

REDUCCION DE TIEMPO EN EL TRATAMIENTO CON BIORRETROALIMENTACION-EMG DE LA ESPASTICIDAD EN LA HEMIPLEJIA

Fernando Juárez Acosta
Universidad Autónoma de Madrid

The effect due to manipulation of some variables used in the treatment of spasticity are analyzed in this study. Considered variables are number of essays, time interval between essays and velocity of exercises. The objective was to find out if time reduction in treatment is possible through observing effects obtained in just one session. For the effect direct replications were used. Three different muscle groups were studied in three different subjects, every one of them in one session. Every session is composed of different values of variables. Time series analysis was conducted in two subjects, the other subject was a case description. Results suggest that number of essays in session can be considerable incremented, time interval between essays can be reduced but not in excess, training can be done in high velocity directly, changing from one velocity to another greater one produce an increment in EMG register and EMG level between essays decreases during treatment progressively. Conclusions are that through manipulation of this variables a more reduced time treatment of spasticity is possible.

Key words: Hemiplegia, Spasticity, Biofeedback-EMG

En este estudio se analiza el efecto debido a la manipulación de algunas variables utilizadas en el tratamiento con Biorretroalimentación-EMG de la espasticidad. Las variables consideradas fueron el número de ensayos, el intervalo de tiempo entre los ensayos y la velocidad de realización de los ejercicios. El objetivo fue averiguar si es posible obtener una reducción en el tiempo de tratamiento observando los efectos obtenidos en una sesión. Para ello se utilizaron replicaciones directas. Se estudiaron tres grupos musculares distintos, cada grupo muscular en un sujeto diferente y en una sola sesión para cada sujeto. En cada sesión se aplicaron distintas combinaciones de valores de las variables. En este estudio

participaron tres sujetos y se realizaron análisis de series temporales en dos de los sujetos, constituyendo el otro sujeto una descripción de caso. Los resultados sugieren, que el número de ensayos por sesión puede ser incrementado considerablemente, que el intervalo entre ensayos puede ser reducido, aunque no excesivamente, que el entrenamiento se puede realizar directamente con velocidades elevadas, que el cambio de una velocidad a otra mayor produce un incremento en el registro EMG y que el nivel EMG de reposo entre los ensayos disminuye progresivamente durante el entrenamiento. Se concluye que mediante la manipulación de estas variables es posible un tratamiento de la espasticidad de tiempo más reducido.

Palabras claves: Hemiplejía, Espasticidad, Biorretroalimentación, EMG.

La sintomatología del síndrome hemipléjico puede ser dividida en síntomas negativos y síntomas positivos, en correspondencia con la división de síntomas del síndrome piramidal del cual forma parte (Barraquer, 1976; Cambier, Masson y De-hen, 1990), o bien en déficits y excesos en la actividad motora. Esto último, está en estrecha relación con la clasificación establecida en el abordaje de los tratamientos neuromusculares mediante Biorretroalimentación (Carrobles y Godoy, 1987; Fernando y Basmajian, 1978; Jiménez, Calzada y García, 1985; Simón, 1986).

La espasticidad se encuentra entre los síntomas por exceso en la actividad motora del paciente hemipléjico y según Growdon y Fink (1994) se puede caracterizar como un incremento de la resistencia al movimiento pasivo, siendo dicha resistencia debida a los reflejos tónicos de estiramiento y estando en función de la velocidad de

dicho movimiento; se acompaña, además, de sacudidas tendinosas intensas. No obstante, en su definición más sencilla, la espasticidad se conceptualiza como la resistencia opuesta al movimiento pasivo de una articulación (DeBacher, 1979). Esta definición da lugar a una de las formas de intervención conductual que se puede realizar en esta alteración motora y que consiste en intentar reducir dicha resistencia mientras se moviliza pasivamente la articulación, proporcionando retroalimentación electromiográfica (EMG) de la actividad refleja.

La manifestación de la espasticidad está mediada por diversos factores que la incrementan o disminuyen. Entre estos factores se encuentra, como ya se ha indicado, la velocidad de realización del movimiento o ejercicio (Barraquer, 1976; Sudarsky, 1991) ya que cuando dicha velocidad se incrementa se produce un aumento de la hipertonía espástica. Otro factor es la posición de la articulación a movilizar (Bobath, 1993; Lacôte y cols., 1984),

observándose que un mismo grupo muscular puede estar espástico en determinadas posiciones y no en otras.

En el ámbito de las técnicas de intervención con Biorretroalimentación se ha indicado una determinada dirección o jerarquía de tratamiento (DeBacher, 1979; DeBacher y Basmajian, 1977; Krebs, 1987) postulándose que es aconsejable comenzar con tareas sencillas para incrementar gradualmente el nivel de dificultad. La intervención, así realizada, incluye tres fases, una de entrenamiento en reposo para reducir la actividad electromiográfica basal, otra de entrenamiento en movimiento pasivo y otra de entrenamiento en movimiento activo. Se trata de realizar un moldeamiento de la respuesta comenzando con estímulos mínimos o, según indica Simón (1993), tener en cuenta los componentes específicos, las diversas condiciones, la retroalimentación y el reforzamiento positivo, así como la comprensión de los objetivos que deben alcanzarse. Esto tiene una gran importancia como determinante de la duración de la intervención ya que, de acuerdo con esta estrategia, en la gradación se deben tener en cuenta los distintos valores posibles que puede adoptar la velocidad del movimiento, así como las diferentes posiciones a utilizar, entre otras variables.

En lesiones centrales, como la hemiplejía, existe un elevado número de grupos musculares afectados de espasticidad, siendo cada uno de ellos susceptible de actuar en muy diversas

posiciones en las que se pone de manifiesto el carácter cambiante de la espasticidad. Por otra parte, como se ha señalado, el entrenamiento debe realizarse a distintas velocidades en orden creciente, con un cierto espaciado entre los distintos ensayos y con un número determinado de ensayos por sesión. El intervalo de tiempo entre los diversos ensayos y el número de ensayos son características de la repetición del ejercicio como factor causante de fatiga (Barraquer, 1976) y aunque se indica que el período de tiempo de la recuperación refleja es muy rápido (Urbano-Márquez y Estruch, 1995), sin embargo, habitualmente se aconsejan, o utilizan, intervalos de tiempo entre ensayos relativamente prolongados tales como 30 o 60 segundos (Levin y Hui-Chan, 1994; Simón, 1993), poniéndose, además, de manifiesto efectos diferenciales entre los distintos intervalos entre ejercicios (DeBacher, 1979). Por otra parte, generalmente, se realiza un número reducido de ensayos por sesión (Juárez y Contreras, 1994; Llorca, 1993) que oscila alrededor de 12 o 15 ensayos y, aunque en ocasiones se han realizado entrenamientos con un elevado número de ensayos (O'Dwyer, Neilson y Nash, 1994), no se ha estudiado el efecto debido al incremento de dicho número en la sesión.

La combinación de los factores anteriores junto con las distintas condiciones de reposo y movimiento en que puede ser realizado el entrenamiento da lugar a un elevado número

de sesiones para cada grupo muscular y a un gran número de sesiones para el conjunto de la musculatura espástica. De este modo, diversos estudios han puesto de manifiesto resultados diferenciales en el tratamiento de la espasticidad mediante Biorretroalimentación-EMG.

DeBacher (1979) informa de un entrenamiento en reducción de la espasticidad en bíceps braquial, mediante Biorretroalimentación-EMG, que duró solamente once sesiones y que incluyó una gradación ordenada de velocidades que oscilaba entre 48 y 96 grados por segundo, en flexión y extensión, así como una combinación de intervalos de tiempo entre ensayos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que según los resultados comunicados por este autor, dicho tratamiento tuvo que ser repetido en distintas posiciones ya que no se observó ninguna generalización. Además, es de destacar, en este estudio, que no se obtuvieron buenos resultados cuando los ejercicios se realizaban sin intercalar períodos de descanso entre los distintos ensayos.

Las intervenciones con Biorretroalimentación-EMG son habitualmente prolongadas. Neilson y McCaughey (1982) entrenaron durante 18 meses a cuatro sujetos a reducir sus niveles de espasticidad en bíceps braquial. Realizaban tres sesiones semanales y el entrenamiento consistía en el control de niveles determinados de tensión. No obstante, la duración de este entre-

namiento fue excesiva, aunque los sujetos aprendieron a reducir completamente su nivel de hipertonía.

Nemec y Cohen (1984) entrenaron a un sujeto con hemiplejía izquierda y disartria espástica a reducir sus niveles de actividad en los músculos masetero, temporal y pterigoideo lateral. El entrenamiento duró once sesiones, más tres de línea base, durante las cuales el sujeto debía intentar cerrar la boca en tres intentos de cinco minutos cada uno. Al final del entrenamiento se redujo la actividad mioeléctrica de 10-12 microvoltios (μV) a 4,5 μV .

Simón (1987), informa de un caso en el que se aplicó la metodología habitual de entrenamiento con las fases indicadas de entrenamiento en reposo, entrenamiento en movimiento pasivo y entrenamiento en movimiento activo, en el bíceps braquial espástico de un paciente. El entrenamiento duró 45 sesiones, 15 sesiones para cada fase, la duración de cada sesión se estimó entre 30 y 45 minutos. La fase de entrenamiento en movimiento pasivo se realizó con Biorretroalimentación-EMG y la fase de entrenamiento en movimiento activo se realizó con retroalimentación electrocinesiológica junto con retroalimentación EMG. Todas las sesiones se realizaron con el sujeto en la misma posición. Durante la fase de reducción de la espasticidad mediante Biorretroalimentación-EMG y en movimiento pasivo se obtuvo una reducción del nivel EMG de 13,5 μV a 8 μV en las 15 sesiones. Se incrementó

la extensión de 17 a 48 grados en movimiento activo realizado por la paciente.

No obstante, en otra descripción de caso, este mismo autor (Simón, 1993) informa de otro entrenamiento en reducción de espasticidad en bíceps braquial que duró solamente 15 sesiones incluyendo, al igual que en los estudios anteriores, las sesiones de línea base. Durante el entrenamiento se combinaron ejercicios de estiramiento pasivo, ejercicios de tensión y relajación y ejercicios de mantenimiento de determinados niveles de tensión. Se obtuvo una reducción significativa en la actividad hipertónica, la cual pasó de $9,7 \mu\text{V}$ a $6 \mu\text{V}$.

Nash, Neilson y O'Dwyer (1989) entrenaron a tres sujetos, afectados, en este caso, de parálisis cerebral, a reducir sus niveles de espasticidad en gastrocnemius mediante movimientos pasivos y Biorretroalimentación-EMG. El entrenamiento duró 18 semanas y se realizaron 4 sesiones cada semana combinando distintos valores de velocidad y de posición. De los tres sujetos que participaron en el estudio, se obtuvieron reducciones significativas en dos de ellos. En este estudio, las frecuencias de los estiramientos pasivos, o ensayos, fue elevada llegándose a realizar, en ocasiones, 60 estiramientos por minuto, aunque no se estudió el efecto debido a las distintas frecuencias utilizadas.

Juárez y Contreras (1994) describen un caso en el que se redujo la actividad del músculo gemelo externo con Bio-

retroalimentación-EMG. En este caso se realizaron seis sesiones de aproximadamente 45 minutos de duración cada una. En cada sesión se realizaban seis ensayos en reposo y doce ensayos en flexión dorsal pasiva del pie con intervalos de descanso de 1 minuto entre ejercicios. La velocidad de realización del ejercicio de flexión fue de 60 grados por segundo y el ejercicio se realizaba siempre en la misma posición. Se redujo la actividad hipertónica de $10 \mu\text{V}$ a $4 \mu\text{V}$ en los valores medios obtenidos por sesión.

La mayor parte de los estudios sobre el tratamiento de la espasticidad atienden solamente a un número muy reducido de condiciones de tratamiento, si tenemos en cuenta la cantidad de combinaciones a que dan lugar las variables indicadas anteriormente y, además, no todos los resultados obtienen el grado suficiente de estabilidad en las puntuaciones. La extensión del tratamiento al conjunto de la musculatura de un sujeto afectado de espasticidad incrementa considerablemente el número de sesiones necesarias solamente para tratar un componente de los síntomas por exceso de la actividad motora, sin abordar los déficits motores o parálisis característica.

En función de todo lo anterior, parece conveniente averiguar si es posible obtener una reducción en el tiempo de intervención en la espasticidad mediante las técnicas de Biorretroalimentación-EMG a través de la manipulación de las variables indicadas anteriormente, tales como el número

de ensayos realizados por sesión, la velocidad de realización de los ejercicios y el intervalo de descanso entre los ensayos.

METODO

Sujetos

En este estudio participaron tres sujetos. El primer sujeto fue un hombre de 69 años de edad que presentaba hemiplejía derecha, debida a accidente cerebrovascular (ACV), desde hacía un año.

El segundo sujeto fue una mujer de 43 años que presentaba hemiplejía izquierda, debida a ACV, desde hacía dos años.

El tercer sujeto era un hombre de 65 años que presentaba hemiplejía derecha, debida a ACV, desde hacía dos años.

Todos ellos presentaban espasticidad estabilizada clínicamente significativa.

Grupos musculares

Los grupos musculares objeto de la intervención fueron diferentes para cada sujeto. En el primer sujeto el tratamiento se dirigió hacia el músculo pectoral mayor derecho en el segundo se intervino en el músculo bíceps braquial izquierdo y; en el tercer sujeto el entrenamiento se realizó en el músculo gemelo interno derecho.

Variables

La variable objeto de interés fue el registro electromiográfico integrado observado en el instrumento de Biorretroalimentación-EMG como respuesta al estiramiento pasivo del músculo, es decir, al movimiento de la articulación a la que está ligado. Este movimiento produce una contracción refleja que da lugar a un impulso en el registro.

Las variables objeto de manipulación, para observar su efecto en el registro, fueron el número de ensayos realizados por sesión, la velocidad del movimiento y el intervalo de descanso entre los ensayos.

Por otra parte, también se observó la influencia que tenía el entrenamiento en movimiento pasivo sobre la actividad basal en reposo entre los distintos ensayos.

Instrumentos

El instrumento de Biorretroalimentación-EMG utilizado fue el MIOBACK CY 351/2 de BIOCIBER S. L. Este instrumento realiza una integración de 4 lecturas por segundo, con un ancho de banda de 30 a 300 Hz.

Dicho instrumento proporciona una señal de Biorretroalimentación de modalidad sensorial visual analógica proporcional y continua por medio de barras, así como digital.

Se utilizó un juego de electrodos de níquel, suministrados con el instru-

mento. Los electrodos eran del tipo de copa de 1,2 cms. de diámetro y se sujetaban a la piel mediante anillos adhesivos de doble cara. Como medio conductor se utilizaba gel electrolítico de la casa Lafayette.

Las señales electromiográficas integradas se transmitían desde el instrumento de Biorretroalimentación, mediante una interfase RS232, a un ordenador, donde se almacenaban para su posterior análisis. Para el registro de dichas señales en el ordenador se utilizaba el software BIO 02 "RS232" de BIOCIBER.

La transmisión de la señal entre los dos equipos se realizaba a una velocidad de 1 señal por segundo, lo que constituye el registro de la actividad electromiográfica integrada.

Diseño Experimental

El primer sujeto constituye únicamente una descripción de un caso clínico. En el segundo sujeto se utilizó un diseño de tratamientos alternos A-B-C. El tercer sujeto constituye otro estudio experimental de caso único con diseño de tratamientos alternos A-B.

Cada sujeto constituye una replicación de los otros sujetos, variando tanto el grupo muscular objeto de la intervención como algunos de los valores asignados a las distintas variables, por lo que los tres sujetos constituyen, en conjunto, un grupo de repeticiones directas (Barlow y Hersen, 1988).

Procedimiento

Para todos los sujetos el procedimiento seguido fue el mismo. Después de una adecuada preparación de la piel mediante limpieza con alcohol, se situaban los electrodos rellenos con el gel electrolítico sobre la misma y se proporcionaba un tiempo de habituación a los mismos de cinco minutos; una vez, transcurridos se realizaba una evaluación con el instrumento de Biorretroalimentación-EMG mediante cinco movimientos pasivos de la articulación de forma que se provocara el estiramiento del músculo y la consiguiente contracción refleja, generando, así, un aumento en el registro electromiográfico en forma de impulso. En la evaluación no se les pedía a los sujetos que realizaran ninguna actividad de control.

Previamente a la intervención se suministró a los sujetos información sobre la dinámica muscular y sobre las bases conceptuales de la terapia con Biorretroalimentación-EMG. A continuación, se procedía a realizar los ensayos de aprendizaje mediante movimientos pasivos, es decir, el terapeuta movilizaba la articulación del paciente mientras éste debía intentar reducir el nivel electromiográfico observable en el instrumento de Biorretroalimentación-EMG debido a la contracción automática del músculo. Por lo tanto, el objetivo suministrado fue el de conseguir una reducción progresiva de la señal, durante el movimiento pasivo, sin establecer ningún entrena-

miento previo con el músculo en reposo.

Con el primer sujeto se realizó una sesión de entrenamiento en el músculo pectoral mayor derecho, el cual presentaba espasticidad. Desde la posición de aducción del brazo con el codo flexionado y cruzado sobre el pecho hacia el plano medio se realizaba la extensión del codo al mismo tiempo que se llevaba el brazo en abducción. Los ejercicios se realizaron con el sujeto sentado. La velocidad del movimiento era de 120 grados por segundo, la duración de los intervalos de descanso entre ensayos fue de 30 segundos y el número de ejercicios realizado fue de 30 en una sola sesión.

Con el segundo sujeto se realizó una sesión de aprendizaje en el músculo bíceps braquial izquierdo, que presentaba espasticidad flexora. Se realizaron 60 movimientos de extensión pasiva del antebrazo divididos en tres grupos o condiciones de entrenamiento, cada grupo constaba de 20 ensayos. En la condición A se realizaron 20 ejercicios a la velocidad de 45 grados por segundo con un intervalo entre ensayos de 3 segundos, en la condición B se realizaron también 20 ejercicios a 45 grados por segundo pero el intervalo de descanso entre los ensayos era de 30 segundos. Por último, en la condición C, se realizaron de nuevo 20 ejercicios con el mismo intervalo de 30 segundos entre los ensayos pero se incrementaba la velocidad a 90 grados por segundo. Por

lo tanto, al pasar de la condición A a la B se variaba el intervalo entre ensayos de 3 a 30 segundos, mientras que al cambiar de la condición B a la C se variaba la velocidad de 45 a 90 grados por segundo.

Con el tercer sujeto se realizó una sesión de entrenamiento en el músculo gemelo interno, el cual presentaba espasticidad extensora, mediante flexión dorsal pasiva del tobillo. Se establecieron dos condiciones de entrenamiento, en la condición A se realizaron 60 ensayos a la velocidad de 90 grados por segundo con un intervalo entre ejercicios de 30 segundos, en la condición B se realizaron 30 ensayos a la velocidad de 120 grados por segundo manteniendo el mismo intervalo de 30 segundos entre los ensayos. Por lo tanto al cambiar de una condición a otra se variaba la velocidad. El número total de ensayos alcanzado fue de 90.

ANALISIS DE LOS DATOS

Ya que el primer sujeto constituye una descripción de caso, los datos se analizaron inspeccionando visualmente la tendencia manifestada. En el segundo y el tercer sujeto se aplicaron las técnicas de análisis de intervención (Box y Tiao, 1975) de las series temporales mediante modelos ARIMA (Box y Jenkins, 1970).

En las técnicas de intervención de las series temporales, es necesario seguir el siguiente procedimiento. En primer lugar, se identifica el modelo

para la primera condición de tratamiento, es decir, la primera fase de la intervención, dicha identificación se realiza mediante los coeficientes de autocorrelación y de autocorrelación parcial. A continuación, se introducen una o más variables que representen los efectos debidos a las sucesivas manipulaciones experimentales y, finalmente, se estiman los coeficientes del modelo y se interpretan dichos coeficientes, obtenidos para las variables introducidas, como los efectos de la intervención (SPSS INC., 1990, Glass, Willson y Gottman, 1974).

Para poder realizar una estimación adecuada del modelo, en la primera fase, se recomienda contar con un mínimo de 50 puntuaciones (Box y Jenkins, 1970). Este requisito no se cumple en el segundo sujeto, en el cual se han obtenido 20 puntos de datos en cada fase. No obstante, las técnicas de series temporales constituyen básicamente un proceso interactivo en el cual se suele seguir un procedimiento de ajuste mediante ensayos de modelos sucesivos y mediante el análisis de las pruebas de diagnóstico, teniendo en cuenta, además, que es necesario no incrementar innecesariamente el número de parámetros obtenidos. Por lo tanto, éste fue el procedimiento seguido en el segundo sujeto, partiendo de una estimación inicial con las 20 primeras puntuaciones y ensayando los modelos que mejor podían representar el proceso.

En el tercer sujeto, aunque el procedimiento seguido fue el mismo, se

obtuvo una mejor estimación inicial del modelo al poder contar con 60 puntuaciones en la primera fase, reduciendo así el número de ensayos realizados.

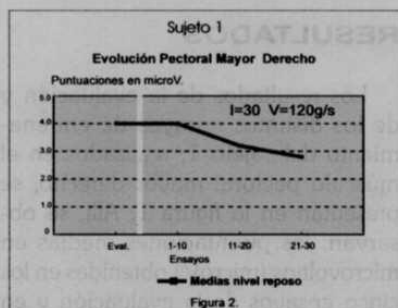
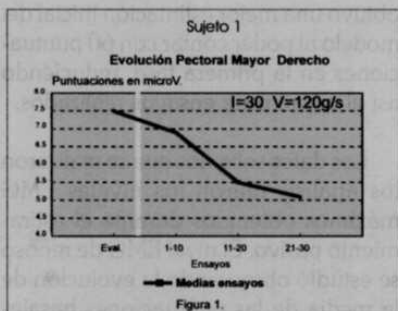
Los datos sobre los que se realizaron los análisis fueron los niveles EMG máximos obtenidos durante el estiramiento pasivo. El nivel EMG de reposo se estudió observando la evolución de la media de las puntuaciones basales registradas entre cada dos ensayos.

RESULTADOS

Los resultados de la evaluación y de los distintos ensayos de entrenamiento del sujeto 1, realizados en el músculo pectoral mayor derecho, se presentan en la figura 1. Allí, se observan: las puntuaciones medias en microvoltios (microV.) obtenidas en los cinco ensayos de la evaluación y en los ensayos de entrenamiento, estos últimos en grupos de diez. También se indican las condiciones de entrenamiento o los valores asignados a las variables.

Así mismo, en la figura 2 se puede observar la evolución seguida por el nivel EMG de reposo entre los distintos ensayos, en el sujeto 1, con los mismos criterios de agrupamiento. En esta figura también se han indicado, como referencia, las condiciones de entrenamiento, aunque corresponden a los ensayos en movimiento pasivo y no al registro EMG basal o de reposo.

En la figura 3 se observan los resultados obtenidos en la evaluación

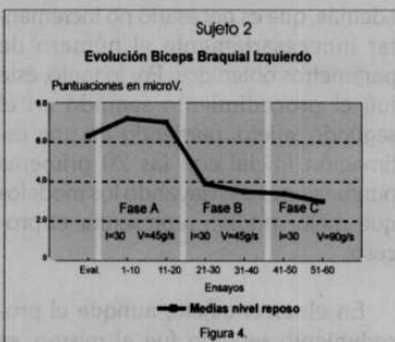
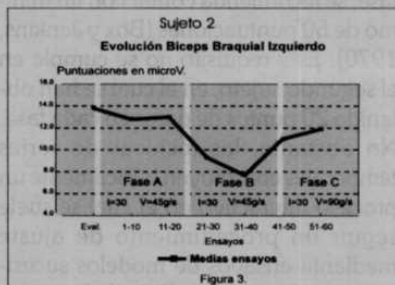


y a través de las distintas condiciones de entrenamiento en el sujeto 2, en el músculo bíceps braquial, con los mismos criterios de agrupamiento y representación que en el sujeto 1. En la figura 4 se muestra la evolución del nivel de reposo, entre los distintos ensayos, seguida por el sujeto 2.

En el análisis de los datos del sujeto 2, para poder obtener un modelo ARIMA es necesario que las puntuaciones sean estacionarias lo que se consigue diferenciando la serie; en este caso se aplicó un orden de diferenciación de 1. Además, también es necesario estabilizar la varianza, lo que

se consigue, a su vez, realizando una transformación logarítmica de las puntuaciones.

El estudio de la autocorrelación y de la autocorrelación parcial de las puntuaciones, permite identificar el modelo. En el coeficiente de autocorrelación se obtuvo un valor de 0,29 para el intervalo 1 y se obtuvo, también, un valor de 0,29 para el intervalo 1 en la autocorrelación parcial, siendo las otras autocorrelaciones obtenidas irrelevantes en la identificación del modelo. En función de estos parámetros y de las operaciones realizadas sobre los datos se estimó que el modelo podría ser del tipo (1, 1, 1).



La ejecución del modelo nos permite obtener los valores de los parámetros del mismo. Así, para el parámetro autorregresivo (AR) se obtuvo el valor 0,29; para el parámetro de promedio móvil (MA) un coeficiente de 0,88; para la variable (I1) que representa el cambio de la primera a la segunda condición de tratamiento, se obtuvo un coeficiente de -0,34 y; para la variable (I2), que representa el cambio de la segunda a la tercera condición de tratamiento un coeficiente de 0,38.

Para realizar el diagnóstico del modelo se obtuvo el indicador AIC (Akaike Information Criterium) que ofreció un valor de -57,06, siendo el valor más bajo de los obtenidos en los diversos modelos ensayados. Se obtuvo, además, el índice de Durbin-Watson, con un valor de 1,96, el cual indica que no existe autocorrelación en los valores residuales, los cuales mostraron una distribución aleatoria. Estos coeficientes y el tipo de distribución residual ponen de manifiesto que el modelo escogido es el adecuado.

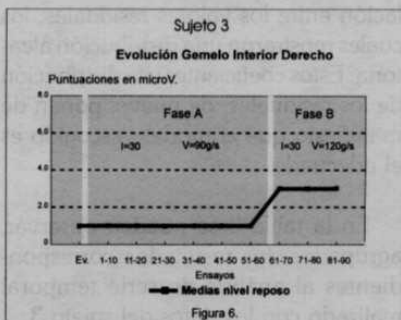
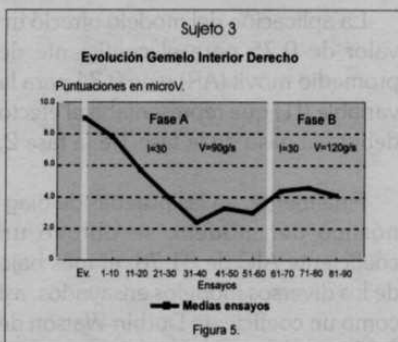
Tabla 1.
Sujeto 2.
Comportamiento del Modelo

ARIMA			
AR	MA	I1	I2
0,29	0,88	-0,34	0,38

DIAG: AIC (-57) DB (1,96)

En la tabla 1 se presentan agrupados los resultados de los análisis estadísticos realizados sobre las puntuaciones obtenidas por el sujeto 2.

Los resultados obtenidos por el sujeto 3, en el músculo gemelo interno, se muestran en las figuras 5 y 6. En la primera de ellas se ofrecen los resultados correspondientes a la evaluación, a los ensayos y a las distintas condiciones de entrenamiento; en la segunda, se muestran los niveles de reposo entre ensayos obtenidos durante el entrenamiento. Ambas gráficas siguen los mismos criterios de agrupamiento de las puntuaciones y de representación de las gráficas anteriores.



En el análisis de serie temporal o estimación de modelo ARIMA, realizado sobre los datos del sujeto 3, se siguió el mismo procedimiento que en la aplicación de dicha metodología en el sujeto 2. De este modo, se obtuvo para el coeficiente de autocorrelación parcial un valor de -0,50. Sin embargo, en el caso del coeficiente de autocorrelación no se obtuvo un valor o grupo de valores relevantes para la identificación del modelo. Por otra parte, la serie requirió también ser diferenciada y sometida a una transformación logarítmica, estimándose que el modelo podría ser, en este caso, de la forma (0, 1, 1).

La aplicación del modelo ofreció un valor de 0,75 para el coeficiente de promedio móvil (AR) y de 0,34 para la variable (I1) que representaba el efecto debido al paso de la fase 1 a la fase 2.

Finalmente, en las pruebas de diagnóstico del modelo, se obtuvo un coeficiente AIC de 81,78, el más bajo de los diversos modelos ensayados, así como un coeficiente Durbin-Watson de 2,04, que indica ausencia de autocorrelación entre los valores residuales, los cuales mostraron una distribución aleatoria. Estos coeficientes y la distribución de los residuales, de nuevo, ponen de manifiesto que el modelo escogido es el adecuado.

En la tabla 2 se pueden observar, agrupados, los resultados correspondientes al análisis de serie temporal realizado con los datos del sujeto 3.

Tabla 2.
Sujeto 3.
Comportamiento del Modelo

ARIMA		
AR	MA	I1
—	0,75	0,34

DIAG: AIC (82) DB (2)

DISCUSION

Las variables objeto de análisis fueron el número de ensayos realizados en una sesión, el intervalo de tiempo entre los ensayos y la velocidad del movimiento pasivo, estudiándose también la evolución del nivel de reposo. Para cada variable objeto de manipulación se obtuvieron diferentes resultados.

En relación al número de ensayos realizados en una sesión, se ha podido observar que dicho número puede ser incrementado sin que exista una pérdida en el grado de aprendizaje realizado por el sujeto. Es decir, el sujeto continúa reduciendo el nivel de registro EMG debido a la activación refleja. El sujeto 1 realizó 30 ensayos en una sesión, en el sujeto 2 se incrementaron estos ensayos a 60 y en el sujeto 3, de nuevo se incrementaron, alcanzando 90 ensayos, todos ellos en una misma sesión. Como los sujetos son diferentes en sus características, e igual ocurre con los grupos musculares objeto de tratamiento, esto indica, de

acuerdo con la metodología utilizada de replicaciones directas (Barlow y Hersen, 1988), que este resultado goza de las suficientes garantías de fiabilidad y generalidad. Por lo tanto, se pone de manifiesto la posibilidad de realizar un tratamiento más intensivo de la hipertonia espástica.

El intervalo de tiempo entre los distintos ensayos se estudió en el sujeto 2 observando las diferencias en las puntuaciones obtenidas en la fase A, con un intervalo de 3 segundos y las debidas a la fase B, con un intervalo de 30 segundos. El entrenamiento en ambas fases se realizaba a una velocidad de 45 grados por segundo. En el análisis de serie temporal realizado, se observa que el efecto debido a la variable (I1) que representa el cambio de la Fase A a la fase B, es disminuir las puntuaciones en $-0,34$. Es decir, al incrementar el intervalo de tiempo entre ensayos de 3 a 30 segundos se obtiene una reducción mayor en las puntuaciones, el sujeto disminuye en mayor grado su nivel de hipertonia. Por lo tanto, esto indica que resulta aconsejable mantener un cierto intervalo de descanso entre puntuaciones, sin que sea excesivamente reducido. Este resultado coincide con los resultados clínicos, ya señalados, obtenidos por DeBacher (1979).

La velocidad de ejecución de los movimientos pasivos se ha estudiado en el sujeto 1, utilizando una velocidad de entrenamiento elevada, de 120 grados por segundo, sin ninguna gradación y con buenos resultados. Esto

indica que es posible realizar el entrenamiento abordando directamente velocidades altas. Además, en los restantes sujetos, en general, se utilizaron también velocidades elevadas con buenos resultados. En el sujeto 2 se utilizaron velocidades de 45 grados por segundo, velocidad relativamente moderada y 90 grados por segundo, velocidad elevada. En el sujeto 3 se utilizaron velocidades de 90 y 120 grados por segundo.

Por otra parte, también se ha observado el efecto que tiene, en el entrenamiento, el cambio de una velocidad determinada a otra más elevada. En el sujeto 2 esto se estudió analizando el efecto debido al cambio de una velocidad de 45 grados por segundo, en la fase B, a una velocidad de 90 grados por segundo, en la fase C, lo que está representado por la variable I2. Para dicha variable se obtuvo un coeficiente de $0,38$, lo que representa que se produce un incremento en las puntuaciones de $0,38$. Es decir, el efecto debido al incremento de la velocidad es, a su vez incrementar las puntuaciones, aunque no se obtengan los niveles anteriores al entrenamiento.

Este resultado se ha replicado en el sujeto 3, donde el coeficiente de la variable (I1) que representa el cambio de una velocidad de 90 grados por segundo a otra de 120 grados por segundo es de $0,34$, lo que quiere decir que se produce en las puntuaciones un incremento de $0,34$. De nuevo la tendencia, obtenida en el entrenamiento, se ve alterada por el incremento de

la velocidad, aunque sin alcanzar los niveles anteriores al entrenamiento.

Por lo tanto, los efectos obtenidos en la variable de velocidad de realización del ejercicio se han replicado en los distintos sujetos indicando que es posible un entrenamiento en velocidades elevadas, sin establecer una gradación o jerarquía de velocidades y que el efecto en el entrenamiento debido al incremento de la velocidad es, a su vez, incrementar el registro EMG obtenido, obligando así al sujeto a un mayor control.

Los niveles medios de registro electromiográfico se han ido reduciendo durante el entrenamiento para los tres sujetos. En el sujeto 1 se redujo la medida de $7,5 \mu\text{V}$, en la evaluación, a $5,1 \mu\text{V}$, al finalizar el tratamiento, es decir, se ha obtenido una reducción de $2,4 \mu\text{V}$. En el sujeto 2 se obtuvo una reducción máxima, en la fase B, pasando de un nivel, registrado en la evaluación, de $13,8 \mu\text{V}$ a un nivel de $7,7 \mu\text{V}$, es decir $6,1 \mu\text{V}$. Sin embargo, estas medidas se volvieron a incrementar en la fase C, como resultado del aumento en la velocidad, alcanzando un registro de $11,9 \mu\text{V}$. En el sujeto 3 se redujo el nivel de medida de $9 \mu\text{V}$, en la evaluación, a $2,4 \mu\text{V}$, en la fase A, es decir una reducción de $6,6 \mu\text{V}$, aunque posteriormente el nivel se fue incrementando hasta alcanzar de nuevo $4,6 \mu\text{V}$, en la fase B, volviendo a descender luego ligeramente. Las reducciones obtenidas son comparables con las que se producen mediante

intervenciones en distintas sesiones, como se puso de manifiesto en algunos de los estudios mencionados, aunque debido a las manipulaciones experimentales en dos de los sujetos se hayan observado de nuevo incrementos en el registro.

Los resultados obtenidos para las variables mencionadas están sometidos a las condiciones de aplicación del entrenamiento y, aunque en el sujeto 1 dichas condiciones no se recogen en un modelo, en los sujetos 2 y 3 estas mismas condiciones se reflejan en el modelo ARIMA obtenido. Dichos modelos nos indican, según el coeficiente autorregresivo (AR), que las puntuaciones mantienen o una autocorrelación baja entre ellas, como en el sujeto 2, o bien que no se ha podido establecer ninguna correlación o autocorrelación, como en el sujeto 3. Esto pone de manifiesto que estas puntuaciones no son muy estables, indicando así que el aprendizaje puede no mantenerse. Además, el coeficiente de promedio móvil (MA) obtenido es relativamente elevado en ambos sujetos, 0,88 para el sujeto 2 y 0,75 para el sujeto 3, señalando así que existen una serie de factores inespecíficos no controlados que están afectando al desarrollo de las puntuaciones (Gregson, 1983). Al no estar definidos explícitamente, estos factores afectan a la predicción que pudiera realizarse. Dichos resultados coinciden con los obtenidos en otro estudio anterior (Juárez y Contreras, 1994) y pueden explicar el hecho de que los entrena-

mientos deban ser, en general, tan prolongados.

En relación al nivel de reposo entre los ensayos, se puede observar como éste se va reduciendo durante el entrenamiento para todos los sujetos, exceptuando un ligero incremento para el sujeto 3 en la fase B, aunque dicho incremento no excede los niveles habituales de un músculo en reposo. En general, los tres sujetos consiguen un nivel basal adecuado en reposo. Ya que no se ha dado ninguna instrucción explícita de disminución de nivel en reposo, esto puede querer indicar que o bien el sujeto intenta reducir dicho nivel, incluso en ausencia de instrucciones o bien que el entrenamiento en movimiento pasivo puede tener como efecto adicional la reducción del nivel en reposo. Sin embargo, esto indica también que la jerarquía señalada de entrenamiento en reducción de la espasticidad (DeBacher, 1979; DeBacher y Basmajian, 1977; Krebs, 1987), con una primera fase de entrenamiento en reposo, puede no ser la más adecuada al ponerse de manifiesto que el nivel basal en reposo puede reducirse en forma efectiva durante el entrenamiento en movimiento pasivo.

Finalmente, hay que indicar que en este estudio de las diversas condiciones de realización del entrenamiento en reducción de hipertonía espástica no se han explorado todas las distintas condiciones de interacción que pueden existir entre los distintos factores y que los resultados están sujetos a las dis-

tintas condiciones aplicadas y a los valores utilizados.

CONCLUSIONES

En este estudio se han analizado algunas condiciones de entrenamiento en la reducción de la espasticidad mediante Biorretroalimentación-EMG en una sola sesión. Se ha encontrado que el número de ensayos realizado por sesión puede ser incrementado sin que disminuya el rendimiento en el entrenamiento.

Así mismo, se ha observado que el intervalo entre ensayos afecta a los resultados obtenidos y que en este caso el intervalo puede ser más corto que algunos de los utilizados habitualmente, pero sin ser excesivamente reducido.

También, se ha observado que el entrenamiento puede ser realizado directamente a velocidades elevadas obteniendo buenos resultados, pero que el incremento de velocidad, realizado al pasar de una velocidad determinada a otra mayor, produce una alteración de la tendencia en el aprendizaje incrementando el nivel de registro de la espasticidad y obligando al sujeto a realizar un mayor esfuerzo de control.

De igual forma, se ha observado que el nivel basal en reposo entre ensayos disminuye progresivamente a lo largo del entrenamiento en reducción de hipertonía mediante movimientos pasivos.

Ya que dichos resultados se han obtenido en una sesión de entrenamiento, estas consideraciones conducen a la posibilidad de reducir considerablemente el tiempo de entrenamiento mediante Biorretroalimentación-EMG de la hipertonia espástica.

Referencias Bibliográficas

- Barlow, D. H. y Hersen, M. (1988). *Diseños experimentales de caso único*. Barcelona: Martínez Roca.
- Barraquer Bordás, L. (1976). *Neurología Fundamental*. (3ª ed.). Barcelona: Toray.
- Bobath, B. (1993). *Hemiplejía del adulto: Evaluación y tratamiento*. Buenos Aires: Panamericana.
- Box, G. E. P. y Jenkins, G. M. (1970). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day.
- Box, G. E. P. y Tiao, G. C. (1975). Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *Journal of the American Statistical Associations*. 70, 3, 70-79.
- Cambier, J.; Masson, M. y Dehen, H. (1990). *Manual de Neurología*. (5ª ed.). Barcelona: Masson.
- Carrobbles, J. A. y Godoy, J. (1987). *Biofeedback. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Martínez Roca.
- DeBacher, G. (1979). Biofeedback in spasticity control. En J. V. Basmajian (Ed.): *Biofeedback. Principles and Practices for Clinicians*. (2ª ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.
- DeBacher, G. y Basmajian, J. V. (1977). EMG Feedback Strategies in Rehabilitation of Neuromuscular Disorders. En J. Beatty y H. Legewie (Eds.): *Biofeedback and Behavior*. New York: Plenum Press.
- Fernando, C. y Basmajian, J. V. (1978). Biofeedback in physical medicine and rehabilitation. *Biofeedback and self-regulation*, 3, 4, 435-455
- Glass, G. V.; Willson, V. L. y Gottman, J. M. (1974). *Design and Analysis of Time-Series Experiments*. Boulder: Colorado Associated University Press.
- Gregson, R. A. M. (1983). *Time Series in Psychology*. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Growdon, J. H. y Fink, J. S. (1994). Parálisis y Trastornos de los Movimientos. En K. J. Issebacher, E. Braunwald, J. D. Wilson, J. B. Martin, A. S. Fauci y D. L. Kasper (Eds.): *Harrison. Principios de Medicina Interna*. (13ª ed.). Madrid: Interamericana McGraw-Hill.
- Jiménez, A.; Calzada, M. J. y García, C. (1985). Aplicación de la retroalimentación electromiográfica a las distonías neuromusculares. *Revista Española de Terapia del Comportamiento*, 3, 3, 245-260.
- Juárez, F. y Contreras, F. V. (1994). Biofeedback-EMG y su aplicación en un caso de hipertonia espástica. *Clínica y Salud*, 5, 2, 219-228.
- Krebs, D. E. (1987). Biofeedback in Neuromuscular Re-Education and Gait Training. En M. S. Schwartz (Dir.): *Biofeedback. A practitioner's Guide*. New York: The Guilford Press.
- Lacôte, M., Chevalier, A. M.; Miranda, A.; Bleton, J. P. y Stevenin, P. (1984). *Valoración de la Función Muscular Normal y Patológica*. Barcelona: Massón.
- Levin, M. F. y Hui-Chan, C. (1994). Ankle spasticity is inversely correlated with antagonist

- voluntary contraction in hemiparetic subjects. *Electromyogr-Clin-Neurophysiol.* 34 (7), 415-425.
- Llorca, R. M. (1993). *Biofeedback en el tratamiento de la espasticidad*. Madrid: Universidad Complutense.
- Nash, J.; Neilson, P. D. y O'Dwyer, N. (1989). Reducing spasticity to control muscle contracture of children with cerebral palsy. *Dev-Med-Child-Neurol.* 31, 471-480.
- Neilson, P. D. y McCaughey, J. (1982). Self-regulation of spasm and spasticity in cerebral palsy. *J-Neurol-Neurosurg-Psychiatry.* 45, 320-330.
- Nemec, R. E. y Cohen K. (1984). EMG Biofeedback in the Modification of Hypertonia in Spastic Dysarthria: Case Report. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 65, 103-104
- O'Dwyer, N.; Neilson, P. y Nash, J. (1994). Reduction of spasticity in cerebral palsy using feedback of the tonic stretch reflex: a controlled study. *Dev-Med-Child-Neurol.* 36, 9, 770-786.
- Simón, M. A. (1986). El Biofeedback-EMG en la rehabilitación neuromuscular: Estructura general del tratamiento y papel del terapeuta. *Revista Española de Terapia del Comportamiento.* 4, 303-310.
- Simón, M. A. (1987). Tratamiento experimental de un caso de espasticidad de los flexores del codo con Biofeedback-EMG y Biofeedback Electroquinesiológico. *Revista Española de Terapia del Comportamiento.* 5, 1, 75-82.
- Simón, M. A. (1993). *Psicología de la Salud. Aplicaciones clínicas y estrategias de intervención*. Madrid: Pirámide.
- SPSS Inc. (1990). *SPSS/PC+ Trends*. Chicago: SPSS Inc.
- Sudarsky, L. R. (1991). Parkinsonismo y trastornos del movimiento. En J. M. Stein (Ed.): *Medicina Interna*. Madrid: Salvat Editores.
- Urbano-Márquez, A. y Estruch Riba, R. (1995). Neurología. Generalidades. En C. Rozmán (Dir.): *Farreras-Rozmán. Medicina Interna*. (13ª ed.). Madrid: Mosby-Doyma.