraordinaria utilidad, ya que su duración de cero a cero en milímetros, da el tiempo exacto de la duración del ascenso reográfico. El punto máximo de la derivada, da el punto de llenamiento cerebral en velocidad continua, ya que en la próxima fracción del tiempo, la tangente de la curva reográfica cambia, es decir cambia de velocidad del llenado cerebral y a medida que disminuye, llega un momento en que la tangente de la curva reográfica se hace horizontal, momento en que la derivada cae a cero.

Todos los puntos de referencia anteriores que se relacionan entre la onda reográfica y la derivada, son las que permitirán evaluar matemáticamente los trazados, en cuanto, a grados de inclinación, altura, duración, etc.
- 7.—Entre el comienzo de la actividad cardíaca registrada en el E. C. G. y el pico principal de la onda reográfica, transcurren un máximo de 0,25 de segundos. La prolongación de este tiempo habla de factores obstaculizantes en la circulación.
- 8.—La diferencia de una centésima de segundo o más entre un hemisferio y otro, en cuanto al comienzo de la curva reográfica se refiere, se considera patológico.
- 9.—Si dos ondas reográficas simultáneas correspondientes a cada lado hemisférico cerebral, se les prolonga el ángulo de inclinación, dichas prolongaciones serán paralelas, si ambos hemisferios tienen idénticos comportamientos reográficos; o serán convergentes en un punto, si existe diferencia de comportamiento hemodinámico entre ambos hemisferios.
- 10.—El conocimiento del estado funcional de la circulación cerebral tiene extraordinaria importancia para aquellos casos de trombosis carotídeas, aneurismas que deberán ser intervenidos y observar el grado de compensación que dicha circulación posee a las compresiones carotídeas, conociéndose así mejor los riesgos, potencial de recuperación, etc., que junto con los hallazgos dinámicos de la angiografía, aseguran una mejor evaluación del paciente.
- 11.—En forma semejante a lo anterior, el grado de reactividad arterial a drogas vasoactivas como el nitrito de amilo, Trinitrina u otros, hablan del pronóstico del paciente.
- 12 y 13.—La hiperventilación habla de la vasoreactividad del paciente, así como los cambios posturales, que se completan con otras pruebas clínicas, como la prueba ortostática de Schellong, la maniobra de Valsalva, la prueba de cuclillas de Brecht y Barbey.

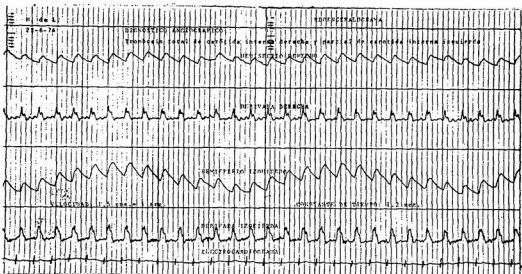


Fig. - Se puede apreciar en el enocerefalograma una disminución muy marcada del flujo cerebral de ambos hemisferios pero con un mayor compromiso del hemisferio derecho, como puede apreciarse en la altura de la curva, la angulación de la misma y el mayor adelanto del tratado general.

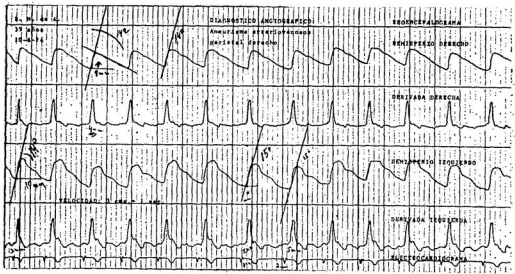


Fig. - El enocerefalograma a alta velocidad muestra una clara diferencia de la onda QRS que parece casi abolida en el hemisferio derecho debido al cortocircuito arteriovenoso, así como su punta es algo más aguda y la altura algo menor en dicho hemisferio derecho.

COMENTARIOS FINALES:

Mucho más habría que decir de la reoncefalografía, de sus causas de errores, de gráficos invertidos, de las dificultades de obtener algunos trazados, etc., pero solo afirmaremos, que se trata de un nuevo método de evaluación clínica que resulta inocuo, fácil, no produce ningún tipo de riesgo ni molestias al paciente y que los datos que suministra junto con la clínica, constituye una ayuda mejor en la orientación del diagnóstico, terapéutica y pronóstico en conjunción con los otros métodos. Así por ejemplo, en la arterioesclerosis, cuando es posible, realizamos una evaluación psico-orgánica simultánea a la primera evaluación reográfica y frecuentemente un E. E. G., luego instituímos la terapéutica recomendable y observamos en 4 a 6 meses los cambios o nó, producidos por dicha terapéutica en el curso del tratamiento o la necesidad de cambiar la anterior terapéutica.

Es oportuno mencionar aquí que las pruebas psico-orgánicas que hemos venido utilizando para este momento se resumen en la siguiente serie:

- a— Pruebas de las praxias constructivas (3)
- b— Test gúestáltico psicomotor de Bender
- c— Estudio clínico de afasia y agnosias
- d— Prueba de capacidad intelectual (Raven y Test de Dominó)
- e— Tiempo de reacción motora durante 5 segundos con cada mano (Tapping rate test)
- f— Tiempo de reacción asociativa usando las diez primeras palabras de estímulos del test de Jung
- g— Pruebas de concentración tipo Bourdon.

R E S U M E N

Se trata de la primera comunicación venezolana respecto al nuevo método del diagnóstico neurológico, el Reoencefalograma. Se describe una breve introducción histórica, se analizan los principios del funcionamiento del aparato, sus aplicaciones clínicas y el análisis de los grafoelementos. Se ilustran algunos casos.

S U M M A R Y

The first venezuelan communication about Rheoencephalography was made. A brief historical considerations, its physicals principles and its clinical applications were reviewed. Some cases were illustrated.

A G R A D E C I M I E N T O S

Deseo dejar testimonio de mi agradecimiento a mis colaboradores y colegas Drs. Salomon Russo y Julio Echerman por la obtención del material gráfico que aquí se presenta, así como también al Sr. Jesús E. Maldonado y Sra. por su magnífico trabajo fotográfico realizados.

B I B L I O G R A F I A

- 1.—JENKNER, F. L.: Rheoencephalography. Charles C. Thomas. Publisher. Springfield. Ill. U.S.A. 1962
- 2.—HOLZER, W. and POLZER, K. Rheocardiographie, ein Verfahren der Kreislaufforschung mit Hilfe der kreislaufbedingten Widerstandsschwankungen des Mitt. Akad. Wien, Mathem. Naturew. Kl., 82: 17-20, 1945. Methodik der Rheocardiographie. Wien. med. Wschr., 96: 316-319, 1946.
- 3.—KRIVOV, A.: Afasias, agnosias y apraxias. Revisión de conceptos. Acta Médica Venezolana Mayo-Junio 1965. Vol. 12, Nos. 5-6, págs.: 152-158.
- 4.—MAMAN, A.: Reometria vascular. El Médico de Venezuela, Nov. 1972. N° 2. Año 2, págs.: 27-31.
- 5.—MANN, H.: Study of peripheral circulation by means of alternating current bridge. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 36: 670-673, 1937.
- 6.—POLZER, K. un SCHUHFRIED, F.: Rheographisch Untersuchungen am Schadel. W. Z. Nervenheilkd., 3: 295-299, 1950.
- 7.—RAPPAPORT, D. and GRAY, G. B.: Changes of electrical conductivity in beating tortoise ventricle. Amer. J. Physiol., 80: 126-139, 1927.
- 8.—RHEOENCEPHALOGRAPHY AND PLETHYSMOGRAPHICAL METHODS. Proceedings of the Second International Sympostum Graz, Australia, 19-22 April, 1967. Excerpta Medica Foundation 1969. Amsterdam.