

EFECTO DE LA HABILIDAD MOTRIZ EN EL TIEMPO DE REACCION Y EN LOS POTENCIALES EVOCADOS DE LARGA LATENCIA

***FERNANDEZ, A., *ORTIZ, T., **ROBLES, JI., **GARCIA DE LEON, M.**

*Departamento de Psiquiatría y Psicología Médica. Universidad Complutense de Madrid

**Servicio de Neurofisiología Clínica. Hospital Militar Central Gomez Ulla

Resumen

24 sujetos, divididos en dos grupos de 12 sujetos cada uno, uno con una gran habilidad y destrezas motrices (TEDAX) y otro control (CONTROL), fueron sometidos a diferentes tareas de discriminación auditiva en la que tenían que dar una respuesta motriz. Fueron registrados potenciales evocados de larga latencia conjuntamente con el electromiograma que valora la respuesta motriz. Los resultados demuestran que tanto las latencias de los potenciales evocados como del EMG se incrementan significativamente en las tareas que tienen mayor complejidad y que la mano izquierda es más rápida que la derecha en ambos grupos. Los resultados demuestran que el grupo TEDAX modificó significativamente la respuesta motora, con una menor tiempo de movimiento y de preparación y menor número de errores, pero no se modificaron los potenciales evocados en general excepto un incremento de la amplitud de la N100 para los estímulos frecuentes y de la P200 para los raros en el grupo de TEDAX.

Palabras Clave: Potenciales-evocados de larga latencia, Electromiograma (EMG), Habilidad motora, Tiempo de reacción.

Abstract

Event related potentials synchronized with EMG responses were recorded during sensorimotor tasks for subjects (N=24) who varied in motor ability. ERPs and EMG latencies increase with increasing task difficulty and the left hand is faster than right hand. The high ability group (TEDAX) increases N100 (for frequent stimuli) and P200 (for rare stimuli) amplitudes and decreases the movement time. The results suggest that the high motor ability modified motor response but the ERPs latency are unaffected. The high motor ability group needs a shorter time, less preparedness or expectancy and a smaller number of errors for carrying out the sensorimotor task.

Key words: Event-related potentials, Electromyography (EMG), Motor ability, reaction time.

Introducción

Diferentes trabajos, ya clásicos, tratan de relacionar los procesos de discriminación sensorial con la respuesta motora usando una aproximación psicofisiológica, que utiliza potenciales evocados de larga latencia y tiempo de reacción, medido este mediante la presión de un botón o mediante el electromiograma ante diferentes tipos de estímulos sensoriales (Luce, 1986; Donchin y Israel, 1980; Goodin y cols., 1987,1990; Hillyard y Kutas, 1983; Ritter y cols., 1982, 1983).

En esta línea, varias investigaciones han señalado la relación directa entre diferentes componentes de los potenciales evocados de larga latencia y el tiempo de reacción con la complejidad de la tarea, de tal forma que a mayor complejidad de la tarea mayor latencia de los potenciales evocados y mayor tiempo de reacción o de la respuesta motora (Goodin y cols., 1983, 1990, 1996; Ortiz y cols., 1993).

Estos resultados podrían explicar diferentes tipos de procesamientos neuronales subyacentes a la discriminación sensorial (Body y cols., 1986; Coles y cols., 1985) y la conexión con la respuesta motora podría estar en relación con diferentes procesos cognitivos necesarios para llevar a cabo el proceso sensoriomotriz completo (Ortiz y cols., 1993).

Por lo que se refiere a la habilidad motriz diferentes investigaciones relacionan la misma con distintos componentes cognitivos (Verleger, 1997; Wascher y cols., 1996), mayor velocidad y precisión en el tiempo de reacción (De Nelo y Laurent., 1996) y con la dificultad de la tarea (Eysenck, 1987).

A la vista de estos datos nos planteamos la posible sensibilidad de los parámetros motrices y de los potenciales evocados de larga latencia en los programas para la mejora de la habilidad motriz. En este sentido, siguiendo a Renault y cols., (1982) esperamos que la velocidad de respuesta motora sea mayor en las tareas más simples y que, a su vez, la habilidad motriz de los sujetos introduzca una mayor rapidez de respuesta (Eysenck, 1987). Por otra parte, y siguiendo los estudios de Loreen de Jong y cols., (1989), esperamos encontrar una relación directa entre los componentes negativos del potencial evocado (N1 y N2) y el inicio de la respuesta motora ante estímulos frecuentes y raros, respectivamente. Para ello hemos realizamos el presente estudio con dos grupos de sujetos normales, de los cuales uno ha sido sometido a un programa de habilidades y destrezas motrices manuales.

Método

Sujetos

24 sujetos participaron en este estudio. Estos se dividieron en dos grupos en función de su habilidad o destreza manual. Grupo 1 (TEDAX), grupo experimental, compuesto por 12 sujetos que durante un año fueron adiestrados en tareas de habilidad y precisión motoras para la desactivación de explosivos, con edades comprendidas entre 25-37 años (media de 30,33) y con un C.I. comprendido entre 104-125 (media de 117.83). Grupo 2, grupo de control, compuesto por 12 sujetos sin entrenamiento alguno en habilidades motrices, con edades comprendidas entre 24 y 37 años (con una media de 28.17) y con un C.I. comprendido entre 103-124 (media de 113.66).

Ambos grupos poseían los mismos niveles culturales y similares puntuaciones en los cocientes intelectuales, todos los sujetos se encontraron dentro de la media (100 y 125 CI), medidos mediante el test de Matrices progresivas del Raven (Raven, 1969) y el OTIS (Otis, 1988).

Todos los participantes fueron voluntarios, sanos, sin ninguna patología neurológica, o psiquiátrica, todos eran hombres y diestros, con puntuación de 10 sobre 10 en el test destreza de Oldfield, (1971).

Aparatos y equipos

Potenciales evocados y EMG

Tanto las respuestas cerebrales como las de EMG fueron simultáneamente registradas y promediadas desde el comienzo del estímulo mediante el sistema de registro de potenciales evocados ATI. Se trata de un sistema de registro de potenciales evocados, compuesto por los siguientes elementos:

Cuatro amplificadores, con las características de ganancia, rechazo modo común. Un sistema de estimulación, con las características del prospecto. Una plaqueta conversora analógica digital inserta en el ordenador. Programas de software para el tratamiento de la señal electroencefalográfica.

Las respuestas de los potenciales evocados (PEs) fueron registradas mediante un electrodo colocado en Cz (siguiendo el sistema internacional 10/20) con referencia en oreja derecha. La respuesta del EMG fue registrada en dos electrodos colocados en el músculo extensor común de los dedos en ambos brazos con una referencia ipsilateral situada en el dorso de la mano. Este sistema de registro permite una aproximación mucho más fiable y eficaz en la valoración de los procesos cerebrales y la respuesta motora, dado que la actividad EMG comienza +/- 40 mseg. antes del movimiento de los dedos y los cambios en los potenciales evocados producidos por los pequeños movimientos de los dedos no son apreciables, tal y como han comprobado diferentes investigaciones (Ritter y col., 1972, Goodin y Aminoff, 1984).

TOT - Torno de registro con trazado

Para la valoración de la habilidad motriz a ambos grupos les fue aplicado el test del Torno con registro de trazado (Lahy, 1979). El torno de Lahy es un aparato que consiste en un pie en forma de L, al que se le ha instalado un portador con una punta metálica. Sobre una placa metálica que se puede desplazar mediante dos manivelas, cada una manipulada con una mano y que pueden ir e detrás adelante o viceversa y de izquierda a derecha o de derecha a izquierda, va impreso en una banda aislante de 3 milímetros de espesor el circuito que debe recorrer el portador dirigido por las manivelas.

Con la ayuda de dos contadores auxiliares podemos obtener los errores cometidos, pues al salirse de la banda aislante la punta toca la chapa metálica, y el tiempo de permanencia en el error. Se puede proporcionar señal auditiva o no, de los errores, con un conmutador.

Procedimiento

Todas las pruebas a las que fueron sometidos estos sujetos fueron realizadas durante la mañana y en dos sesiones diferentes:

En la primera sesión cada sujeto era sometido a los tests de inteligencia, en segundo lugar se les aplicaba el test del Torno con registro de trazado.

Los tests de inteligencia fueron realizados de acuerdo a la metodología explicada en los mismos.

En cuanto al TOT se llevó a cabo de la siguiente forma: se sentó a los pacientes en un sillón confortable frente al aparato de prueba, informándoles seguidamente de las características del mismo y de las instrucciones para la aplicación de la prueba. Esta implicaba la ejecución de un recorrido completo a lo largo de la ruta establecida en el torno, empleando para ello ambas manivelas simultáneamente cuando la tarea así lo requiriera.

De igual modo, se informó a los sujetos del tipo de evaluación que iba a efectuarse a partir de la realización de la prueba. El registro fue doble: por un lado medimos el tiempo total que cada sujeto tardaba en efectuar el recorrido completo requerido en la prueba. Por otro, anotamos el número total de errores en la ejecución. Estos errores eran registrados mediante un contador conectado al torno cada vez que el sujeto tocaba los límites metálicos de la plaqueta donde está trazada la ruta a seguir. Una vez finalizadas las instrucciones, los sujetos pasaron directamente a realizar la prueba. Se obtuvieron diferencias entre ambos grupos en este test por lo que se refiere al tiempo de ejecución y sobre todo en el número de errores cometidos en la realización de la misma.

En la segunda sesión, que se realizaba después de unos minutos de descanso de haber pasado la primera, se les pasaba a otra habitación insonorizada, semioscura y acondicionada para los registros de EEG en la que eran sometidos al experimento para asociar la respuesta cerebral con la motora. Esta prueba la realizaban tumbados con los brazos confortablemente relajados y extendidos de tal forma que quedasen de forma natural y no forzados.

El experimento consistía en la presentación de una secuencia pseudoaleatoria de 400 tonos (75dBHL, 50 msec. de duración) biauralmente con una ratio de 1.5 seg. Los tonos fueron de dos tipos, uno frecuente con una intensidad de 1000 Hz y con una frecuencia del 85% y otro raro de 2000 Hz con una frecuencia del 15%. Los sujetos fueron entrenados para extender lo más rápidamente que pudiesen ambos dedos medios cuando oyesen los tonos raros mientras que no moviesen ningún dedo cuando oyesen los tonos frecuentes.

Análisis de datos

El análisis posterior de las latencias y amplitudes de la P300 se llevó a cabo de forma manual y mediante el cursor en la pantalla, identificándolas de forma visual.

El movimiento voluntario viene determinado en el registro del EMG por un potencial motor interferencial de máxima amplitud correspondiente con la contracción de las fibras del músculo extensor común del dedo medio. Después se sigue un potencial motor interferencial simple de voltaje reducido, que no se corresponde con el movimiento muscular voluntario y que paulatinamente disminuye de voltaje hasta llegar a las condiciones previas al registro. En el EMG se han llevado a cabo dos medidas de latencia, una determinada por el comienzo de la actividad muscular voluntaria y otra determinada por el final de dicha actividad muscular subyacente al movimiento de ambos dedos. La valoración de la latencia del inicio del movimiento fue llevada a cabo siguiendo la metodología de Goodin y Aminoff (1984); mientras que el final del movimiento fue determinado en base a la aplicación de dos electrodos en el mismo lugar del músculo extensor del dedo medio de cada mano con diferentes niveles de sensibilidad cada uno de ellos, y determinado por tres investigadores distintos (Ortiz y cols., 1992).

Análisis estadísticos

Con los datos obtenidos en los PEs, EMG y test del Torno con registro de trazado se llevo a cabo una serie de pruebas estadísticas a través del paquete de programas del BMDP, empleando para estos análisis los subprogramas BMDP2V y BMDP3D. En el caso de los PEs analizamos los datos de latencia y amplitud mediante un ANOVA 2 X 2 (Grupo x Tipo de Estímulo). El análisis de la respuesta también se lleva a cabo mediante un ANOVA 2 x 3 (Grupo x Inicio-final-intervalo del movimiento). Si se encuentran diferencias significativas llevaremos a cabo una comparación a posteriori de pares de medias mediante el test de Tukey.

En cuento al test del Torno de Leahey, comparamos el número de errores que cometen los grupos mediante la T de Student. Una vez obtenido el número de errores veremos si existe algún tipo de correlación entre estos y los datos electromiográficos (inicio y final del movimiento), mediante la correlación de Pearson.

Resultados

Morfología de los potenciales evocados de larga latencia y del electromiograma

La Figura 1 muestra el promedio sincronizado de las respuestas, tanto a estímulos frecuentes como a raros, de los potenciales evocados de larga latencia y del electromiograma. Los potenciales evocados asociados a los estímulos frecuentes se caracterizan por una onda negativa (N1), cuya media se sitúa alrededor de los 90 milisegundos, seguida de una onda positiva (P2), cuya media se sitúa alrededor de los 150 milisegundos y terminan con otra inflexión negativa (N2), cuya media se sitúa alrededor de los 220 milisegundos, y por último otra positiva (P3) de menor amplitud que las anteriores y que representa el potencial auditivo a nivel de vertex (C_2). La respuesta muscular está representada por un complejo negativo-positivo electromiográfico, tanto en la mano derecha como en la izquierda, que representa la promedio de los potenciales de acción originado por la extensión del músculo extensor común del dedo medio de ambas manos.

Los potenciales evocados asociados a los estímulos raros se caracterizan por una onda negativa (N1), cuya media se sitúa alrededor de los 90 milisegundos, seguida de una onda positiva (P2), cuya media se sitúa alrededor de los 150 milisegundos, les sigue otra onda negativa (N2), cuya media se sitúa alrededor de los 205 milisegundos, a continuación aparece otra onda positiva (P3), cuya media se sitúa alrededor de los 300 milisegundos, y por último termina el complejo con otra onda negativa (N3), cuya media se sitúa alrededor de los 385 milisegundos y que representa el potencial auditivo a nivel del vertex (C_2). La respuesta muscular está representada por un complejo negativo-positivo electromiográfico, tanto en la mano derecha como en la izquierda, que representa la promedio de los potenciales de acción originado por la extensión del músculo extensor común del dedo medio de ambas manos.

Latencia y Amplitud de los potenciales evocados de larga latencia

La Tabla 1 muestra la media y desviación típica de los valores de la latencia de las ondas N1, P2 y N2 durante la discriminación auditiva de estímulos frecuentes mientras que la Tabla 2 muestra la media y desviación típica de los valores de la latencia de las ondas N1, P2, N2, P3 y N3 durante la discriminación auditiva de estímulos raros.

De los análisis estadísticos de los datos expuestos en las tablas 1 y 2 podemos ver que no existen diferencias significativas entre ambos grupos en ninguna de las ondas analizadas. Sin embargo cuando analizamos las diferencias referentes al tipo de estímulo (frecuente versus raro) encontramos diferencias significativas en N1, ($F_{1,22}=10.18$; $p<0.01$) y en N2 ($F_{1,22}=5.29$; $p<0.05$) con una mayor latencia en el grupo CONTROL durante la discriminación auditiva a estímulos raros.

Analizadas las diferencias entre ambos grupos no hemos encontrado diferencias significativas en cuanto a los valores de amplitud de las ondas N2, P3 y N3. Sin embargo sí que hemos encontrado diferencias significativas en cuanto a la amplitud de la onda N1 referidas a la interacción estímulo x grupo ($F_{1,22}=5.84$; $p<0.05$), siendo dicha amplitud más grande en el grupo TEDAX durante la discriminación de estímulos frecuentes ($q=5.25$; $p<0.01$). Por otro lado tam-

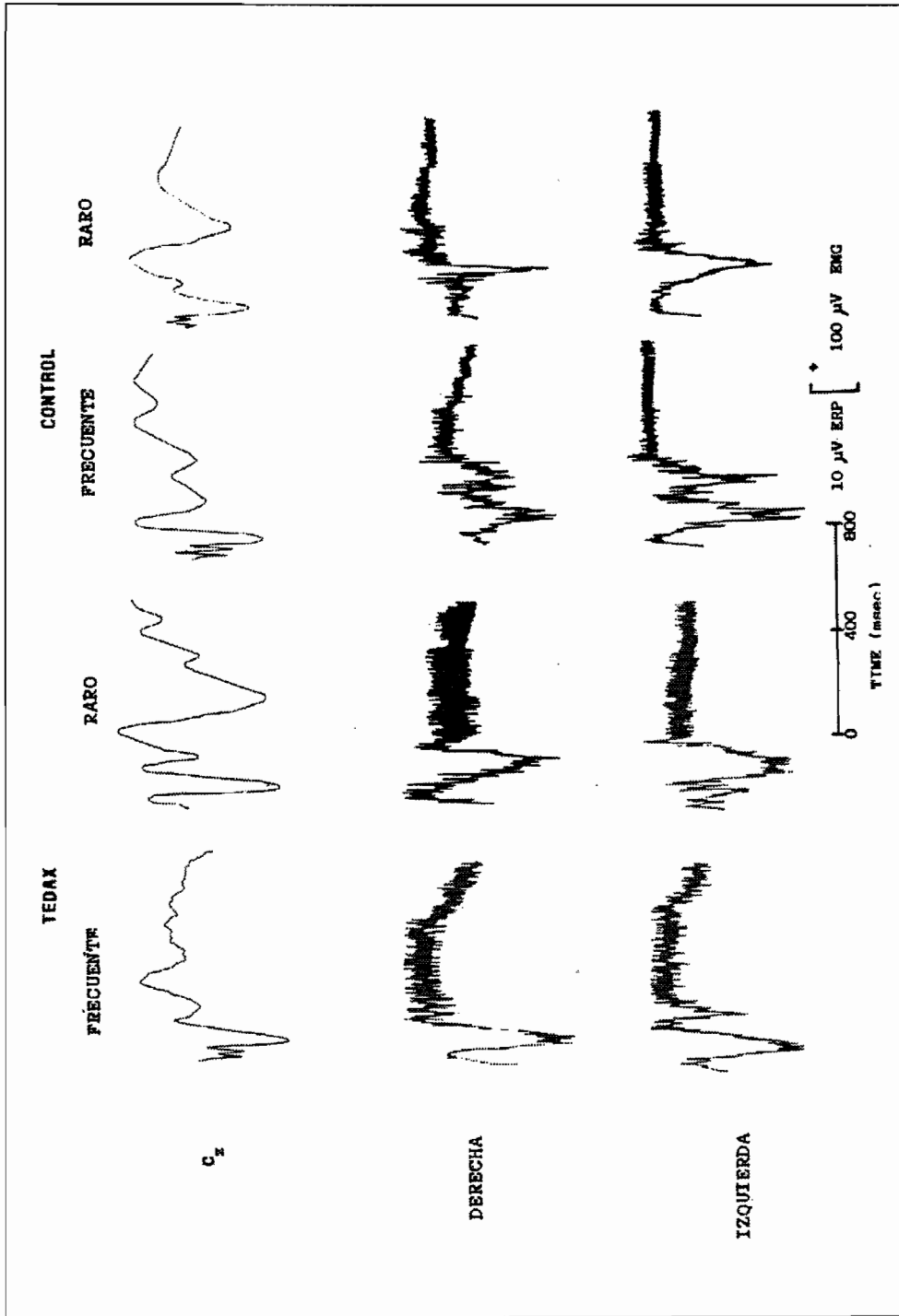


Figura 1.- Promediado medio de las respuestas cerebrales sincronizadas con las respuestas electromiográficas para estímulos frecuentes y raros en ambos grupos. Las respuestas cerebrales fueron registradas en Cz mientras que las respuestas EMG fueron registradas en el músculo extensor común del dedo medio de ambas manos

bién hemos encontrado diferencias significativas en la amplitud de la onda P2 referidas a la interacción estímulo x grupo ($F_{1,22}=4.85$; $p<0.05$), siendo dicha amplitud más grande en el grupo TEDAX durante la discriminación de estímulos raros ($q=5.65$; $p<0.01$) (ver Tablas 3 y 4).

Tabla 1.- Medias y desviaciones típicas de las latencias de las ondas N100, P200 y N200 a estímulos frecuentes (X= media, Sd= desviación estandar).

	N100		P200		N200	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	88.00	12.47	155.75	27.93	226.50	48.27
CONTROL	88.08	10.38	148.50	18.67	218.70	27.32

Tabla 2.- Medias y desviaciones típicas de las latencias de las ondas N100, P200, N200, P300 y N300 a estímulos raros (X= media, Sd= desviación estandar).

	N100		P200		N200		P300		N300	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	90.2	11.1	153.1	18.2	206.5	22.3	304.1	15.4	385.6	34.6
CONTROL	96.7	9.74	148.6	17.4	194.6	24.5	292.8	37.8	387.0	44.0

Tabla 3.- Muestra la media y desviación típica de los valores de la amplitud de las ondas N1, P2 y N2 durante la discriminación auditiva de estímulos frecuentes (X= media, Sd= desviación estandar).

	N100		P200		N200	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	-6.29	2.11	3.15	2.18	-4.11	2.02
CONTROL	-3.88	2.26	3.36	1.95	-2.41	2.63

Tabla 4.- Muestra la media y desviación típica de los valores de la amplitud de las ondas N1, P2, N2, P3 y N3 durante la discriminación auditiva de estímulos raros (X= media, Sd= desviación estandar)

	N100		P200		N200		P300		N300	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	-5.32	2.01	4.16	2.59	-4.68	2.84	5.22	3.92	-4.42	3.19
CONTROL	-6.05	2.46	2.08	2.36	-4.65	3.61	4.38	2.95	-4.69	3.44

Tabla 5.- Medias y desviaciones típicas de ambos grupos para los valores diferenciales entre el comienzo, el intervalo y el final del movimiento de los dedos medios de ambas manos a los estímulos frecuentes (X= media, Sd= desviación estandar)

	MANO DERECHA					
	Comienzo		Final		Intervalo	
	N100		P200		N200	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	80.00	20.08	224.30	47.10	144.30	45.50
CONTROL	89.30	16.66	271.20	84.20	186.40	74.80
	MANO IZQUIERDA					
	Comienzo		Final		Intervalo	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	66.00	17.05	231.50	54.80	165.50	55.30
CONTROL	88.80	19.79	283.30	80.40	204.30	74.50

Latencias de la respuesta motora (EMG)

La Tabla 5 muestra la respuesta motora analizada en la actividad muscular resultante (inicio, final e intervalo) del EMG, tanto para el grupo TEDAX como para el grupo CONTROL, durante la prueba de discriminación de estímulos frecuentes; mientras que la Tabla 6. muestra la respuesta motora analizada en la actividad muscular resultante (inicio, final e intervalo) del EMG, tanto para el grupo TEDAX como para el grupo CONTROL, durante la prueba de discriminación de estímulos raros.

Los análisis estadísticos ANOVA demuestran un efecto significativo de la variable Grupo ($F=7.23$, $p<0.005$) y de la interacción de la variable grupo X inicio-término e intervalo del movimiento ($F=3.14$, $p<0.05$), mostrando de forma global una mayor rapidez y brevedad del movimiento dentro del grupo TEDAX en comparación con el grupo control. Un análisis posterior mediante el test de Tukey indica diferencias significativas en el término del movimiento voluntario de la mano derecha ante estímulos raros ($q= 5.93$, $p<0.05$), evidenciando un acortamiento de la respuesta en el grupo de sujetos entrenados(TEDAX).

Tabla 6.- Medias y desviaciones típicas de ambos grupos para los valores diferenciales entre el comienzo, el intervalo y el final del movimiento de los dedos medios de ambas manos a los estímulos raros (X= media, Sd= desviación estandar)

	MANO DERECHA					
	Comienzo		Final		Intervalo	
	N100		P200		N200	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
TEDAX	129.10	20.90	276.00	34.60	156.20	30.62
CONTROL	154.50	38.00	340.80	66.80	186.00	54.60
	MANO IZQUIERDA					
	Comienzo		Final		Intervalo	
	X	Sd	X	Sd	X	Sd
	TEDAX	128.25	18.90	291.00	31.60	160.60
CONTROL	150.30	34.90	243.20	53.80	200.40	35.30

Otro efecto encontrado ha sido entre la variable Estimulo ($F=23.44$; $p<0.01$) y su interacción con la variable (inicio, final e intervalo) del movimiento voluntario ($F=19.77$; $p<0.01$), mostrando que la respuesta a estímulos frecuentes es siempre más rápida que la respuesta a estímulos raros. Un análisis posterior mediante el test de Tukey indica cuatro importantes diferencias significativas:

- 1.- El comienzo del movimiento en la mano derecha es siempre más rápido ante estímulos frecuentes ($q=7.47$; $p<0.01$).
- 2.- El final del movimiento en la mano derecha es siempre más rápido ante estímulos frecuentes ($q=7.80$; $p<0.01$).
- 3.- El comienzo del movimiento en la mano izquierda es siempre más rápido ante estímulos frecuentes ($q=8.21$; $p<0.01$).
- 4.- El final del movimiento en la mano izquierda es siempre más rápido ante estímulos frecuentes ($q=7.66$; $p<0.01$).

Por último encontramos un efecto significativo de la interacción de las variables Mano x Inicio-final-intervalo del movimiento evidenciando que la mano izquierda es más rápida que la derecha en el inicio del movimiento y la derecha en el final del movimiento. La prueba posterior de Tukey demuestra diferencias significativas en el intervalo del movimiento de la mano derecha y de la izquierda ($q=6.3$, $p<0.01$), siendo mas larga la duración del movimiento para la mano izquierda que para la derecha (ver Tabla 6).

Potenciales evocados y respuesta motora

Existe una relación entre los potenciales evocados de larga latencia y el comienzo y final del movimiento, de tal forma que la N1 está muy relacionada con el inicio del movimiento mientras que la N2 con el final en la discriminación de estímulos frecuentes, mientras que la onda P2 estaría relacionada con el comienzo de la respuesta y la P3 con el final del movimiento. Sin embargo el inicio y final de la respuesta motora del grupo TEDAX se anticipa siempre a los componentes N1 y N2 y P2 y P3 respectivamente, hecho que no sucede con el grupo CONTROL (Figura 1).

Tabla 7.- Medias y desviaciones típicas de ambos grupos de los valores y errores cometidos en la ejecución del test Torno de Registro con Trazado de Lahy (X= media, Sd= desviación estandar)

	TIEMPO		ERRORES	
	X	Sd	X	Sd
TEDAX	222.83	51.88	1.58	1.888
CONTROL	235.08	63.25	4.75	3.255

Habilidad psicomotriz

En cuanto a la habilidad psicomotriz, también se encuentran sustanciales diferencias entre ambos grupos principalmente referidas a los errores cometidos, siendo el grupo TEDAX el que menos errores ha cometido con un tiempo menor, en diferencias significativas, en general en la realización de la prueba (Tabla 7).

Los análisis estadísticos revelan por un lado diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto al número de errores ($t=-2.92$, $p<0.01$); y por otro se ha encontrado correlaciones significativas importantes entre los errores de ejecución y el término de movimiento en la mano derecha ($r=0.35$) y mano izquierda ($r=0.47$) así como también se han encontrado correlaciones positivas entre el inicio del movimiento de la mano derecha ($r=0.39$) y de la mano izquierda ($r=0.37$).

Discusión

Nuestros datos reflejan que la respuesta motora es mucho más rápida en tareas simples que en tareas complejas en ambos grupos, coincidiendo con los resultados de la gran mayoría de investigaciones en este campo (Renault y cols., 1982; Goodin y Aminoff, 1998), lo que nos indica que la velocidad de la respuesta viene determinada por la complejidad de la tarea y no por la habilidad motriz. No obstante esto, se comprueba que el grupo con una mayor habilidad motriz da una respuesta mucho más rápida, lo que podría estar en consonancia con los trabajos de Vernon, (1987) y Eysenck (1987) que encuentran que los sujetos con alta habilidad son mucho más rápidos que los sujetos con baja habilidad.

Un dato interesante que hemos encontrado en nuestra investigación es la relación existente entre los potenciales evocados de larga latencia y el comienzo y final del movimiento; de tal forma que la N1 estaría muy relacionada con el inicio del movimiento y la N2 con el final en la discriminación de estímulos frecuentes, mientras que la onda P2 estaría relacionada con el comienzo de la respuesta y la P3 con el final del movimiento en estímulos raros. Estos resultados en parte coinciden con los obtenidos por Ritter et al. (1979) y Looren de Jong et al. (1989), entre otros, quienes sugieren la relación entre la N1 y el comienzo de la respuesta motora a estímulos frecuentes y la N2 y el comienzo de la respuesta motora a estímulos raros. Si bien nuestros resultados coinciden en cuanto a los estímulos frecuentes no puede decirse lo mismo en cuanto a los raros, esto podría estar relacionado con el hecho de que los potenciales evocados podrían reflejar procesos paralelos y que el acoplamiento entre ellos y la respuesta motora podría estar relacionado de forma diferente y no siempre de la misma manera, tal y como ha propugnado recientemente Goodin y col. (1990). Sin embargo nuestros resultados aportan un dato diferencial, puesto que el inicio y final de la respuesta motora del grupo TEDAX se anticipa siempre a los componentes N1 y N2 y P2 y P3 respectivamente, hecho que no sucede con el grupo CONTROL. Estos datos podrían reflejar por un lado que el acoplamiento entre los potenciales evocados y el electromiograma, subyacente a la discriminación sensoriomotriz, no se manifiesta siempre de la misma manera y de forma serial y por otro lado que el grupo de mayor habilidad motriz podría conseguir mejores niveles atencionales y de expectancia frente a la tarea. Esta posible explicación también vendría dada por el aumento de la amplitud de la N1 y P2 del grupo TEDAX, lo que estaría en relación con un menor nivel de preparación y expectancia para responder frente a un estímulo dado que las amplitudes de los potenciales evocados están en relación inversa con la expectancia (McGarry-Roberts y cols., 1992) o con una mayor eficiencia en responder a diferentes estímulos.

Comparando ambos grupos podemos ver que en el grupo TEDAX el tiempo de movimiento es mucho menor, de tal forma que comienzan y terminan el movimiento antes que el grupo

control. Este dato podría estar en relación con el entrenamiento, de tal forma que como han apuntado otros autores el entrenamiento consigue no solo mayor rapidez en el tiempo de reacción sino un movimiento mucho más corto y preciso (Proteau y cols., 1992), lo que en última instancia justifica la mejor realización de los movimientos automáticos del grupo TEDAX. Estos movimientos determinados por el sistema extrapiramidal (Rigal y cols., 1979) podrían tener una explicación cortical en el hemisferio derecho que según Goldberg & Costa, (1981) sería el responsable de las tareas simples y automáticas lo que conllevaría las diferencias tan importantes en el comienzo del movimiento entre la mano izquierda y derecha durante los estímulos frecuentes. Mientras que los resultados en relación con el comienzo de la respuesta ante estímulos raros vendrían determinados por la dificultad de la tarea, que conlleva un procesamiento cortical mayor que sería el que determinaría el aumento de las latencias tanto en los potenciales evocados como en el tiempo de reacción, tal y como han apuntado diferentes autores tales como Ford (1980), Goodin (1984), Magliero (1984), Eysenck, (1987), Vernon, (1987). Estos resultados podrían justificar la hipótesis que determina que el hemisferio derecho, responsable de la respuesta de la mano izquierda, sería el encargado de la respuesta mucho más rápida de esta mano en tareas simples y automáticas (estímulos frecuentes), mientras que el hemisferio izquierdo, responsable de la respuesta de la mano derecha, sería el encargado de tareas más complejas, que exijan un mayor nivel atencional (estímulos raros) lo que conllevaría una respuesta de la mano derecha mucho más cercana a la de la mano izquierda, que es la más rápida.

Como conclusión final de nuestro trabajo podríamos decir que como consecuencia del entrenamiento recibido el grupo TEDAX manifiesta una mejor habilidad, precisión y destreza motriz que el grupo CONTROL y que se traduce en el hecho de que necesitan menos tiempo para dar una respuesta y cometen menos errores por un lado y por otro modifican la amplitud de los potenciales evocados relacionados con el inicio del movimiento (N100 para los estímulos frecuentes y P200 para los estímulos raros) lo que conlleva una disminución en los sistemas de preparación y expectancia ante la tarea

Referencias

- Boddy, J.(1986). Event related potentials in chronometric analysis of primed word recognition with different stimulus onset asynchronies. *Psychophysiology*; 2: 232-245.
- Coles, M.G.H., Gratton, G., Bashore, T.R., Eriksen, C.W. y Donchin, E.(1985). A psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing, *Journal of Experimental Psychology*; 11: 529-533
- De Melo, f. y Laurent, M.(1996). Effects of competitive activation on precision movement control. *Perception and Motor Skills*; 83: 1203-1208.
- Donchin, E. y Israel, J.B.(1980). Event-related potentials and psychological theory. En: Kornuber, HH, Decke, L.(eds), *Motivation, Motor and Sensory Processes of the brain, Electrical Potentials, Behavior, and Clinical Use*, Amsterdam, Elsevier.
- Eysenck, H.J.(1987) Speed of information processing, reaction time, and the theory of intelligence, En: PA Vernon(ed), *Speed of information processing and intelligence*, Norwood, NJ, Ablex
- Ford, J.M., Mohs, R.C., Pfefferbaum, A. y Kopell, B.S.(1980) On the utility of P3 latency and RT for studying cognitive processes. *Progress in Brain Research*; 54: 661-667
- Goldberg, E. y Costa, L.(1981) Hemisphere differences in the acquisition and use of descriptive systems. *Brain and Language*; 14: 144-173
- Goodin, D.S. y Aminoff, M.J.(1984). The relationship between the evoked potential and brain events in sensory discrimination and motor response. *Brain*; 107: 241-251
- Goodin, D.S, Aminoff, M.J. y Mantle, M.M.(1987) Sensory discrimination and its relationship to the cerebral processing of infrequent stimuli. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*; 14: 642-648
- Goodin, D.S., Aminoff, M.J. y Shefrin, S.L.(1990). Organization of sensory discrimination and response selection in choice and nonchoice conditions: a study using cerebral evoked potentials in normal humans. *Journal of Neurophysiology*; 64: 1270-1281.

- Goodin, D.S., Squires, K.C. y Starr, A.(1983) Variations in the early and late event related components of the auditory evoked potential with task difficulty. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*; 55: 680-686.
- Goodin, D.S., Aminoff, M.J., Chequer, R.S. y Ortiz, T.(1996). Response compatibility and the relationship between event-related potentials and the timing of a motor response. *Journal of Neurophysiology*; 76: 3705-3713.
- Goodin, D.S y Aminoff, M.J.(1998). Event-related potentials in the study of sensory discrimination and motor response in simple and choice reaction time tasks. *Journal of Clinical Neurophysiology*; 15: 34-43.
- Hillyard, S.A. y Kutas, M.(1983). Electrophysiology of cognitive processing. *Annual Review of Psychology*; 34: 33-61
- Lahy, L.(1979). Test de Torno con registro de trazado, MEPSA, Madrid.
- Looren de Jong, H., Kok, A. y Van Rooy, J.(1989) Stimulus probability and motor response in young and old adults: an ERP study. *Biological Psychology*; 29: 125-148.
- Mc Intosh, N.J.(1986). The biology of intelligence. *British Journal of Psychology*; 77: 1-18.
- Magliero, A., Bashore, T.R., Coles, M.G.H. y Donchin, E.(1984) On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation processes. *Psychophysiology*; 21: 171-186.
- McGarry-Roberts, P.A., Stelmak, R.M. y Campbell, K.B.(1992) Intelligence, reaction time and event-related potentials. *Intelligence*; 16: 289-313
- Oldfield, R.C.(1971) The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory test. *Neuropsychologia*; 9: 97-113.
- Ortiz, T., Robles, J.I., Fernández, A. y García de León, M.(1992) Discriminación sensorial y respuesta motora en sujetos con alto y bajo cociente intelectual. *Revista de Neurofisiología Clínica*; 5: 83-90.
- Ortiz, T., Goodin, D.S. y Aminoff, M.J.(1993). Neural processing in a three-choice reaction time task: a study using cerebral evoked potentials and single-trial analysis in normal humans. *Journal of Neurophysiology*; 69: 1499-1512.
- Otis, A.(1988). Otis sencillo. Test de inteligencia general. Madrid, TEA.
- Proteau, L., Marteniuk, R.G. y Levesque, L.(1992). A sensorimotor basis for motor learning: evidence indicating specificity of practice. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*; 44: 557-575.
- Raven, J.C.(1976). Test de Matrices Progresivas para la medida de la capacidad intelectual, Buenos Aires, Paidós.
- Renault, B., Ragot, R., Lesevre, N. y Remond, A.(1982). Onset and offset of brain events as indices of mental chronometry. *Science*; 215: 1413-1415.
- Rigal, R., Paoletti, R. y Portomani, M.(1979). Motricite: approche psychophysiologique, Les Press de L'Universite du Quebec, Montreal.
- Ritter, W., Simson, R. y Vaughan, H.G.(1972). Association cortex potentials and reaction time in auditory discrimination. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*; 33: 547-555
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H.G. y Friedman, D.(1979). A brain event related to the making of a sensory discrimination. *Science*; 203: 1358-1361.
- Ritter, W., Simson, R. y Vaughan, H.G.(1983). Event related potential correlates of two stages of information processing in physical and semantic discrimination tasks. *Psychophysiology*; 20: 168-179.
- Ritter, W., Simson, R., Vaughan, H.G. y Macht, M.(1982). Manipulation of event related potential manifestations of information processing stages. *Science*; 218: 909-911.
- Watson, B.V.(1991). Some relationships between intelligence and auditory discrimination. *Journal of Speech and Hearing Research*; 34: 621-627.
- Verleger, R.(1997). On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. *Psychophysiology*; 34: 131-156.
- Vernon, P.A.(1987). Speed information processing and intelligence. Norwood, NJ, Ablex.
- Wascher, E., Verleger, R., Jaskowski, P. y Wauschkuhn, B.(1996). Preparation for action: an ERP study about two tasks provoking variability in response speed. *Psychophysiology*; 33: 262-272.