

NEUROFISIOLOGIA : DISEÑO Y APLICACION DE UN SISTEMA DE REGISTRO DE TIEMPO DE REACCION (TR)

LOPEZ ARRIOLA C J

MELENDEZ PUENTE P

Departamento de Ingenieria Eléctrica
Area de Ingenieria biomédica
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa

RESUMEN -----

Se presenta un sistema desarrollado para registrar los tiempos de reacción por el método de estimulación unilateral, enfocando su aplicación al campo de la medicina deportiva. En la primera parte, se dan las bases neurofisiológicas que rigen y determinan una respuesta motora específica. Posteriormente se describen los circuitos que conforman el sistema y se muestran los resultados obtenidos.

-----**INTRODUCCION**

Cuando el organismo "percibe" una sensación debida a una estimulación externa de alguna índole, se desencadena una compleja sucesión de eventos neuronales que desembocan en una respuesta motora específica. Es evidente que cada evento introduce un retardo. Así, la conducción por vías aferentes y eferentes; la integración en los diferentes niveles funcionales; la difusión a la corteza motora y aún el mismo estado anímico o psicológico del sujeto, definen el tiempo que transcurre desde la percepción del estímulo por el receptor hasta la conformación de una respuesta por el efector. Dicho tiempo es conocido como Tiempo de Reacción (TR) (figura 1).

El tiempo que lleva alcanzar la decisión de hacer, es llamada latencia sensorial de decisión. Respecto a los retrasos introducidos por los sistemas aferente y motor, tenemos que la suma de todos ellos es llamada latencia residual. Esta se asume, es independiente de la latencia de decisión para producir una respuesta.

Los estudios sobre Tiempo de Reacción han sido realizados utilizando estímulos unilaterales [1]. Este tipo de pruebas son fácilmente perceptivas, por lo que ocurren pocos errores al llevarlas a cabo. En tales experimentos se observa la diferencia del procesamiento en los hemisferios al motivar a los sujetos para responder lo más rápidamente posible. De esta manera se

determina la respuesta de cada hemisferio con un mínimo de consulta "interhemisférica", forzándose a que cada hemisferio responda tan rápidamente como lo demande el estímulo. Si uno de ellos requiere consultar con el otro, esto es reflejado en la duración del tiempo de respuesta. El TR es influenciado directamente por la actividad del Sistema Reticular Activador, ya que es determinante el estado de alerta o de expectación en que se encuentra el sujeto en el momento de aplicarse el estímulo. Por otro lado, existen factores fisiológicos relacionados como son Frecuencia Cardíaca (HR), Frecuencia Respiratoria (RR), actividad muscular (EMG) y cerebral (EEG). La figura 2 muestra como aumentan estos parámetros cuando se avisa al sujeto que se le va a enviar el estímulo, posteriormente tienden a disminuir durante la espera, aumentando de nuevo al responder al estímulo [2].

Dentro del presente trabajo se han estudiado los tiempos de reacción a tres tipos de estímulo que son: Sonido, Luz y Tacto.

Chochole (1954), mostró que el TR a un sonido depende de la intensidad y que los resultados a sonidos con la misma intensidad son iguales. Así, los tonos de muy diferentes frecuencias y niveles de sensación pero con la misma intensidad, producen el mismo TR [3].

En relación a la visión, Poffenberger [4], fue el primero en investigar sistemáticamente la latencia de la respuesta motora a una excitación de la retina. Él utilizó las pruebas de TR encontrando que el tiempo de transferencia interhemisférica es típicamente de 30 ms. Por lo tanto, cuando estímulo y respuesta son procesados en hemisferios diferentes, se registra un retardo en el tiempo, debido a la transferencia de información a través del cuerpo calloso y otras comisuras del cerebro.

La percepción táctil puede ser muy elaborada, por la gran dispersión y el entremezclado de las ramas terminales de las fibras sensoriales [5]. Esto significa que un toque sobre la piel, enviará mensajes a la médula espinal siguiendo muchas vías, donde éstas terminen, habrá un foco de actividad correspondiente al punto tocado y una zona de menor actividad a su alrededor (figura 3).

A continuación se representa, por medio de un diagrama, los principales niveles funcionales del Sistema Nervioso a los que llegan los tres tipos de estímulos mencionados.

MATERIAL Y METODOS

a) Descripción general del método

Para la medición del Tiempo de Reacción se requiere de un sistema que aplique un determinado estímulo al sujeto,

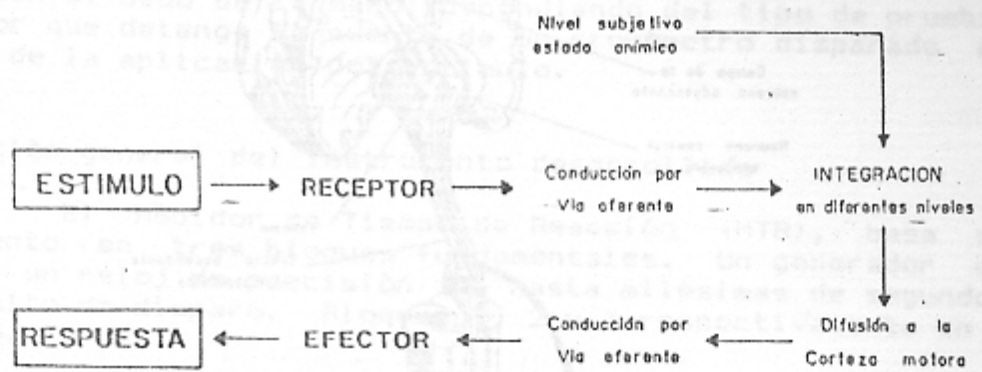


FIG.1 - Vías de Conducción del estímulo, desde la percepción hasta la ejecución de una respuesta.

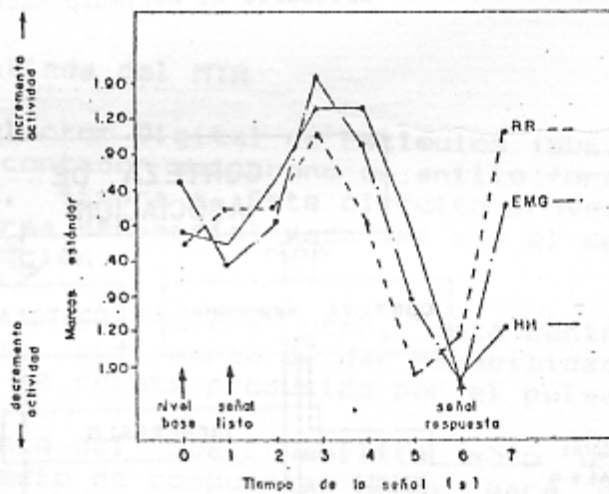


FIG. 2 - Cambios en el pulso cardíaco (HR), EMG y frecuencia respiratoria (RR), durante una prueba de TR. (De Obrist, Webb y Sutter, 1969).

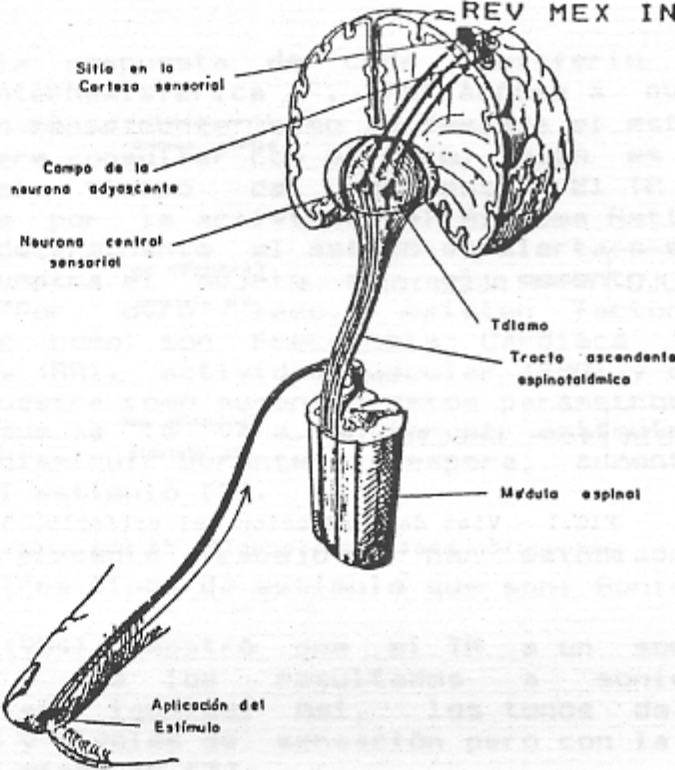


FIG. 3 Bosquejo del campo receptivo de una neurona en el cordón espinal al aplicarse el estímulo táctil.

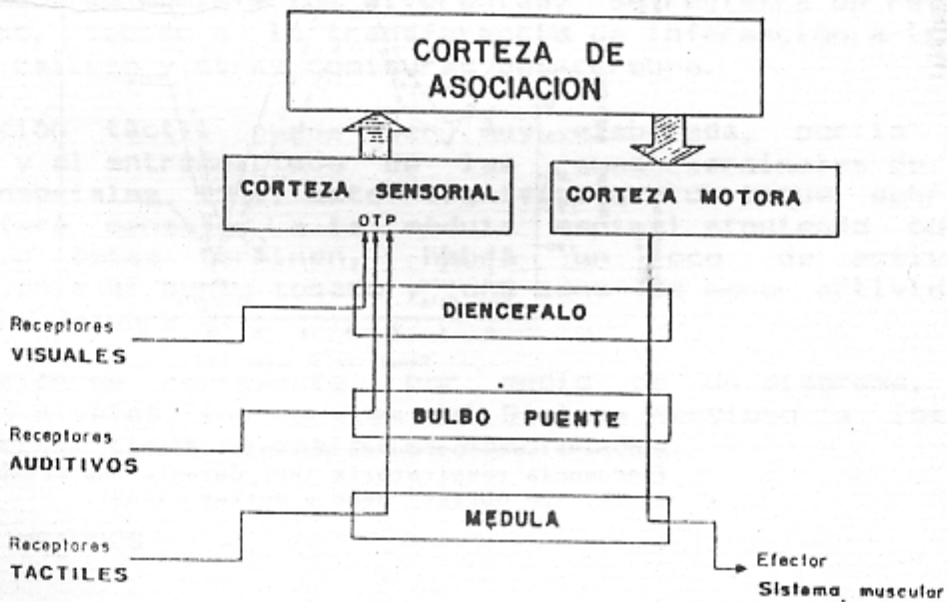


FIG. 4 - Sitios por los que atraviesa la información hasta obtener una información por medio del sistema muscular.

durante el tiempo necesario para ser perceptible y que no persista más de 100 ms (*) para evitar una posible interacción estímulo - respuesta. La reacción del sujeto consistirá en accionar con el dedo de la mano (dependiendo del tipo de prueba) un pulsador que detenga la cuenta de un cronómetro disparado en el momento de la aplicación del estímulo.

b) Descripción general del instrumento desarrollado

El Medidor de Tiempo de Reacción (MTR), basa su funcionamiento en tres bloques fundamentales. Un generador de estímulos, un reloj de precisión (de hasta milésimas de segundo) y un circuito de disparo. Bloques 1, 2 y 3 respectivamente en la figura 5.

(*) El orden del límite más bajo para la respuesta motora humana es de 100 ms.

El generador de estímulos diseñado, es un sistema dual de excitación unilateral, es decir la estimulación se lleva a cabo en forma sectorial (un hemisferio a la vez) y no se necesita hacer modificaciones en las conexiones para estimular los distintos receptores.

c) Descripción detallada del MTR

El Selector Digital de Estímulos (SDE) (figura 5), está basado en un contador asincrónico en anillo formado por tres Flip-Flop's tipo JK, figura 6. Este circuito provee una señal de habilitación en forma secuencial cada vez que el operador oprime el pulsador de Selección.

La selección entre un estímulo y otro, está controlada por un circuito monoastable, que aparte de dar estabilidad al sistema, elimina los efectos de rebote producido por el pulsador.

La señal proveniente del SDE, habilita sólo uno de los tres generadores por medio de compuertas NAND, para que cuando se registre un pulso de disparo (figura 7), se ponga en acción el generador en cuestión. Como los circuitos TTL no proporcionan la corriente suficiente para la activación de los generadores, se utiliza una interfase de amplificadores operacionales en lazo abierto. De esta manera, el voltaje de salida proporcionado por éstos funciona como fuente de alimentación para el generador seleccionado durante un intervalo de 100 ms (determinado por el circuito de disparo, figura 8).

El generador de sonido es un oscilador basado en un LM 555 en configuración astable a una frecuencia de 1 KHz. Este alimenta a

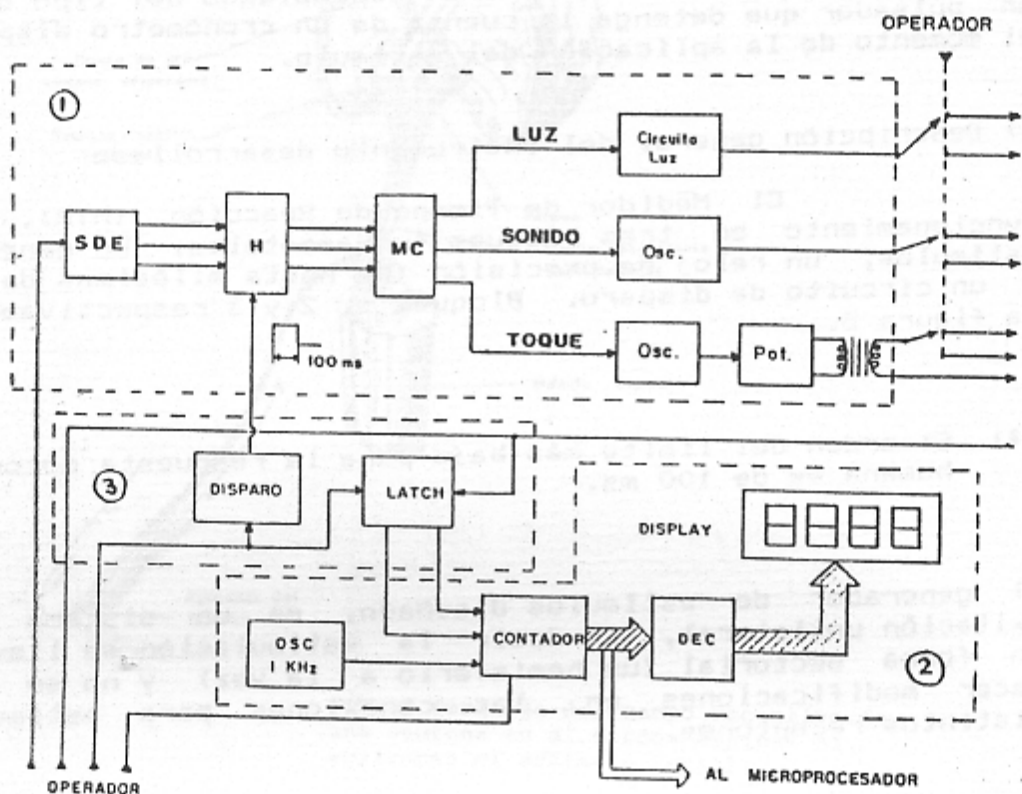


FIG. 5 - Diagrama a bloques del MTR en donde se aprecian los tres bloques funcionales mencionados en el texto.

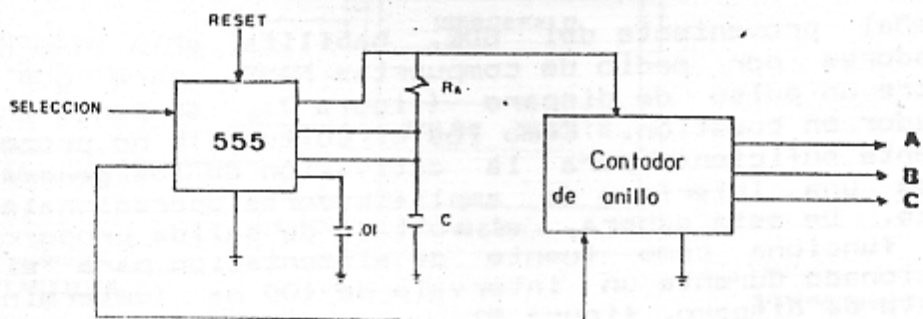


FIG. 6 Circuito del SDE; la selección se realiza en forma secuencial.

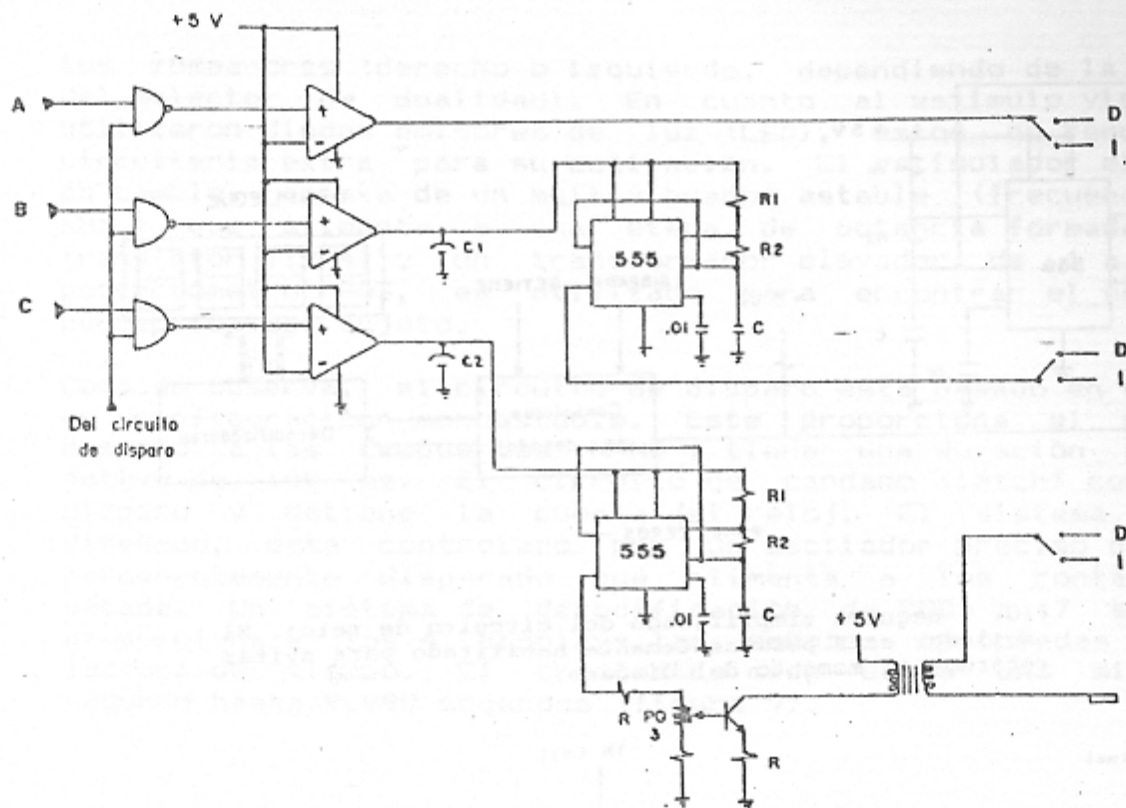


FIG. 7 Diagrama completo del generador de estímulos. Los capacitores C1 y C2 filtran la corriente eliminando las fluctuaciones.

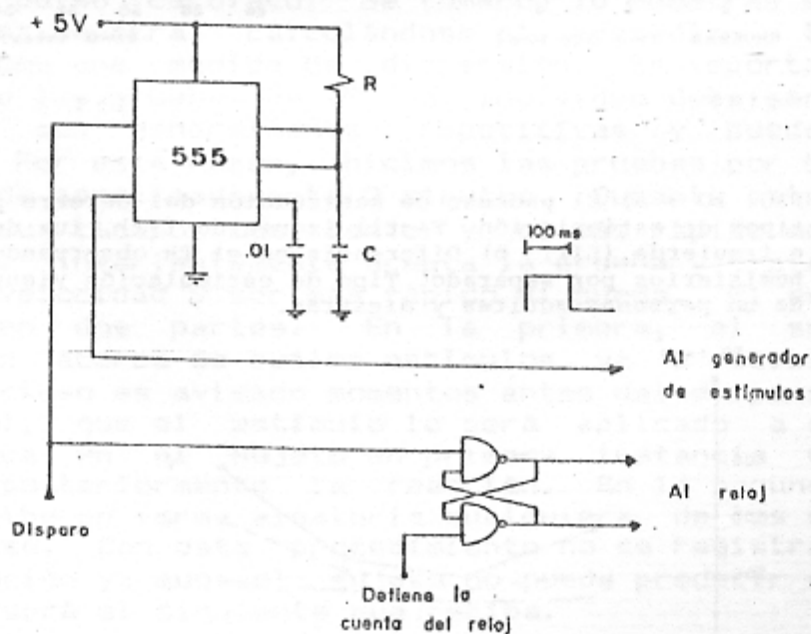


FIG. 8 El circuito de disparo proporciona un pulso de 100 ms de duración.

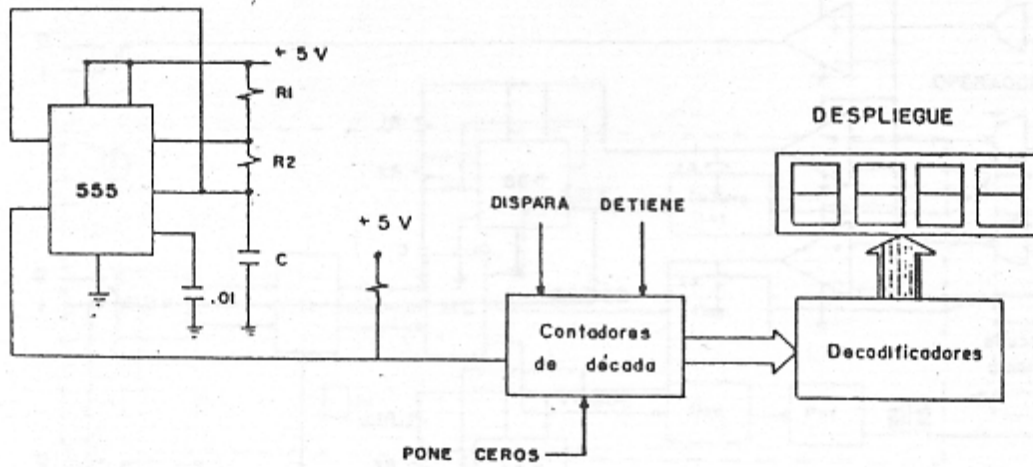


FIG. 9 Esquema simplificado del circuito de reloj. El oscilador está permanentemente habilitado para evitar retardos al momento del disparo.

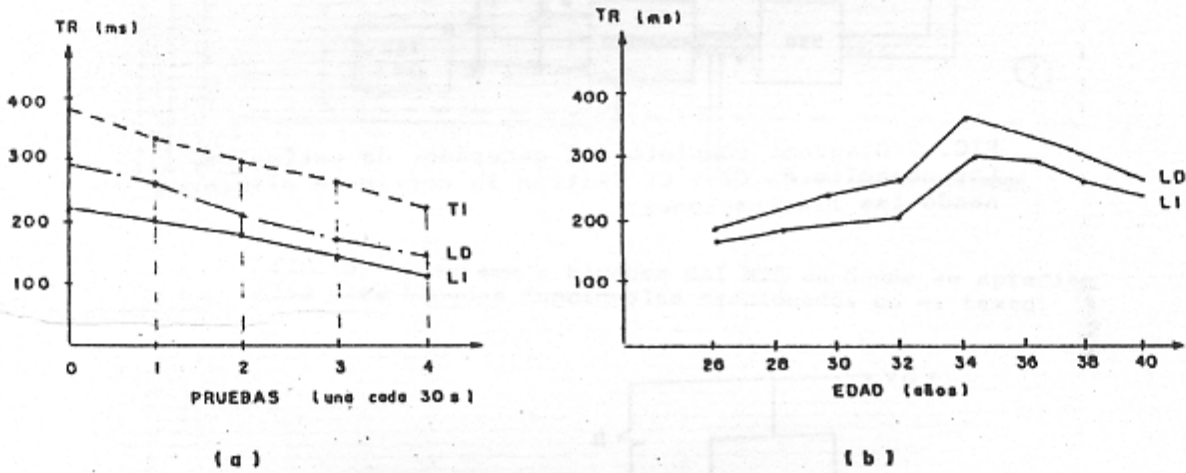


FIG. 10 - a) El proceso de habituación del cerebro para tres tipos de estimulación. Tactil izquierdo (TI), luz derecha (LD) e izquierda (LI). b) Diferencia en el TR observando los hemisferios por separado. Tipo de estimulación visual realizada en personas adultas y diestras.

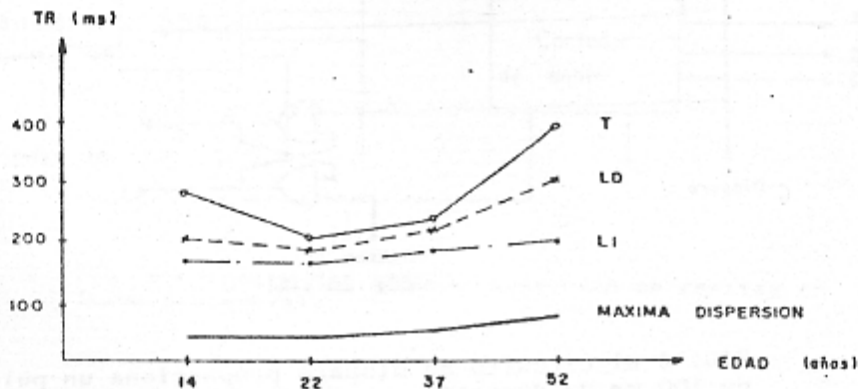


FIG. 11 Diferencias de TR con la edad. Entre 14 y 25 años se presenta para dispersión.

los zumbadores (derecho o izquierdo, dependiendo de la posición del selector de dualidad). En cuanto al estímulo visual, se utilizaron diodos emisores de luz (LED), estos no requieren de circuitería extra para su activación. El estimulador eléctrico, en cambio, consta de un multivibrador astable (frecuencia de 1 KHz.) que alimenta a una etapa de potencia formada por un transistor TIP 41 y un transformador elevador de 1 a 10. El potenciómetro P03, es utilizado para encontrar el umbral de percepción del sujeto.

Como se observa, el circuito de disparo está basado en un LM 555 en configuración monoastable. Este proporciona el pulso de disparo a las compuertas NAND y tiene una duración en estado activo de 100 ms. El circuito de candado (latch) controla el disparo y detiene la cuenta del reloj. El sistema de reloj diseñado, está controlado por un oscilador preciso de 1 KHz permanentemente disparado que alimenta a los contadores de década. Un sistema de decodificación de BCD a 7 segmentos, proporciona a los 4 displays las señales apropiadas para la lectura de tiempo. El cronómetro mide desde una milésima de segundo hasta 9.999 segundos (figura 9).

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Las pruebas se realizaron en poblaciones de 15 personas, agrupándolas según características aparentemente comunes como son el tipo de actividad que realiza, si fuma, si hace ejercicio, habilidades manuales, etc. Por otro lado, se agruparon de acuerdo a factores fisiológicos como son presión arterial y pulso cardíaco. Se tomaron 10 muestras espaciadas 30 segundos una de otra, calculándose el promedio y la desviación estándar como una medida de dispersión. Es importante señalar que durante las pruebas de TR, el individuo debe ser motivado ya que éstas son generalmente repetitivas y pueden llegar a aburrirlo. Por esta razón, hicimos las pruebas por bloques dando descansos de aproximadamente 2 minutos. Durante este periodo, se le dijo su tiempo más lento y el más rápido motivándolo a mejorarlos. Invariablemente acepta la prueba y trata de mantener una buena velocidad y ser más rápido si puede. El experimento se dividió en dos partes. En la primera, el sujeto recibe información acerca de cuáles estímulos va a recibir y en que orden, incluso es avisado momentos antes del disparo (entre 1 a 5 segundos), que el estímulo le será aplicado a continuación. Esto provoca en el sujeto en primera instancia una respuesta alerta y posteriormente la reacción. En la segunda parte, el sujeto recibe en forma aleatoria cualquiera de los estímulos sin previo aviso. Con este procedimiento no se registra el fenómeno de habituación ya que el sujeto no puede predecir cual de los estímulos será el siguiente que reciba.

RESULTADOS

En la primera parte, se aprecia claramente como el sujeto va mejorando su tiempo paulatinamente a medida que el centro de integración se va habituando al estímulo (figura 10).

Una vez completado el ciclo de los diferentes estímulos, se tienen los datos necesarios para el análisis de lateralidad de integración. Tomando el promedio de las latencias de comunicación interhemisférica se obtiene un valor de 31 ms (*), con una dispersión de 15 %.

En el análisis individual como se observa en la figura 10, existe una clara superioridad en el procesamiento del campo visual izquierdo (LI) (**). En los resultados de la segunda parte se observa un incremento notable en el TR y en algunos casos, la dispersión llega a alcanzar hasta el 30 %. Es importante mencionar que en algunos casos, el sujeto no responde aunque haya percibido el estímulo. El comportamiento del TR con la edad es el observado en la figura 11. Los mejores tiempos de reacción se tienen entre los 20 y 37 años, aunque en edad adulta existen algunas excepciones cuando estas personas realizan algún tipo de ejercicio constantemente y no tienen hábitos como por ejemplo fumar o ingerir bebidas frecuentemente.

- (*) Los experimentos de TR típicamente reportan un tiempo de transferencia interhemisférica de 30 ms [4].
- (**) La primera demostración de las diferencias del procesamiento del campo visual, fue realizada por Marcel y Rajan en 1975, por el método fotográfico [6].

Los sujetos que mostraron decremento en el pulso cardiaco, tienden a mostrar un más rápido TR. Este resultado refleja el estado general de la inhibición somática asociada con el proceso de poner atención.

DISCUSION

Durante el desarrollo de este proyecto, observamos que dentro del Campo deportivo es difícil establecer si los programas a los que están sujetos los deportistas, logran que éstos tengan un avance en su respuesta ante diferentes estímulos. Con la aplicación del MTR, el entrenador puede contar con un parámetro que cuantifica el avance de las personas a su cargo; contando con un apoyo real en su decisión sobre el programa que siguen. Al aplicar las pruebas de TR mencionadas anteriormente a sujetos con daños neurofisiológicos, éstos son incapaces de responder adecuadamente ya que por lo general, son excesivamente lentos. Para ellos, las mediciones o pruebas de "reconocimiento

preciso", es decir, en donde se comunican ambos hemisferios y conjuntamente influyen en la respuesta, se aplican mejor dado que llevan más tiempo. Sin embargo invariablemente fallan la respuesta. Por lo tanto, para personas con deficiencias sensoriales, motoras o cognoscitivas se deben hacer pruebas especiales.

CONCLUSIONES

El sistema MTR diseñado, a diferencia de los existentes (que por lo general proveen sólo un estímulo), proporciona 3 tipos diferentes, con los que se pueden implementar combinaciones adecuadas dependiendo del estudio que se desee realizar. Además se tiene la ventaja de poder observar la respuesta del sujeto a cambios de estimulación bajo las mismas condiciones.

En Medicina Deportiva con la aplicación de dicho sistema, se tiene un panorama general de la velocidad de respuesta del individuo y sus posibles deficiencias, que pueden minimizarse con un entrenamiento adecuado.

Como el TR refleja la capacidad del sujeto para responder a excitaciones externas y su nivel de comprensión, es indudable su aplicación dentro de la Psicología. Por otro lado, puede aplicarse en programas de Rehabilitación y Fisioterapia como una medida cuantificadora de sus resultados.

El aparato al funcionar con baterías (pilas estándar 3 x 1.5 V), puede ser llevado a lugares abiertos siendo su manejo sencillo para cualquier persona. Actualmente se tiene implementado un programa para la adquisición de datos y su procesamiento, en un MKE-Z80 que agiliza las pruebas y sus resultados.

BIBLIOGRAFIA

- HANNAY H.J. Experimental techniques in Human neuropsychology, Oxford University Press, 1986, pp 96-321.
- GRINGS W.-DAWSON M. Emotions and bodily responses, Academic Press, 1978, pp 90-95.
- CARTERETTE C. E. and FRIEDMAN P. M. Handbook of Perception, vol. IV, Academic Press, California, 1978, pp 230-233.
- BENSON F. ZEIDEL E. The dual brain. Hemispheric specialization in Humans, The Guilford Press, California, 1986, pp 143-151.

- TINBERGEN N. El estudio del instinto, Siglo XXI, México, 1978, pp 80-100.
- BRUYER R. The neuropsychology of face perception and facial expresion, Lawrence Erlbaum Associates, 1986, pp 172-179.
- HARTLAJE L.C. y TELZROW C. The Neuropsychology of Individual Diferences, Plenun Press, London, 1985.
- BODDY J. Brain System and psychological concepts, University of Manchester, John Wiley and Sons, 1978.
- International Symposium on Biocybernetics of the Central Nervous System, Board, EUA, 1969.
- MILLMAN J. Microelectronics: Digital and Analog circuits and systems, McGraw Hill, México, 1984.
- TOBEY E.G. Amplificadores operacionales, Diana, México, 1985.
- STINE H. G. "System Shenanigans (Reaction Time analyzed)", column, Analog Science Fiction - Science Fact, vol. 106, (Febrero, 1986).
- ROTHSTEIN H. "The effects of time pressure on judgment in multiple cue probability learning ", Organizational Behavior & Human Decision Processes, vol. 37, (Febrero, 1986).
- NATHANSON M. "Easy, Inexpensive Tests will diagnose many disease in minutes, not weeks ", Modern Healthcare, vol. 14, (Mayo 15, 1984)