

## **MEJORAR EL CONTROL MOTOR MEDIANTE BIOFEEDBACK**

**Elena Agustino Blázquez**

**(Traducción de: King II, T. I. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C. A. Trombly & M. V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.**

### ***OBJETIVOS DE APRENDIZAJE:***

Después de estudiar este capítulo, el lector será capaz de:

1. Definir Biofeedback (BFB).
2. Conocer el uso del BFB electrogoniométrico y del BFB electromiográfico.
3. Organizar sesiones de tratamiento usando BFB para reclutar o inhibir la actividad muscular.

El aprendizaje motor requiere feedback (FB). Cuando una persona está adquiriendo una nueva habilidad o modificando una habilidad ya adquirida debido a una disfunción física, el FB sensorial optimiza el aprendizaje motor.

Un sistema sensoriomotor intacto recoge FB de muchas fuentes, lo que nos ayuda a refinar el movimiento; como ocurre durante el desarrollo del aprendizaje motor a través de la repetición.

Tenemos muchos sistemas que nos dan FB sensorial: el sistema somatosensorial, el visual, el auditivo y el vestibular. La disfunción física suele lesionar en mayor o menor grado el FB sensorial necesario para facilitar el control y el aprendizaje motor.

Si en una sesión de tratamiento de Terapia Ocupacional (TO) orientado a tareas aumentamos el FB mediante BFB, podemos ayudar al reaprendizaje de habilidades motoras requeridas en el funcionamiento ocupacional.

El término BFB se usa para describir el FB fisiológico externo. Se puede definir como la “técnica que usa aparatos (electrónicos normalmente) para poner de manifiesto eventos fisiológicos internos, normales y anormales, en forma de señales visuales y auditivas, con el fin de enseñar al sujeto a manipular dichos eventos (que en principio son involuntarios e ignorados) mediante la alteración de las señales visualizadas en el aparato” (Basmajian, 1983, p.1).

Los TO pueden usar el BFB para ayudar al paciente a desarrollar habilidades sensoriomotoras específicas y a mejorar el movimiento durante una tarea ocupacional. El BFB motiva al paciente porque le informa del cambio que se produce cuando modifica la posición de una articulación o cuando contrae un músculo. Los componentes esenciales del entrenamiento mediante BFB son:

- Objetivo determinado.
- Instrucciones apropiadas.
- FB de la información.
- Suficiente tiempo y práctica para aprender.

(Shellerberger & Green, 1986)

Además, el paciente debe tener un nivel adecuado de conciencia y funcionamiento cognitivo para participar de forma efectiva en un entrenamiento con BFB.

En 1992 encuesté a 301 clínicas de TO en las cuales se trataban pacientes con disfunción física (King, 1992). El 47% usaban el BFB en el tratamiento. Del resto de clínicas, el 59% dijeron que les gustaría usarlo.

Este capítulo se centra en el BFB electrogoniométrico y en el BFB electromiográfico (EMG). El BFB electrogoniométrico informa al paciente de cambios en la posición articular, y el BFB EMG informa de la actividad muscular o contracción.

### **Glosario**

- *Amplificador diferencial:* Aparato electrónico que aumenta las señales del fenómeno estudiado mientras anula de forma diferencial las señales debidas a artefacto. Se usa en EMG porque sus señales son muy reducidas en comparación con las señales eléctricas ambientales, para las que el cuerpo actúa como antena.
- *Técnicas de facilitación:* Técnicas de estimulación sensorial que se aplican a la piel suprayacente al músculo o músculos que nos interesan para aumentar el reclutamiento de unidades motoras.
- *Afasia global:* Incapacidad total de entender y comunicar palabras escritas o habladas.
- *Meta-análisis:* Revisión estadística de la literatura de estudios relacionados que resume sus resultados de forma cuantitativa, dando una estimación estadística de los efectos del tratamiento estudiado.
- *Unidad motora:* Unidad formada por una motoneurona inferior y todas las fibras musculares que inerva.
- *Estimulación eléctrica neuromuscular (NMES):* Estimulación eléctrica aplicada externamente para activar unidades motoras.
- *Bastón cuatrípode:* Ayuda técnica para caminar que termina en cuatro extremos. Para pacientes que requieren mayor estabilidad que la que les da un bastón estándar de un extremo.
- *Voltímetro:* Aparato electrónico que mide la cantidad de voltaje en un circuito. Dado que la señal EMG es una señal voltaica, se puede usar el voltímetro como un aparato de BFB electromiográfico.

## **ELECTROGONIOMETRÍA**

En un entrenamiento dirigido a incrementar el rango de movimiento o a mejorar los movimientos orientados a una tarea, la electrogoniometría nos da más información que el BFB electromiográfico, ya que el esfuerzo del paciente está directamente ligado al movimiento (Young & Schmidt, 1992). Un goniómetro es un aparato que se usa para evaluar el rango de movimiento, ya que mide los ángulos articulares.

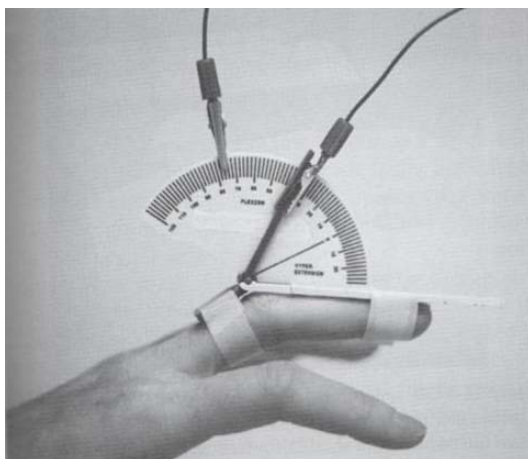
Un electrogoniómetro es un aparato de BFB similar a un goniómetro, pero tiene componentes electrónicos que informan directamente al paciente de las posiciones que toma una articulación durante el movimiento.

Lanz et al. (1999) descubrieron que la electrogoniometría proporciona una medida válida y fiable del rango de movimiento cervical. Usaron un electrogoniómetro para medir el rango de movimiento cervical activo y pasivo, comparando datos test-retest por dos examinadores. Resultó que el electrogoniómetro es un instrumento eficaz y válido, siempre que se utilice siguiendo el protocolo del autor.

### **Instrumentos**

En BFB se usan normalmente dos tipos de electrogoniómetros. El estático da FB auditivo o visual cuando se alcanza un ángulo determinado (FB umbral). El terapeuta determina el ángulo que el paciente debe alcanzar y programa el aparato para que dé FB cuando se alcance dicho ángulo. El FB auditivo puede ser simplemente un timbre y el FB visual una luz. El electrogoniómetro dinámico ofrece FB visual constante, registrando el cambio en el ángulo articular durante el movimiento (FB de movimiento). El FB visual normalmente se obtiene gracias a un monitor de ordenador, en el que el paciente puede ver el trazado de una línea gráfica que representa el ángulo de la articulación.

Es fácil fabricar un electrogoniómetro estático a partir de un goniómetro convencional, adaptándolo para que dé una señal auditiva o visual cuando alcanza un ángulo determinado. En la figura 25-1, se ve un goniómetro de dedos que se ha modificado poniéndole pinzas de cocodrilo en el brazo móvil y en el brazo estático. Cuando el paciente extiende la articulación falángica hasta el ángulo umbral determinado por la posición de la pinza en la escala, ésta hace contacto con la pinza del brazo móvil, cerrándose el circuito.

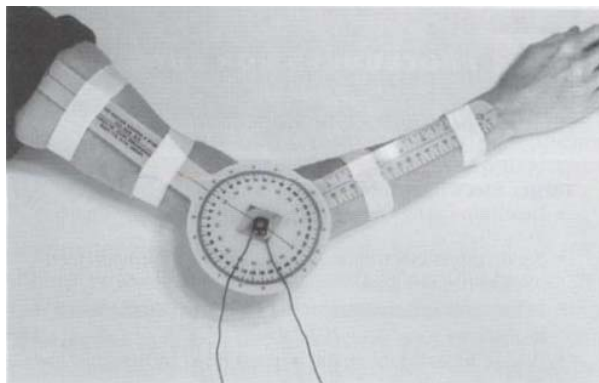


**Fig. 1.** Electrogoniómetro estático de dedos fabricado por el terapeuta. Adaptado de King II, T. I.. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

Estas pinzas se conectan fácilmente mediante cables a un circuito que funcione con batería fabricado por el terapeuta. Cuando se tocan, cerrando el circuito, se activa una luz (FB visual) o un timbre (FB auditivo). Se han publicado varios circuitos de este tipo (Brown et al., 1979; Cohen, 1983). Koheil y Mandell (1980) demostraron la eficacia de la aplicación del BFB electrogoniométrico para registrar la posición de la articulación de la rodilla durante el entrenamiento de la marcha. El aparato de BFB permitió la selección de dos límites, de manera que se podía escuchar un sonido cuando la articulación alcanzaba el límite de flexión o el límite de extensión. Presentaron el caso de una mujer de 53 años que había sufrido un ACV; Al final del entrenamiento con BFB el *genum recurvatum* de la paciente había mejorado, y era capaz de pasar de tener que utilizar un bastón cuatrípode a poder usar un bastón normal.

El electrogoniómetro dinámico debe ofrecer FB continuo a medida que el ángulo articular cambia durante el movimiento. Para ello, hay que aplicar un potenciómetro a la bisagra del goniómetro (Fig. 25-2). Como potenciómetro, se usa normalmente un interruptor que regula una luz fija. A medida que el interruptor rota, llega más o menos voltaje a la luz, causando un incremento o un descenso en la intensidad. De forma similar, un electrogoniómetro dinámico proporciona más o menos voltaje al circuito en el que se encuentra el ángulo articular.

Se puede fabricar un electrogoniómetro dinámico simple aplicando un potenciómetro de bajo voltaje a la bisagra de un goniómetro, y unido todo ello con cables a un circuito hecho por el terapeuta que incluye un voltímetro. El voltaje de salida del circuito, recogido por el voltímetro, es directamente proporcional al ángulo articular. Si es posible, es preferible que el electrogoniómetro dinámico represente en un monitor una señal en forma de onda que indique el ángulo articular y su velocidad de cambio.



**Fig. 2.** Electrogoniómetro dinámico de codo fabricado a partir de un goniómetro estándar. Adaptado de King II, T. I. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

### ***Aplicaciones al tratamiento***

El FB con umbral, utilizando un electrogoniómetro estático, se usa si el objetivo es incrementar el rango de movimiento (Box 25-1). Podemos aplicar el electrogoniómetro al paciente mediante un vendaje con tape o con tiras de velcro. Después de determinar, con un goniómetro convencional, la línea base máxima del rango activo del movimiento deseado, se ajusta en ese ángulo el umbral de FB del electrogoniómetro. Por ejemplo, en la Figura 25-1 la pinza del brazo estático se posiciona para que haga contacto con la pinza del brazo móvil cuando se alcance el ángulo umbral. Durante la sesión, el ángulo umbral se va aumentando gradualmente a medida que el paciente consigue mayor movimiento. Aunque se puede pedir al paciente que simplemente mueva en la dirección deseada, es preferible añadir *propósito* al movimiento, como por ejemplo alcanzar objetos. El terapeuta debe observar y guiar al paciente para evitar movimientos sustitutorios y para aislar el movimiento deseado tanto como sea posible. Se pueden usar técnicas de facilitación para asistir al movimiento. Inicialmente, la sesión debe durar sólo de 10 a 15 minutos y debe ser regulada por el propio paciente.

El FB de movimiento producido por un electrogoniómetro dinámico se utiliza para mejorar la velocidad y la dirección del movimiento (Box 25-1). También en este caso, el electrogoniómetro se puede ajustar al paciente mediante tape o velcro. En la Figura 25-2 se ha colocado un electrogoniómetro en la articulación del codo; en la bisagra del goniómetro se ha montado un potenciómetro de bajo voltaje para registrar el movimiento, mediante la medida del cambio en la resistencia en un circuito con batería, monitorizándose en forma de onda. Este tipo de terapia es especialmente útil en el tratamiento de pacientes con espasticidad, ataxia, temblor de intención o pérdida de propiocepción. Normalmente, al principio el terapeuta mueve de forma pasiva la extremidad del paciente para grabar en el sistema el cambio de la articulación en la dirección y velocidad deseadas. Después el paciente, utilizando este registro, practica repetidamente para alcanzar la misma señal. Al igual que en el FB estático, se sugiere empezar por una sesión de entre 10 y 15 minutos regulada por el paciente.

Greenberg y Fowler (1980) aplicaron el FB de movimiento usando un electrogoniómetro dinámico para mejorar el rango articular del codo en pacientes con hemiplejía después de haber sufrido un ictus, y demostraron su capacidad para incrementar el rango activo de movimiento. Se asignaron al azar veinte sujetos al grupo de tratamiento con BFB electrogoniométrico o al grupo control sin BFB. Cuando los

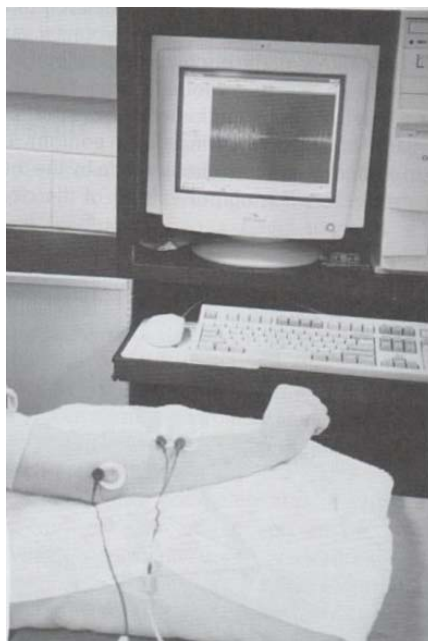
sujetos alcanzaban la amplitud deseada, se activaba una luz. Los resultados indicaron que el tratamiento con BFB fue más efectivo que el tratamiento convencional.

#### **Box 25-1: Biofeedback de movimiento**

- *Electrogoniometría con umbral*
  - Determinar el máximo rango articular activo para el movimiento deseado.
  - Preparar el electrogoniómetro para que dé FB cuando se alcance el umbral deseado.
  - El paciente repite el movimiento prescrito por el terapeuta durante 10-15 min.
  - El ángulo umbral se debe aumentar durante la sesión a medida que el paciente mejora.
- *Electrogoniometría de movimiento*
  - Preparar el electrogoniómetro para que registre la articulación deseada.
  - Mover pasivamente la extremidad del paciente para registrar la señal. Poner atención tanto a la velocidad como a la amplitud del movimiento. Empezar por un nivel que el paciente pueda alcanzar.
  - El paciente intenta repetir la señal producida por el movimiento pasivo.
  - El paciente repite el movimiento prescrito por el terapeuta durante 10-15 minutos.
  - A medida que el paciente consigue repetir la señal, cambiar ésta para aumentar la amplitud del movimiento, la velocidad del movimiento, o ambos.

### **ELECTROMIOGRAFÍA (EMG)**

La EMG es un registro de la actividad eléctrica producida por las fibras musculares de unidades motoras activadas (Herrington, 1996). La EMG fue desarrollada inicialmente para valorar la actividad muscular en casos de polio o ictus y a partir de entonces se ha ido ampliando su uso. En la Figura 25-3 se puede ver un equipo básico para tratamiento.

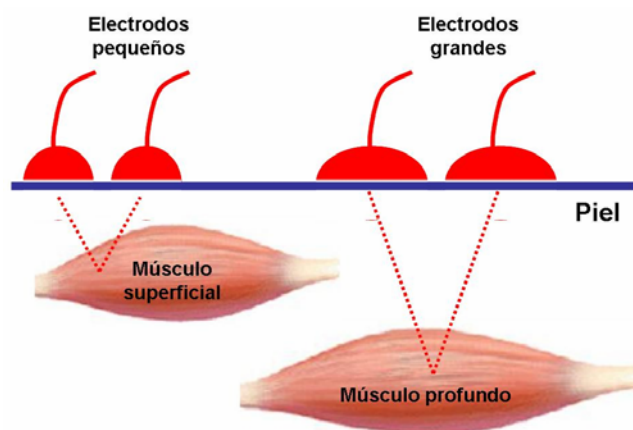


**Fig. 3.** Biofeedback EMG para la extensión de muñeca. Observar que el electrodo de tierra se encuentra sobre un área no muscular. El feedback que el paciente está observando es la señal electromiográfica sin refinar, que puede variar desde un output completo (actividad extensora completa) a output cero (no actividad). Adaptado de King II, T. I.. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

### **Instrumentos**

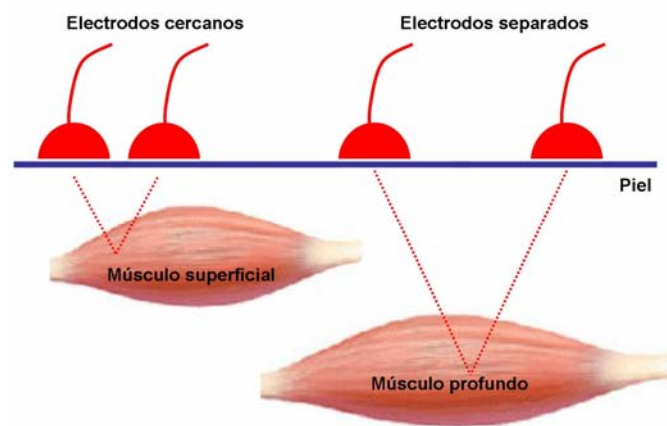
Cuando un músculo se contrae, las unidades motoras generan una señal eléctrica. La señal EMG refleja el nº y tamaño de las unidades motoras contraídas. Esta actividad eléctrica se puede medir con electrodos de aguja o de superficie. Los electrodos de aguja penetran en la piel y pueden colocarse cerca de las unidades motoras. Se utilizan cuando lo que se desea medir es un músculo específico, pequeño o profundo. Los electrodos de superficie se colocan sobre la piel suprayacente al músculo que se quiere medir. A pesar de ser menos sensibles, se usan más los electrodos de superficie, por su relativo mayor confort y no invasividad. Ordinariamente, un dispositivo de BFB por EMG consiste en una unidad central a la cual se conectan los cables de los electrodos para el procesamiento de la señal. La unidad central tiene controles para permitir al terapeuta seleccionar parámetros tales como los umbrales y el tipo de señal de salida. Ésta puede provenir de la unidad central o de un mecanismo periférico conectado a ella, como un monitor de ordenador. Una unidad EMG de BFB normalmente da las lecturas en microvoltios o millonésimas de voltio.

Antes de la aplicación de los electrodos se debe limpiar la piel de suciedad, grasa, maquillaje y células muertas, que impiden la transmisión de las señales eléctricas. Debemos usar un algodón con alcohol, e incluso algunos fabricantes recomiendan utilizar un limpiador de piel abrasivo. Indicamos algunos tipos de electrodos reutilizables y desechables (ver Recursos). La mayoría son autoadhesivos, pero algunos requieren tape para mantenerlos fijos. Con todos es necesario utilizar un gel o crema conductor para que la conexión entre la piel y el electrodo sea uniforme. Muchos electrodos se comercializan con el gel ya aplicado. El tamaño determina el área en la que se aplica el electrodo, así que los electrodos más reducidos se deben usar para los músculos más pequeños (Fig. 25-4). Además, los electrodos separados por una distancia amplia recogen señales provenientes no sólo de una superficie considerable, sino también señales de los músculos más profundos. Por otro lado, los electrodos separados por una distancia pequeña recogen señales provenientes no sólo de una superficie considerable, sino también señales de los músculos más profundos. Por otro lado, los electrodos separados por una distancia pequeña recogen señales eléctricas más específicas y superficiales (Fig. 25-5).



**Fig. 25-4.** Áreas receptoras de electrodos de distintos tamaños. Adaptado de King II, T. I. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

El ambiente contiene energía eléctrica proveniente de muchas fuentes, tales como cables de tensión, luces y aparatos eléctricos. El tejido humano recoge esta energía ambiental, o ruido, y la transmite a los electrodos EMG. La señal EMG es muy pequeña comparada con esas señales ambientales, por lo tanto, los aparatos EMG deben estar diseñados para eliminar la energía de las fuentes ambientales y mostrar sólo las señales eléctricas relacionadas con la actividad de la unidad motora. Para ello, los aparatos EMG usan amplificadores diferenciales y filtros eléctricos. Se utilizan dos electrodos, ya que el voltaje es la diferencia potencial en carga eléctrica entre dos puntos. Además, para eliminar el ruido eléctrico ambiental, también se utiliza un electrodo de tierra. Para medir la actividad muscular, los electrodos se colocan longitudinalmente sobre el vientre del músculo, y el electrodo de tierra se pone en cualquier otra parte del cuerpo, preferentemente sobre una prominencia ósea, de la que no se recoge actividad muscular (Trombly & Tries, 1995).



**Fig. 25-5.** Área receptora de dos parejas de electrodos según su separación. Adaptado de King II, T. I. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

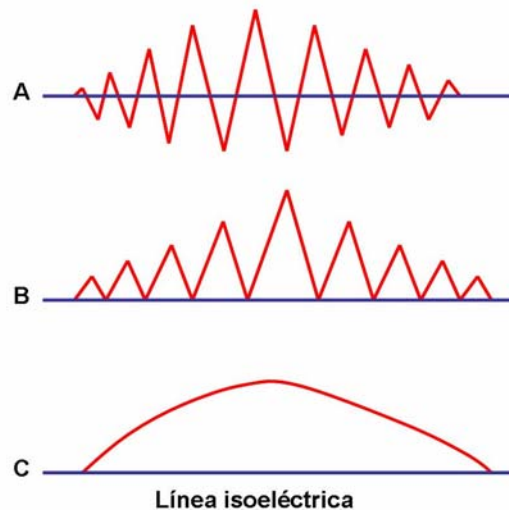
El electrodo de tierra recoge el ruido eléctrico ambiental, no señales del músculo. Si el músculo subyacente a los dos electrodos activos está en reposo, sólo recogen ruido ambiental, que se compara con el electrodo de tierra. En este caso, el amplificador diferencial elimina las señales del ambiente, ya que se reciben igual que la información recogida por el electrodo de tierra, de manera que la lectura resultante es igual a cero.

Si el músculo se contrae, cada electrodo recibe una señal eléctrica ligeramente diferente, debido a las dos localizaciones distintas sobre el vientre muscular. Como resultado, el amplificador diferencial elimina otra vez las señales ambientales, porque son iguales a las recogidas por el electrodo de tierra, pero amplifica la diferencia detectada entre los dos electrodos activos, que representa la actividad de la unidad motora del músculo (Trombly & Tries, 1995). Así pues, el uso de un electrodo de tierra y de los filtros eléctricos de la unidad EMG produce una señal que indica sólo la actividad del músculo. Cuando éste se encuentra en reposo, no se genera señal eléctrica, mientras que a medida que se reclutan más unidades motoras se genera una señal mayor.

La señal EMG sin procesar recibida de un músculo contraído es una señal de corriente alterna (CA). Gráficamente, este tipo de señal se representa por una alternancia entre cada lado de la línea isoelectrónica o “carga cero” (Fig. 25-6 A). Esto no es muy útil para

los objetivos del BFB, así que los aparatos EMG rectifican y alisan la señal. Para ello, primero transforma la señal CA en una señal de corriente directa (CD), lo que se representa gráficamente a un lado de la línea isoeletrica (Fig. 25-6 B). Finalmente, la unidad EMG hace pasar la señal a través de un filtro, dando como resultado gráfico una línea lisa cuya altura es proporcional al nivel de actividad muscular (Fig. 25-6 C). Esta señal se puede usar como FB visual por el paciente y por el terapeuta.

Podemos incorporar FB auditivo en la sesión de tratamiento; normalmente se utiliza para las señales de umbral. Se puede activar cuando la lectura EMG sobrepasa el valor del umbral para el entrenamiento de la fuerza y se puede desactivar cuando la lectura EMG cae por debajo del umbral para el entrenamiento en relajación.



**Fig 25-6.** Señales EMG. **A.** Señal sin refinar. **B.** Señal rectificada. **C.** Señal alisada. Adaptado de King II, T. I. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

### ***Aplicaciones al tratamiento***

Los TO utilizan la EMG para tratar pacientes con diversas dolencias, como el dolor lumbar (Strong et al., 1989), el trauma acumulativo (Reynolds, 1994), TCE (Lysaght & Bodenhamer, 1990), calambre del escritor (O'Neill et al., 1997), desarticulación de hombro (Canelon, 1993), ataxia (Guercio et al., 1997) y ACV (Crow et al., 1989; Wolf et al., 1989). Las aplicaciones en el tratamiento de la EMG que se explican en este capítulo son: reeducación y fortalecimiento muscular, disminución de la espasticidad y control de la incontinencia urinaria. El caso que se presenta muestra el uso del FB para recuperar el control del hombro después de un ACV.

#### ***1. Reeducación y fortalecimiento muscular***

El BFB EMG se utiliza para reeducar músculos débiles o flácidos y para fortalecerlos (Asfour et al., 1990; Brucker & Bulaeva, 1996; Morrison, 1988; Reid, Saboe & Chepeha, 1996) (Box 25-2). Al principio se deben usar electrodos grandes, separándolos para recoger cualquier señal emitida por el músculo debilitado. A medida que el paciente mejora, los electrodos deben ser cada vez más pequeños y la distancia que los separa debe ser cada vez menor. Normalmente se selecciona un umbral auditivo que sepamos que el paciente puede alcanzar. Ese umbral se programa ajustando el

output microvoltaico de la unidad EMG a la actividad del músculo que se requiere para disparar el FB auditivo o visual. Durante la sesión de tratamiento, se va elevando el umbral a medida que el paciente aumenta la fuerza de la contracción. Tan pronto como sea posible se debe ir retirando el BFB, incorporando el movimiento o la fuerza conseguida a la realización de actividades propositivas. Durante la sesión de BFB EMG, se pueden emplear técnicas de facilitación para estimular la actividad inicial de la unidad motora o para incrementar su reclutamiento.

La **Estimulación Eléctrica Neuromuscular (NMES)** se emplea frecuentemente en combinación con el BFB EMG. Existen unidades duales (EMG con NMES) que permiten la activación mediante NMES de unidades motoras adicionales cuando el paciente alcanza un umbral EMG específico durante el reclutamiento inicial. De esta forma, la contracción muscular alcanza “niveles normales” una vez que es iniciada por el paciente.

**Box 25-2: Procedimientos. Sesión de BFB EMG para la reeducación muscular.**

- Empezar con electrodos grandes, dispuestos separadamente sobre el vientre muscular.
- Programar un umbral alcanzable.
- Durante la sesión de tratamiento, de 10 a 15 minutos, el paciente contrae voluntariamente el músculo para alcanzar el nivel umbral.
- Cuando sea posible, incorporar actividades propositivas para facilitar la actividad muscular deseada.
- Ir elevando gradualmente el umbral durante la sesión para forzar al paciente a que contraiga el músculo con más fuerza.

Después de revisar la literatura existente, no encontré estudios específicos que indicasen que el BFB EMG hace recuperar mayor movimiento funcional que las formas convencionales de terapia en pacientes con hemiplejia tras haber sufrido un ictus (King,1994). Por otro lado, Moreland y Thomson (1994) realizaron un meta-análisis de la literatura entre 1976 y 1992 para analizar la eficacia del BFB EMG comparado con la terapia convencional para trabajar la función del MS en pacientes que han sufrido un ictus. No encontraron superioridad concluyente de ningún tipo de terapia, aunque ambas eran efectivas. Otro meta-análisis de la literatura de entre 1976 y 1995 realizado por Moreland et al.(1998) compara la eficacia del BFB EMG con la de la terapia convencional para la función de los MMII, en pacientes que han sufrido un ictus; los resultados indicaban que el BFB EMG era ligeramente mejor que sólo la terapia convencional, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Estos meta-análisis indican que el BFB tiene una eficacia al menos igual que los tratamientos convencionales, y que se necesita realizar más estudios.

**2. Disminuir la espasticidad**

Utilizar el BFB EMG para disminuir la espasticidad es casi hacer lo contrario que usarlo para fortalecer (Box 25-3). Al principio los electrodos deben ser pequeños y estar situados próximos entre sí, para facilitar que el paciente pueda reducir la señal. A medida que el paciente mejora, el tamaño de los electrodos debe ir aumentando, al igual que la distancia que los separa (sin salirse de los límites del músculo diana). Se selecciona un umbral alcanzable, de manera que cuando se alcanza, cesa una señal auditiva, indicando que el músculo ha conseguido reducir la señal eléctrica por debajo del umbral. Éste se programa ajustando el output microvoltaico de la unidad EMG a la reducción deseada de la actividad del músculo.

### **Box 25-3. Sesión de BFB EMG para disminuir la espasticidad.**

- Empezar con electrodos pequeños y próximos entre sí.
- Seleccionar inicialmente un umbral alcanzable.
- Posicionar la extremidad en un punto medio, manteniendo el ambiente libre de distracciones.
- Durante una sesión de 10 a 15 minutos, el paciente intenta mantener la relajación del músculo por debajo del nivel umbral.
- Gradualmente, se va disminuyendo el umbral a medida que el paciente aprende a relajar el músculo.
- En sesiones siguientes, se le pide al paciente que mantenga la relajación del músculo espástico mientras contrae el grupo antagonista.

Se pide al paciente que se relaje; es importante proporcionar un ambiente tranquilo, haciendo incluso que el paciente utilice técnicas de relajación.

Inicialmente, el paciente intenta mantener la relajación del músculo, que se encuentra contraído; en las siguientes sesiones se pide al paciente que mantenga la relajación del músculo espástico mientras realiza actividades que requieren esfuerzo cognitivo y finalmente mientras contrae el grupo antagonista.

A medida que el paciente mantiene la relajación del músculo espástico, se debe ir disminuyendo el uso del BFB EMG, para finalmente ir retirándolo del tratamiento. Kelly et al. (1979) publicaron protocolos específicos para el tratamiento de la espasticidad en MMSS de pacientes con hemiparesia post-ictus. Su planteamiento consistía en reducir la hiperactividad de la musculatura espástica, y después incrementar la actividad de los músculos débiles.

Crow et al. (1989) hicieron un estudio sobre la efectividad del BFB EMG en la normalización del tono después de un ictus (ver Artículo de Investigación). También se ha empleado el BFB EMG para evaluar la espasticidad mediante el registro de la actividad de músculos espásticos (Skold et al., 1998). En este estudio se encontró que el output EMG se correlacionaba de forma significativa con las medidas de espasticidad en pacientes tetraplégicos obtenidas con la escala de Ashworth modificada.

### **3. *Incontinencia urinaria***

La incontinencia urinaria es una disfunción habitual en ancianos. Muchos terapeutas han empleado con éxito el BFB EMG en su tratamiento (Engberg et al., 1997; Jackson et al., 1996; Mathewson-Chapman, 1997; Tries, 1990). Tal como se ha descrito anteriormente en la aplicación al fortalecimiento de músculos, la incontinencia urinaria se puede tratar ayudando al paciente para que consiga mejorar el control de los músculos del suelo pélvico. En mujeres se utiliza normalmente un sensor EMG vaginal para monitorizar la actividad de los músculos periuretrales. En los hombres se introduce el sensor en el recto para monitorizar la actividad de los músculos perianales. Muchas personas con incontinencia urinaria necesitan entrenamiento con BFB para mejorar la relajación de los músculos del suelo pélvico en el momento apropiado, y para aprender a contraerlos adecuadamente para prevenir el vaciamiento prematuro de la vejiga urinaria.

---

## CASO

### Señora K.: Recuperar el control de hombro después de un ACV

#### 1) *Información de la paciente*

La señora K. es una mujer de 27 años que hace un mes sufrió un ACV (oclusión de la arteria cerebral media izquierda). Ella y su marido viven solos. Trabajaba a tiempo completo en la biblioteca local. Su marido trabaja, también a tiempo completo, como operario en una fábrica local. La señora K. participó en un programa ambulante de TO, identificándose los siguientes problemas en la valoración inicial: (1) capacidad disminuida para realizar las actividades de autocuidado; (2) movilidad reducida, requiriendo el uso de una silla de ruedas; (3) control en sedestación disminuido; (4) control voluntario disminuido de la extremidad superior derecha, manifestado por una incapacidad para realizar alcances hacia delante y hacia arriba; y (5) afasia global.

#### 2) *Recomendaciones*

El TO recomendó a la paciente tres sesiones de 45 minutos a la semana, durante cuatro semanas. En colaboración con la señora K. y su marido, el TO estableció los siguientes objetivos a largo plazo: (1) La señora K. realizará de forma independiente algunas actividades de autocuidado ligeras, usando el MS afecto, tales como cepillarse los dientes, lavarse la cara y el vestido de la parte inferior del cuerpo; (2) La señora K. será capaz de sentarse de forma independiente y segura en una silla con reposabrazos; y (3) La señora K. será capaz de controlar el movimiento del hombro derecho durante las actividades funcionales.

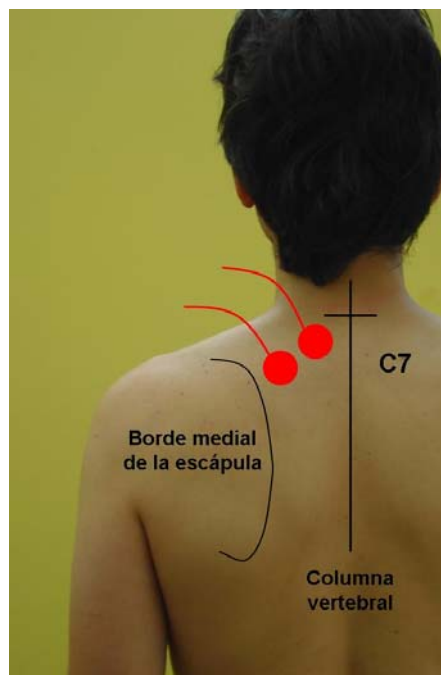
#### 3) *Objetivo a corto plazo de controlar el movimiento del hombro derecho.*

*La señora K. será capaz de controlar la flexión aislada del hombro afecto hasta 90 grados.* La disminución del control voluntario del MS afecto limitaba la capacidad de la señora K. para usarlo en actividades funcionales como el autocuidado. Como es frecuente observar tras un ACV, la señora K. presentaba un patrón sinérgico flexor en el MS, manifestado por un incremento de tono en el trapecio superior y en el pectoral mayor, y una debilidad en el serrato anterior y deltoides anterior. Para trabajar la readquisición de movimiento aislado en el hombro, el terapeuta incorporó el BFB EMG en el programa de tratamiento. A pesar de que la paciente sufría afasia global el terapeuta se podía comunicar con ella de forma no verbal para darle las instrucciones durante la sesión. Se utilizó FB auditivo.

Inicialmente, se colocaron los electrodos en el trapecio superior (Fig. 25-7) y en el pectoral mayor, utilizando un protocolo de BFB EMG para disminuir el tono (Box 25-3).

Se usaron dos canales EMG, monitorizando los dos músculos simultáneamente, con dos parejas de electrodos. El aparato de BFB recibía las señales de ambos músculos y las procesaba de manera que sólo cuando los dos músculos se relajaban la paciente recibía el FB de refuerzo. Durante la 1ª semana, el objetivo fue mantener la relajación en ambos músculos mientras la paciente flexionaba el MS sano e intentaba flexionar el afecto. Durante la 2ª semana, se colocaron los electrodos en el serrato anterior, el cual rota la escápula hacia arriba con protracción. El BFB ayudó al fortalecimiento del músculo, mientras la paciente realizaba una actividad para protraer el hombro (movía el brazo hacia delante,

colocándolo sobre una mesa con el hombro flexionado 90 grados. En las sesiones de la 3ª semana, se trabajó el deltoides anterior usando el BFB para ayudar a la flexión de hombro. Se utilizó otra vez BFB EMG dual para estimular simultáneamente la actividad del serrato anterior y del deltoides anterior (protracción y flexión de hombro). Igual que antes, sólo se reforzó la actividad simultánea. Como el movimiento voluntario mejoró bastante durante la 3ª semana, se incorporaron al tratamiento las actividades de autocuidado, utilizándose el BFB de forma discontinua. Se desarrolló un programa para casa que continuaba el ejercicio activo en el MS derecho y el uso de éste en el autocuidado.



**Fig. 25-7.** Ubicación de los electrodos activos para Biofeedback electromiográfico del trapecio superior. Adaptado de King II, T. I. (2002). *Optimizing Motor Control Using Biofeedback*. En C.A. Trombly & M.V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.

#### 4) Revisión del objetivo

*La señora K. usará el MS derecho para realizar las actividades de autocuidado de forma independiente.*

#### **Razonamiento clínico en la práctica de la TO: BFB aplicado al reaprendizaje para combinar la flexión de hombro con la extensión de codo.**

A pesar de que la señora K. podía flexionar de forma voluntaria el hombro, cuando intentaba proyectar el brazo hacia delante su codo se flexionaba sinérgicamente. ¿Cómo estructurarías el tratamiento con BFB para ayudarla a recuperar la capacidad de extender el codo mientras flexiona o abduce el hombro?. Describe una sesión utilizando BFB EMG, incluyendo: tamaño y localización de electrodos, umbrales seleccionados, FB auditivo o visual, y qué ejercicios o actividades se podrían hacer durante el entrenamiento. Describe una sesión usando una combinación de BFB EMG y electrogoniométrico.

---

### **Artículo de investigación: La efectividad del BFB EMG en el tratamiento de la función del brazo tras un ictus.**

Crow, J.L., Lincoln, N.B., Nouri, F.M. & DeWeerd, W. (1989). *International Disability Studies*, 11, 155-160.

#### *Resumen*

Se estudiaron cuarenta y dos pacientes diagnosticados de ictus para determinar la eficacia del BFB EMG en el tratamiento de la función del MS. Los pacientes habían sufrido el ictus hacía 2-8 semanas, y fueron repartidos al azar en un grupo que recibía BFB EMG y en un grupo control que además recibía su terapia convencional. En el grupo control, se conectó la unidad EMG pero se apagó el FB auditivo, y los pacientes no podían ver el voltímetro para el FB visual.

El estudio no encontró diferencias significativas entre ambos grupos antes del tratamiento, pero aquellos que recibieron BFB obtuvieron mejores puntuaciones, significativamente superiores, en pruebas de funcionalidad de MS después del tratamiento que los pacientes del grupo control. Después de seis semanas de tratamiento, la diferencia entre los dos grupos fue estadísticamente significativa ( $p < .05$ ), utilizando el Test U Mann Whitney de una vía para comparar las puntuaciones del Actino Research Arm Test.

#### **Implicaciones para la práctica**

Los TO deben utilizar técnicas de tratamiento que ayuden a recuperar la función del MS tras un ictus, ya que es fundamental para realizar actividades funcionales. El resultado de este estudio apoya la validez del BFB EMG como modalidad para incrementar la función de la extremidad superior.

---

#### **Preguntas de repaso**

1. Define biofeedback, biofeedback electrogoniométrico y biofeedback electromiográfico.
  2. ¿Para qué podría utilizar un terapeuta ocupacional el biofeedback?
  3. Describe el procedimiento con biofeedback electrogoniométrico para aumentar el rango de movimiento.
  4. ¿Qué representa la señal EMG?
  5. ¿Qué factores hay que tener en cuenta para seleccionar y posicionar los electrodos para biofeedback EMG?
  6. ¿Cuál es la función del tercer electrodo que se usa en biofeedback EMG?
  7. Describe el procedimiento con biofeedback EMG para reeducar un músculo débil.
  8. Describe cómo se debería organizar una sesión de tratamiento de un paciente que ha sufrido un ictus para mejorar la protracción de hombro.
- 

#### **Recursos**

##### *Distribuidores de Equipamiento Biofeedback y materiales*

Aleph One Limited – The Old Courthouse, Bottisham, Cambridge, UK CB5 9BA

[www.aleph1.co.uk](http://www.aleph1.co.uk)

(equipos de biofeedback)

Bio-Medical Instruments, Inc. 2387 East Eight Mile Rd., Warren, MI 18091-2486

[www.bio-medical.com](http://www.bio-medical.com)

(equipos de biofeedback, electrodos)

Biometrics Ltd. P. O. Box 340, Ladysmith, VA 22501

[www.biometricsltd.com](http://www.biometricsltd.com)

(electrogoniómetros)

Empi Inc. 599 Cardigan Road, St. Paul, MN 55126-4099

[www.empi.com](http://www.empi.com)

(unidades de estimulación eléctrica neuromuscular, electrodos)

J&J Engineering, Inc. 22797 Holgar Ct. NE, Poulsbo, WA 98370

[www.jjengineering.com](http://www.jjengineering.com)

(equipos de biofeedback)

Masters Medical. 12-18 Victoria Street East, Unit 7, Lidcombe NSW 2141, Sydney, Australia

[www.masters.com.au](http://www.masters.com.au)

(equipos de biofeedback, unidades de estimulación eléctrica neuromuscular y electrodos)

Nexgen Ergonomics Inc. 3400 de Maisonneuve Blvd.. W., Suite 1430, Montreal, Quebec, Canada H3Z 3B8

[www.nexgenergo.com](http://www.nexgenergo.com)

(equipos de biofeedback y electrogoniómetros)

Thought Technology Ltd. 2180 Belgrave Ave., Montreal, Quebec, Canada H4A 2L8

[www.thoughttechnology.com](http://www.thoughttechnology.com)

(equipos de biofeedback y electrodos)

*Equipos de BFB en España: (Nota de la traductora)*

[www.lacasadelfisio.com](http://www.lacasadelfisio.com)

Helios Electromedicina

SANRO

### **Referencias**

- Asfour, S. S., Khalil, T.M., Waly, S.M., Goldberg, M.L., Rosomoff, R.S. & Rosomoff, H.L. (1990). Biofeedback in back muscle strengthening. *Spine*, 15, 510-513.
- Basmajian, J.V. (1983). *Biofeedback: Principles and practice for clinicians* (2<sup>nd</sup> ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Brown, D.M., DeBacher, G. & Basmajian, J.V. (1979). Feedback goniometers for hand rehabilitation. *American Journal of Occupational Therapy*, 33, 458-463.
- Brucker, B.S. & Bulaeva, N.V. (1996). Biofeedback effect on electromyography responses in patients with spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 133-137.
- Canelon, M.F. (1993). Training for a patient with shoulder disarticulation. *American Journal of Occupational Therapy*, 47, 174-178.
- Cohen, B.A. (1983). Basic biofeedback electronics for the clinician. In J.V. Basmajian (Ed.), *Biofeedback: Principles and Practice for Clinicians* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 317-329). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Crow, J.L., Lincoln, N.B., Nouri, F.M. & DeWeerd, W. (1989). The effectiveness of EMG biofeedback in the treatment of arm function after stroke. *International Disability Studies*, 11, 155-160.
- Engberg, S., McDowell, B.J., Donovan, N., Brodak, I. & Weber, E. (1997). Treatment of urinary incontinence in homebound older adults: Interface between research and practice. *Ostomy/Wound Management*, 43, 18-26.
- Greenberg, S. & Fowler, R.S. (1980). Kinesthetic biofeedback: A treatment modality for elbow range of motion in hemiplegia. *American Journal of Occupational Therapy*, 34, 738-743.
- Guercio, J., Chittum, R. & McMorrow, M. (1997). Self-management in the treatment of ataxia: A case study in reducing ataxic tremor through relaxation and biofeedback. *Brain Injury*, 11, 353-362.
- Herrington, L. (1996). EMG biofeedback: What can it actually show? *Physiotherapy*, 82, 581-583.
- Jackson, J., Emerson, L., Johnston, B., Wilson, J. & Morales, A. (1996). Biofeedback: A noninvasive treatment for incontinence after radical prostatectomy. *Urologic Nursing*, 16, 50-54.
- Kelly, J.L., Baker, M.P. & Wolf, S.L. (1979). Procedures for EMG biofeedback training in involved upper extremities of hemiplegic patients. *Physical Therapy*, 59, 1500-1507.
- King, T.I. (1992). Biofeedback: A survey regarding current clinical use and content in occupational therapy educational curricula. *Occupational Therapy Journal of Research*, 12, 51-57.
- King, T.I. (1994). Electromyographic biofeedback treatment in hemiplegia. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*, 6, 259-272.
- Koheil, R. & Mandel, A.R. (1980). Joint position feedback facilitation of physical therapy in gait training. *American Journal of Physical Medicine*, 59, 288-297.
- Lantz, C.A., Chen, J. & Buch, D. (1999). Clinical validity and stability of active and passive cervical range of motion with regard to unilateral uniplanar motion. *Spine*, 24, 1082-1089.
- Lysaght, R. & Bodenhamer, E. (1990). The use of relaxation training to enhance functional outcomes in adults with traumatic head injuries. *American Journal of Occupational Therapy*, 44, 797-802.
- Mathewson-Chapman, M. (1997). Pelvic muscle exercise/biofeedback for urinary incontinence after prostatectomy: An education program. *Journal of Cancer Education*, 12, 218-223.
- Morrison, S.A. (1988). Biofeedback to facilitate unassisted ventilation in individuals with high-level quadriplegia. *Physical Therapy*, 68, 1378-1380.
- Moreland, J. & Thomson, M.A. (1994). Efficacy of electromyographic biofeedback compared with conventional physical therapy for upper-extremity function in patients following stroke: A research overview and meta-analysis. *Physical Therapy*, 74, 534-543.

- Moreland, J.D., Thomson, M.A. & Fuoco, A.R. (1998). Electromyographic biofeedback to improve lower extremity function after stroke: A meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79, 134-140.
- O'Neill, M.E., Gwinn, K.A. & Adler, C.H. (1997). Biofeedback for writer's cramp. *American Journal of Occupational Therapy*, 51, 605-607.
- Reid, D.C., Saboe, L.A. & Chepeha, J.C. (1996). Anterior shoulder instability in athletes: Comparison of isokinetic resistance exercises and an electromyographic biofeedback re-education program – a pilot program. *Physiotherapy Canada*, 48, 251-256.
- Reynolds, C. (1994). Electromyographic biofeedback evaluation of a computer keyboard operator with cumulative trauma disorder. *Journal of Hand Therapy*, 7, 25-27.
- Skold, C., Harms, R.K., Hultling, C., Levi, R. & Seiger, A. (1998). Simultaneous Ashworth measurements and electromyographic recordings in tetraplegic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79, 959-965.
- Shellenberger, R. & Green, J.A. (1986). *From the Ghost in the Box to Successful Biofeedback Training*. Greeley, CO: Health Psychology.
- Strong, J., Cramond, T. & Mass, F. (1989). The effectiveness of relaxation techniques with patients who have chronic low back pain. *Occupational Therapy Journal of Research*, 9, 184-192.
- Schwartz, M.S. (1987). *Biofeedback: A practitioner's guide*. New York: Guilford.
- Tries, J. (1990). Kegel exercises enhanced by biofeedback. *Journal of Enterostomal Therapy*, 17, 67-76.
- Trombly, C.A. & Tries, J. (1995). Biofeedback. In C.A. Trombly (Ed.). *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (4<sup>th</sup> ed., pp. 645-657). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Wolf, S.L., LeCraw, D.E. & Barton, L.A. (1989). Comparison of motor copy and targeted biofeedback training techniques for restitution of upper extremity function among patients with neurologic disorders. *Physical Therapy*, 69, 719-735.
- Young, D.E. & Schmidt, R.A. (1992). Augmented kinematic feedback for motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 24, 261-273.