

La utilización de la biorretroalimentación en el aprendizaje motor de personas con lesión medular

The biofeedback use in motor learning of people with spinal cord injury

MARIA INÊS GANDOLFO CONCEIÇÃO* y LINCOLN DA SILVA GIMENES
Universidad de Brasilia, Brasil

Abstract

The use of biofeedback in the spinal cord injury person rehabilitation has been increasing even though there are no data about the efficacy of such technique. The study aimed to evaluate the efficacy of the technique in the motor rehabilitation of spinal cord injured patients with different lesions. Using case studies, three participants, two paraplegics and one quadriplegic, with different lesion levels and degrees of deficiency were exposed to electromyography biofeedback training sessions. Data were obtained from the training sessions with biofeedback, from three manual test examinations of the muscles straight and from the reports of the participants after the training process. These sources of data were compared and the results of all the three different sources showed improvement for all the participants. The study concluded that the electromyography biofeedback technique can be an important tool in the rehabilitation process of patients with this kind of lesion.

Key words: biofeedback, spinal cord injury, motor rehabilitation, quasi-experiment.

Resumen

El uso de biorretroalimentación en la rehabilitación de personas con lesión medular viene en aumento, aunque no haya datos consistentes sobre el alcance de esta técnica. El objetivo es averiguar la eficacia de la técnica en la rehabilitación motora de pacientes con diferentes tipos de lesión medular. Se trata del estudio de tres casos: dos parapléjicos y un cuadripléjico con diferentes grados de deficiencia que fueron sometidos a sesiones de entrenamiento de biorretroalimentación de electromiografía. Los datos se obtuvieron en sesiones de entrenamiento con biorretroalimentación, en exámenes manuales de fuerza muscular y en las declaraciones de los participantes al final del entrenamiento. Se relacionaron los resultados de las sesiones de biorretroalimentación, los datos de las pruebas de fuerza muscular y reportes de los participantes, verificándose mejorías en todos los participantes y constatación de mejora en las tres fuentes de datos. Se concluye que la técnica de biorretroalimentación puede ser un mecanismo importante en la rehabilitación motora de pacientes con diferentes tipos de lesión.

Palabras clave: biorretroalimentación, lesión medular, rehabilitación motora, cuasi-experimento.

* Correspondencia: Maria Inês Gandolfo Conceição. SQS 212 bloco B apto. 206, CEP 70.275-002 Brasília, DF, Brasil. Correo electrónico: inesgand@unb.br

Introducción

Cada año, millares de personas en el mundo son víctimas de daños neurológicos en la médula como consecuencia de traumas o enfermedades que les afecta, entre otras cosas, la movilidad. La violencia urbana es la mayor responsable de las altas estadísticas de paraplejía y cuadriplejía en la población joven de la mayoría de los países.

La lesión medular afecta a la conducción de las señales sensitivas y motoras a través de las regiones del trauma, esto es, la comunicación entre el encéfalo y las partes del cuerpo abajo del daño queda interrumpida. La extensión de esta interrupción depende tanto de la gravedad del daño como de su localización. Las lesiones en la médula pueden suceder a cualquier altura de la columna vertebral: cervical (C), torácica (T), lumbar (L) y sacro (S). Esto determinará las funciones del cuerpo que fueron afectadas. El actual patrón internacional de clasificación de la extensión neurológica de las lesiones se define por la escala ASIA (American Spinal Cord Injury Association), por medio de la cual se conoce el grado de la lesión de la siguiente forma: ASIA A-completa, no hay sensibilidad ni movimientos voluntarios abajo de la altura de la lesión; ASIA B-incompleta, hay sensibilidad, pero no hay función motora abajo del nivel de la lesión; ASIA C-incompleta, hay sensibilidad y movimiento voluntario abajo del nivel de la lesión y la fuerza de los músculos principales son perceptibles solamente con la ausencia de la fuerza de la gravedad, en toda la amplitud del movimiento; ASIA D-incompleta, hay sensibilidad y movimiento voluntario abajo del nivel de la lesión y la fuerza de los músculos principales permite vencer la fuerza de la gravedad, en toda la amplitud del movimiento; ASIA E normal, las funciones sensitivas y motoras son normales abajo del nivel de la lesión (Spinal Cord Injury Association, 1992).

Las consecuencias de una lesión medular no se limitan al campo motor. Sus efectos se extienden prácticamente sobre todas las funciones vitales del individuo. Después de una lesión medular, los cambios que ocurren con más frecuencia suelen ser: alteración del comportamiento de la vejiga e intestino, infecciones en el aparato urinario, estre-

ñimiento, vasoplejía (pudiendo producirse una trombosis venosa profunda), dificultad respiratoria, disreflexia autonómica (reacción provocada por el descompás en el funcionamiento de los sistemas nervioso simpático y parasimpático), escaras (ulceras de decúbito) y espasticidad (contracciones musculares involuntarias).

Por otro lado, la lesión medular aporta una multitud de consecuencias para su portador, su familia, sus amigos y para la sociedad como un todo. Aparte de los elevados gastos exigidos para su cuidado, una lesión de médula está acompañada por costos emocionales inconmensurables: de un momento a otro, la persona que antes era activa, independiente y auto suficiente se encuentra inmovilizada, sin control de sus funciones corporales y dependiendo de otros para satisfacer sus necesidades básicas. Justo después de la lesión el paciente pasa por cambios drásticos en casi todos los aspectos de su vida. Las respuestas esperadas en este momento son las reacciones de una persona ante una crisis (Hammel, 1995).

No hace mucho tiempo, la lesión medular era considerada como una sentencia de muerte: durante la Primera Guerra Mundial, 80% de sus víctimas morían a las dos semanas de la lesión. A partir de la década de 1940, con la introducción de antibióticos en el tratamiento de estos pacientes, esta realidad empezó a cambiar (Maddox, 1990). En la posguerra, surge el movimiento rehabilitador y nace la psicología de la rehabilitación (Díaz, 1995). Gracias al trabajo pionero de Ludwig Guttmann, del Centro de Lesionados Medulares de Stoke Mandeville, hubo una creciente comprensión hacia la lesión medular y una gran evolución en su manejo que dieron lugar a una reducción en la mortandad y en el grado de deficiencia. Desde entonces se ha producido un cambio gradual en los modelos de supervivencia de esta población. Con la prolongación de la vida de las víctimas de lesión medular y su casi equiparación a la población en general la preocupación de los profesionales de la salud que tratan estos pacientes ha sido ofrecer recursos que les permitan una mejor calidad de vida, siendo esta la tendencia actual de los programas de rehabilitación de los pacientes portadores de lesión medular (Guttmann, 1985).

Hoy en día, el objetivo principal de la mayoría de los centros de rehabilitación de parapléjicos y cuadripléjicos consiste en desenvolver las capacidades residuales, parcial o totalmente conservadas, con la finalidad de hacer posible un mayor grado de independencia en las actividades de la vida diaria y de la locomoción. A parte de esto, la rehabilitación tiene como objetivo principal orientar al paciente en la utilización de sus potencias individuales, de los recursos familiares y de la comunidad, visando la readaptación de su vida en los diversos papeles, y a sus familiares en cuanto a la prevención de posibles complicaciones después de la lesión medular (Lianza, 1985, Ribeiro, 1994).

La ciencia aún no ha conseguido ofrecer respuestas a los millares de individuos que claman por la cura de la lesión medular, aunque ya existan, en vía de desarrollo, estudios de experimentación bastante avanzados con prometedores resultados para las próximas décadas. La existencia de potencial regenerativo neuronal en el sistema nervioso central adulto es un concepto relativamente reciente, aunque numerosas experiencias con trasplante de células embrionarias viene aportando resultados muy prometedores (Aguayo, Benfey y David, 1983; Bernstein y Goldberg, 1995).

Una de las técnicas que se viene utilizando en el contexto de la rehabilitación de la lesión medular es la biorretroalimentación con señales de electromiografía (EMG). Esta modalidad de biorretroalimentación es mencionada, en la bibliografía especializada, tanto como instrumento de reeducación motora, como en el tratamiento o terapia de rehabilitación motora (Donner, 2001). La biorretroalimentación no es un instrumento reciente; las experiencias con esta técnica empiezan a tener mayor empuje y reconocimiento en la comunidad científica a finales de la década de los años sesenta (Basmajian, 1967, Luthe, 1969, Miller, 1969) a pesar de haber constataciones de que tal procedimiento venía siendo usado hace más tiempo (Jacobsen, 1938). En los años sesenta, psicólogos empezaron a estudiar la biorretroalimentación en un contexto puramente académico. En esa década, la biorretroalimentación de ondas cerebrales alfa atrajo la atención del público que veía en él un recurso de utilidad en la enseñanza de

la meditación. Tal procedimiento fue muy criticado, pues presentaba no solo fallas metodológicas, sino también por hacer de la biorretroalimentación un mero recurso para explorar aspectos místicos de la experiencia humana. El impacto del alcance de esta técnica atrajo la atención de oportunistas y de los que veían en ella la panacea para los problemas humanos, perjudicando cualquier perspectiva más seria y fundamentada de su uso. A pesar de la atracción ejercida por estas experiencias, algunos investigadores continuaron sus pesquisas en las diversas aplicaciones de la técnica y devolvieron a la biorretroalimentación el lugar que le correspondía en procesos comprobadamente científicos (Yates, 1975). Inicialmente, la comunidad médica reaccionó con escepticismo y resistencia a este abordaje, que cada vez se presentaba de forma más creciente y diversa. Pero el desarrollo de metodologías de investigación, procesos clínicos y de instrumentación biomédica, contribuyó a que se llegara a confiar y aceptar la técnica de la biorretroalimentación.

De acuerdo con Basmajian (1989, p. 1): “(...) la biorretroalimentación puede definirse como una técnica que usa equipos (generalmente electrónicos) para revelar a los seres humanos algún acto fisiológico interno normal y anormal, a través de señales visuales y auditivas, con el propósito de enseñarlos a manipular actos antes involuntarios o imperceptibles, por medio de la manipulación de las señales ofrecidas”.

De esta manera, la retroalimentación de los cambios biológicos, como en otros tipos de condicionamiento operante, sirve de estímulo reforzador, proporcionando así un aumento de probabilidades en el comportamiento del paciente que producía aquellas alteraciones biológicas; a medida que las alteraciones se iban sucediendo, los comportamientos de quienes las producían se fortalecían, llevando al aprendizaje o el control por parte del paciente.

Entre los usos de la técnica de retroalimentación en portadores de lesión medular se destacan: el control de la hipotensión postural (Brucker e Ince, 1977), el control de espasticidad (Amato, Hermsmeyer y Kleinman, 1973; De Bacher, 1989), el relajamiento y el fortalecimiento muscular (Conceição y Gimenes, 2004; Stein, Brucker y Ayyar, 1990). Aun cuando el uso del proceso de biorretroali-

mentación sea cada vez mayor, su aplicación en la rehabilitación de pacientes con lesión medular aún es muy limitada, habiendo pocas experiencias documentadas, principalmente sobre la funcionalidad de los resultados obtenidos en los entrenamientos con la biorretroalimentación. Trieschmann (1988) cree que el uso de este tipo de técnicas en la tentativa de aumentar la función del paciente con lesión medular aún es muy incipiente, y que es necesario determinar si el condicionamiento propuesto por el instrumento puede producirse en lesiones completas o en lesiones incompletas.

Por el momento, cualquier tipo de tratamiento para pacientes con lesión medular tiene como finalidad la potenciación de sus funciones residuales, visando la obtención de máxima independencia. Con esta perspectiva, cualquier tipo de recurso que se proponga minimizar las consecuencias impuestas por la lesión, contribuyen a mejorar la calidad de vida de la persona con lesión medular. A pesar de que las secuelas de la lesión medular no se limitan a la pérdida motora, los cambios motores provocados por la lesión medular son los que se enfocan en este estudio. El objetivo consiste en evaluar la eficacia del uso de la técnica de biorretroalimentación por EMG en la reeducación motora de pacientes con grados y niveles diferentes de lesión medular.

Material y métodos

Sujetos

Se trata de un estudio cuasiexperimental de tres participantes de sexo masculino, escogidos de acuerdo con los siguientes criterios: haber participado de programas de rehabilitación, tener lesión medular a nivel cervical, torácica o lumbar, tener deficiencia clasificada de A, B, y C en la escala ASIA, estar por lo menos en el tercer mes de lesión, no tener complicaciones clínicas ni deformaciones de estructura, tener la capacidad suficiente para comprender las órdenes o indicaciones y disponer de tiempo para participar de la pesquisa. También se consideró sus características y condiciones psicológicas de los participantes a quienes se les informó sobre los propósitos de la pesquisa, se obtuvo su libre y esclarecido consentimiento, de acuerdo con las directrices y normas que regulan los estudios que

involucran seres humanos (Conselho Nacional de Saúde, 1996). A continuación se presentan las características de cada participante:

- **Caso 1:** ingeniero de cuarenta y seis años, casado, padre de tres hijos, trabajador autónomo. Historia de la lesión: sufrió un accidente de trabajo cayendo de una altura de tres metros, en una construcción. Fue llevado a un hospital general, donde permaneció internado por doce días. Le fue diagnosticado fractura de cinco vértebras (de T11 a L3) y médula comprimida. Un mes después, inició un programa de rehabilitación. Cuadro físico-funcional en momento de su alta hospitalar: se trasladaba en silla de ruedas, no controlaba los esfínteres y era totalmente independiente para realizar las actividades de su vida diaria. Caminaba por su casa con ayuda de andador y tutor largo bilateral. Fue considerado portador de paraplejia, nivel T12 y clasificado ASIA A. Presentaba dolor de tipo neuropático. Cuadro físico-funcional al comenzar el entrenamiento con biorretroalimentación: cuando empezó el tratamiento ya habían pasado cinco años de su lesión, era totalmente independiente para realizar las actividades de su vida diaria, así como en sus actividades profesionales y mantenía el cuadro físico-funcional observado en su alta hospitalar. Hacía ejercicios en su domicilio diariamente, masajes y ejercicios de andar con tablillas largas y andador.
- **Caso 2:** estudiante de veintidós años, soltero, vive con los padres y dos hermanos menores. Historia de la lesión: sufrió fractura de vértebra L2 al caerse de una altura considerable, en salto de paracaídas. Se le socorrió adecuadamente, permaneció internado en el hospital durante dieciséis días. Fue operado para descomprimir la médula y le fue colocado un soporte de titanio para fijar la columna. Cuadro físico-funcional en el momento de su alta hospitalar: presentaba un comportamiento de la vesícula, que consistía en sensación sin control de la orina. Su comportamiento intestinal presentaba sensación y no tenía control en sus eliminaciones. Se presentaba independiente en sus transferencias, semi-dependiente en su locomoción e independiente

en las actividades de su vida diaria. Realizaba marcha funcional domiciliar con ayuda de ortesis del tipo tablillas posteriores con andador y se movía en silla de ruedas. El paciente fue considerado portador de paraplejia nivel T10-T11 y clasificado ASIA C. Cuadro físico-funcional al comenzar el entrenamiento con retroalimentación: cuando dio comienzo a su tratamiento, el participante había sufrido la lesión hacía siete meses, y mantenía el cuadro físico-funcional comprobado al ser dado de alta del hospital. En esa ocasión hacía ejercicios domiciliarios sin ayuda de terceros, que consistían en entrenar marcha con tablillas y realizaba actividades de hidroterapia dos veces por semana.

- Caso 3: estudiante de diecinueve años, soltero, no trabajaba, vivía con su madre y hermana. Historia de su lesión: su lesión ocurrió en una caída libre de bicicleta, habiendo caído de cabeza dentro del agua, golpeó de frente con el fondo. Según dijo, perdió los movimientos de piernas y brazos después del impacto. Fue socorrido de manera adecuada y llevado para un hospital general donde fue sometido a tracción cervical y se le practicó una cirugía de fijación de la columna con colocación de injerto de iliaco. Pasó siete días internado en unidad de tratamiento intensivo. Después participó de un programa de rehabilitación. Cuadro físico-funcional en el momento de su alta del hospital: el paciente presentaba comportamiento de vesícula de sensación y ausencia de control, cateterismo con pérdidas en los intervalos. El intestino acusaba sensación indirecta. Se alimentaba por sí mismo con el uso de un adaptador; era dependiente en su aseo y para vestirse; conseguía trasladarse en una silla de ruedas con botones, utilizando adaptador en las manos, pero por cortas distancias. El paciente fue clasificado como portador de cuadriplejía en nivel C 5 y clasificado ASIA B. Cuadro físico-funcional al dar inicio al entrenamiento con biorretroalimentación: cuando comenzó el entrenamiento había sufrido la lesión hacía un año y siete meses y mantenía el cuadro físico-funcional observado al ser dado de alta del hospital. En esa época, realizaba actividades de hidroterapia dos veces por se-

mana y ejercicios con carga diariamente en su casa.

Instrumentos

El programa de entrenamiento de biorretroalimentación se realizó en un micro ordenador tipo Laptop Toshiba CDS300. El programa utilizado fue el de Biograph® & Procomp+™, en sistema multimedia de retroalimentación, de la Thought Technology Ltd., en su modalidad EMG. Los electrodos activos dispuestos de forma paralela en las fibras musculares a ser monitoreadas. Los instrumentos utilizados fueron los programas de retroalimentación que permiten al paciente tener retroalimentación visual y auditiva simultáneamente. La retroalimentación visual consistía en un trazado gráfico de la actividad eléctrica del músculo, cuya amplitud aumenta en proporción directa a la contracción muscular. Del mismo modo, la retroalimentación auditiva era emitida cada vez que el participante superase el límite establecido. Para evaluar la fuerza muscular de los participantes, se utilizó el protocolo de la Prueba Muscular Manual de la Red Sarah de Hospitales del Aparato Locomotor que gradúa la fuerza muscular de los pacientes por medio de puntajes motores, en una escala de 0 a 5, donde: 0 = parálisis total; 1 = ligero movimiento; 2 - (1,5) = movimiento activo, arco de movimiento incompleto con gravedad eliminada; 2 + movimiento activo, arco de movimiento con gravedad eliminada; 3 - (o 2,5) = movimiento activo, arco de movimiento incompleto contra la gravedad; 3 + = movimiento activo, arco de movimiento completo contra la gravedad; 4 - (o 3,5) = movimiento activo, arco de movimiento completo contra la gravedad con leve resistencia; 4 = movimiento activo completo, arco de movimiento completo contra la gravedad con moderada resistencia; 5 = movimiento activo completo contra resistencia completa (Lucas y Ducker, 1979).

Procedimiento

Con cada participante se trabajó con los músculos que presentaban alteración de fuerza motora acusada por sus respectivas pruebas de fuerza muscular. En todas las sesiones dos psicólogos especialistas en biorretroalimentación aplicaban el procedimien-

to que consistía en la realización, por parte del participante, de diversas tentativas que consistían en secuencias alternadas de órdenes de relajamiento y de contracción muscular cuya duración mínima era de cinco segundos y máxima de treinta segundos para cada orden. En cada sesión se hacía una media de seis intentos de secuencias de órdenes. Los intervalos entre ellas estaban de acuerdo con la disponibilidad del paciente, la cantidad de tentativas y la duración de las contracciones dependían del cansancio muscular, interrumpiéndose la sesión cuando se observaba cualquier señal de agotamiento.

En cada sesión se trabajaba bilateralmente con los músculos, solicitándose la contracción aislada de cada lado, y a continuación la contracción simultánea de ambos lados. A excepción de la línea de base, el participante podía acceder a la retroalimentación visual y auditiva del equipo durante toda la realización de los ejercicios. La retroalimentación visual consistía en tonos musicales emitidos por el equipo, cada vez que el participante conseguía superar determinado límite de contracción. Los límites de contracción establecidos para que la retroalimentación auditiva actuase dependían de la observancia de los valores alcanzados en su línea de base. En cada tentativa se ajustaban los límites de acuerdo con la capacidad demostrada. A los participantes se les pedía que produjesen la mayor amplitud posible de trazado electromiográfico y que mantuviesen los tonos musicales durante la orden de contracción muscular. También se emitían estímulos sociales de aprobación e incentivo por parte de los especialistas, principalmente en las tentativas en que se notaba gran empeño por parte del paciente. Los datos de las sesiones de entrenamiento fueron dispuestos en gráficos generados por el propio programa, de los cuales fue posible observar curvas de aprendizaje activa en los músculos que presentaron mejorías.

Las evaluaciones de fuerza muscular de los participantes se realizaron a ciegas por fisioterapeutas entrenados en tres ocasiones: en la primera revisión después del alta del hospital, antes de iniciar el entrenamiento con la retroalimentación y después de terminar el tratamiento. Las entrevistas individuales con cada participante fueron realizadas por

uno de los especialistas, eran semi-estructuradas y ocurrieron después del procedimiento de bio-retroalimentación, donde se hicieron preguntas abiertas a cerca de la percepción corporal de los participantes. Las informaciones de cada uno de los casos fueron obtenidas por medio de la transcripción de la grabación de las entrevistas.

Resultados

Datos sobre las sesiones de retroalimentación

Caso 1. Se realizaron treinta y seis sesiones durante cinco meses, con intervalos de cuatro días entre las sesiones y de una duración de sesenta minutos en media por sesión. Se trabajó con los músculos de los miembros inferiores, de acuerdo con su mapa muscular: tibial anterior, vasto lateral y vasto medial, extensor y flexor de tobillo, glúteo máximo y bíceps del fémur. Después del entrenamiento con la retroalimentación, los músculos que mejoraron los valores medios durante las sesiones de retroalimentación fueron los glúteos medios derecho e izquierdo, los bíceps del fémur derecho e izquierdo, el tibial anterior izquierdo, el vasto medial izquierdo y los extensor y flexor del tobillo derecho. Los músculos gastrocnemios bilaterales y vasto medial derecho demostraron algún resultado, pero la tendencia no se mantuvo a lo largo de las sesiones y se verificó una gran variedad en los valores de desvío padrón. Los músculos en los que no se apreciaron resultados fueron los glúteos máximos bilaterales, el tibial anterior, el vasto lateral izquierdo y los extensor y flexor de tobillo izquierdo.

Caso 2. Se realizaron diecinueve sesiones durante tres meses, con intervalos de tres a siete días y con una duración media de sesenta minutos por sesión. Se trabajaron los músculos de los miembros inferiores bilaterales, de acuerdo con el mapa muscular: tibial anterior, flexor y extensor de tobillo, glúteo medio, glúteo máximo y bíceps del fémur. Después de las sesiones de entrenamiento, los músculos que obtuvieron mejores resultados en sus valores medios a lo largo de las sesiones de retroalimentación fueron los glúteos medios derecho e izquierdo, los glúteos máximos derecho e izquierdo, el tibial anterior izquierdo y los flexores y extensores de tobillo derecho e izquierdo. Por otro

lado, los músculos que no presentaron resultados con el procedimiento fueron los bíceps del fémur derecho e izquierdo, los flexores plantares derecho e izquierdo y el tibial derecho.

Caso 3. Se realizaron dieciséis sesiones durante tres meses, con intervalos de tres a siete días entre cada sesión, con duración media de sesenta minutos cada sesión. Se trabajaron los músculos de los miembros superiores e inferiores bilaterales de acuerdo con el mapa muscular: tríceps, flexor y extensor de puño, tibial anterior gastrocnemio, sartorios, glúteo medio, glúteo máximo, bíceps del fémur y flexor y extensor del tobillo. Terminado el entrenamiento con retroalimentación, los músculos que presentaron mejores resultados en los valores medios a lo largo de las sesiones de retroalimentación fueron el flexor y el extensor de puño derecho, los tríceps derecho e izquierdo, el bíceps de fémur izquierdo, los glúteos máximos derecho e izquierdo y el flexor y el extensor de tobillo derecho. Los músculos gastrocnemio izquierdo, tibiales anteriores derecho e izquierdo, bíceps de fémur derecho y glúteo medio derecho presentaron algún resultado, pero la tendencia no se mantuvo a lo largo de las sesiones, con una amplia variación demostrada por los valores de los desvíos padrón. Los músculos glúteo medio izquierdo, el gastrocnemio derecho, los flexores y extensores de puño izquierdo y los flexores y extensores de tobillo izquierdo no presentaron resultados satisfactorios.

Datos de las evaluaciones de fuerza muscular

Las evaluaciones de fuerza muscular se realizaron en tres ocasiones diferentes: en la primera revisión después del alta del hospital, antes de dar inicio al entrenamiento con la retroalimentación y después de concluido el tratamiento.

Caso 1. El gráfico de los músculos del miembro izquierdo de la figura 1 muestra que no hubo ninguna alteración en la fuerza muscular del miembro izquierdo, no habiendo mejorado o empeorado en los dos últimos años. Los músculos presentaron los mismos puntajes motores en las tres pruebas de fuerza muscular. El gráfico de los músculos del miembro derecho de la figura 1 presenta alteración solamente en el músculo cuádriceps, que en las dos primeras evaluaciones se mantenían en cero, esto

es, que presentaba parálisis total, y en la última pasó a apreciarse una vaga contracción voluntaria. En los otros músculos no se aprecian resultados: los puntajes obtenidos en los tres momentos de la prueba fueron siempre los mismos.

Caso 2. El participante presentó mejoría en puntajes motores en la última prueba de fuerza muscular en los músculos iliopsoas derecho, glúteos medios e izquierdo, abductores bilaterales, cuádriceps derecho y extensores de tobillo izquierdo. En comparación con la prueba anterior se detectó pérdida en el glúteo máximo izquierdo (figura 2).

Caso 3. El participante presentó mejoría en puntajes motores en la última prueba de fuerza muscular, en los músculos infraespinosos derecho, tríceps derecho e izquierdo, bíceps de fémur derecho semitendinoso derecho, semimembranoso derecho, cuádriceps derecho tibial anterior derecho, flexores cortos derecho e izquierdo, flexor corto halux derecho y flexor largo halux derecho. Al compararse con la prueba anterior, presentó pérdida en los músculos extensores radial largo y corto del carpo derecho y extensor común de tobillos derecho e izquierdo (figura 3).

Datos sobre la entrevista final

Caso 1. El principal cambio constatado fue la disminución del dolor en las piernas. Antes sentía mucho dolor al toque, dolor (helada, de frío) en las piernas y tomaba muchos medicamentos. Suprimió las medicinas por su cuenta, pero aún sentía mucho dolor; estas fueron disminuyendo a medida que las sesiones de retroalimentación avanzaban. También notó que se desplazaba con más facilidad, mayor movilidad y mayor relajamiento y tranquilidad. Desde que sufrió la lesión, presentaba problemas intestinales serios (diarrea) que no pudieron ser corregidos con tentativas de reeducación intestinal. El paciente dijo que el problema intestinal continuaba, pero que después de las sesiones de retroalimentación ya no sucedían imprevistos. Observó que la parte de la vesícula también presentaba algunas modificaciones después del entrenamiento: conseguía retener la orina por más tiempo, llegando a una hora de retención. Lo que más le impresionó fue el hecho de haber tenido, en tres ocasiones, eyaculación durante los últimos días, época en que estaba

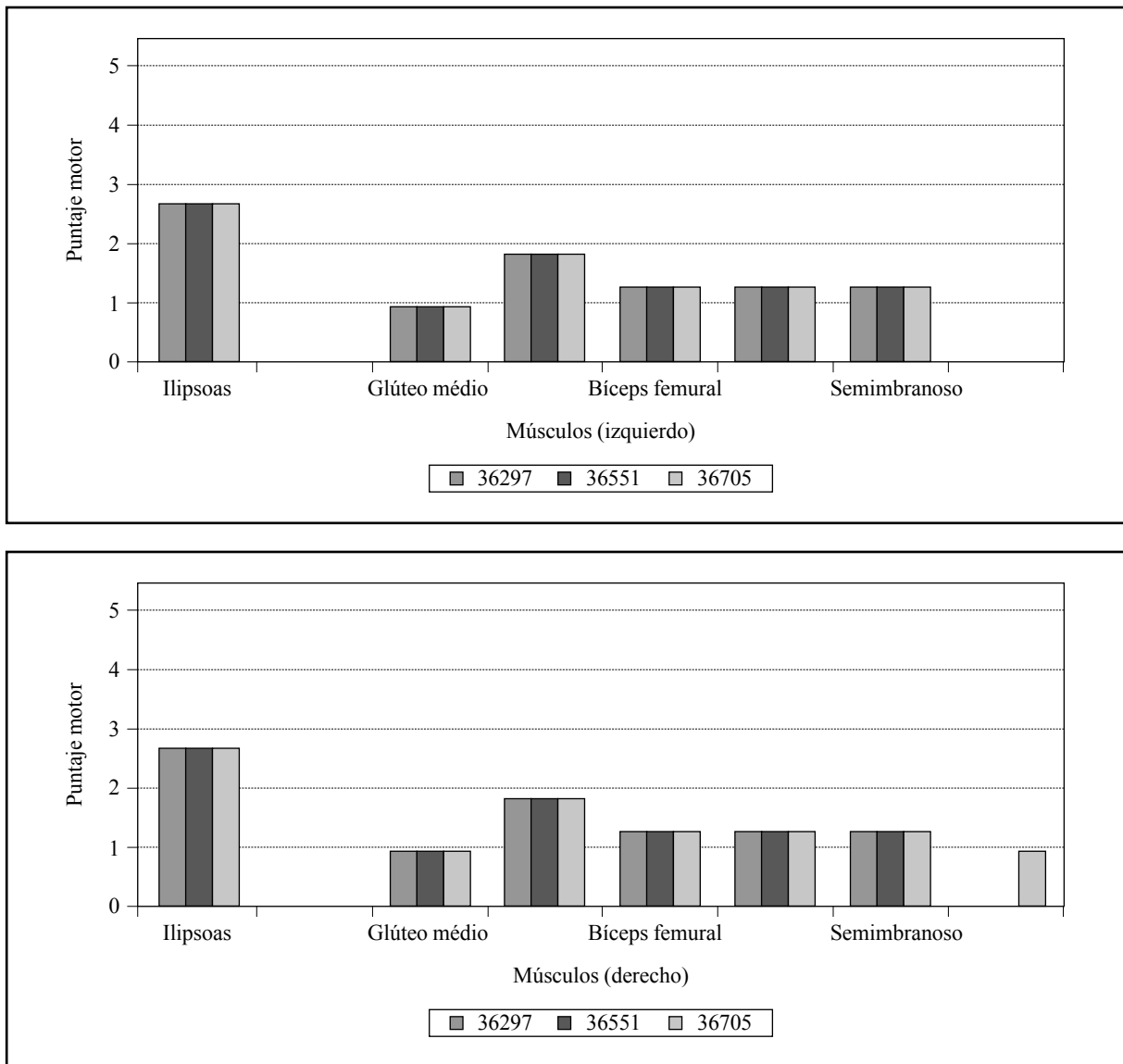


Figura 1. Puntajes motores de las tres evaluaciones de fuerza muscular de miembros inferiores izquierdo y derecho del caso 1

Fuente: elaboración propia.

trabajando la musculatura de los glúteos. Después de haber sufrido la lesión, no había tenido ninguna eyaculación. El participante dijo haber notado más firmeza al apoyar los pies cuando estaba sentado. Antes, al levantarse de la silla, necesitaba firmar las piernas para que los pies no se les cayeren de la silla. También dijo que su mujer notó el aumento de volumen muscular en la pierna derecha que después de las sesiones de retroalimentación pasó a tener más masa muscular que la izquierda. Lo más

significativo para el participante fue la perspectiva de que “si algo cambió en tan poco tiempo, todo depende del esfuerzo personal”. El paciente reporta arrepentimiento de no haber empezado antes el tratamiento de retroalimentación. Dijo que si lo hubiera hecho al mes de haber sufrido la lesión, hoy en día habría conseguido más beneficios. Reporta también que la retroalimentación es una herramienta que sirve para controlar los movimientos, darse cuenta del movimiento que consigue realizar,

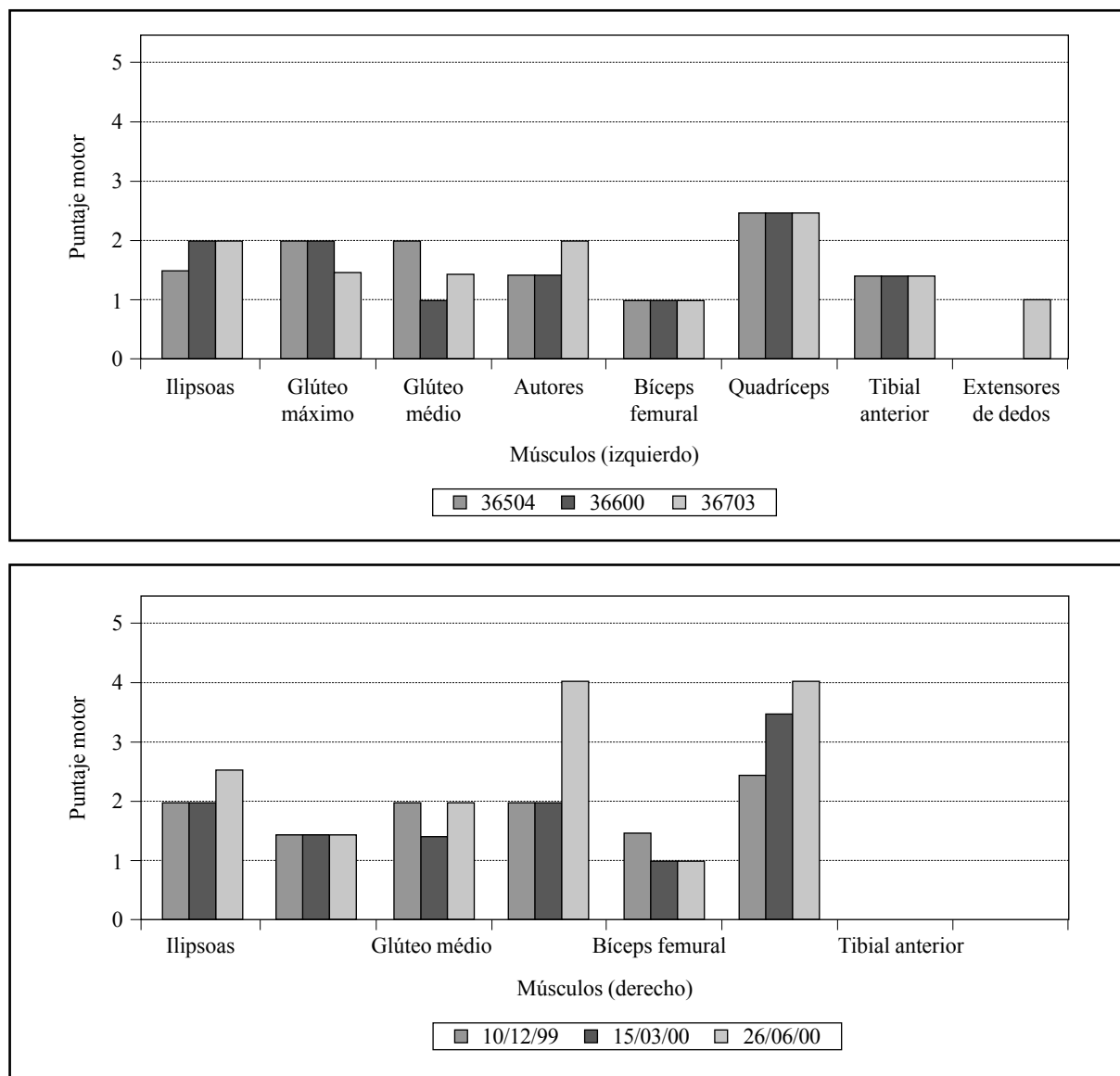


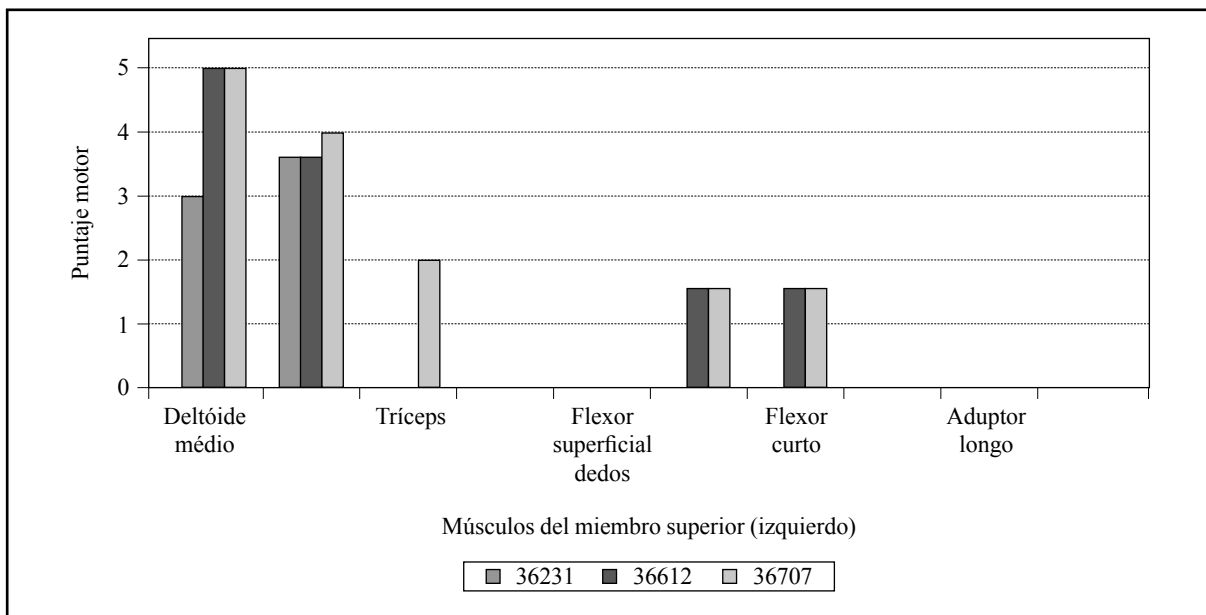
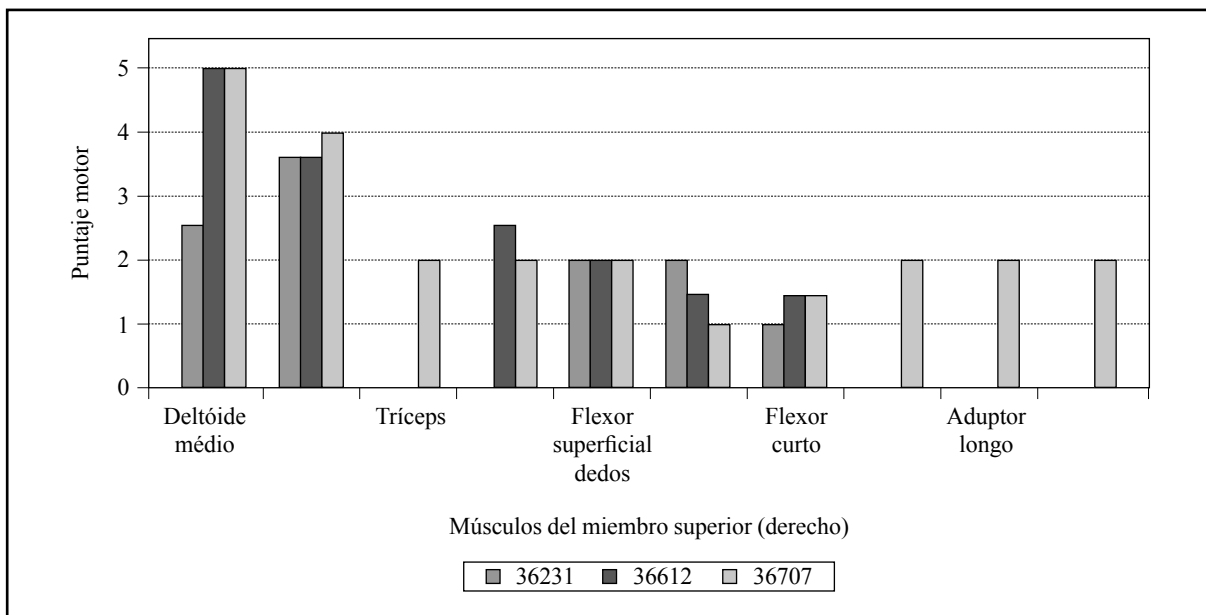
Figura 2. Puntajes motores de las tres evaluaciones de fuerza muscular de miembros inferiores izquierdo y derecho del caso 2

Fuente: elaboración propia.

aunque sea mínimo, e ir gradualmente en aumento. Piensa que el tratamiento no basta por sí solo, pues es necesario un conjunto de cosas, como masajes, ejercicios dirigidos, hidroterapia, etc.

Caso 2. El participante afirmó que justamente durante la época en que estaba realizando las sesiones de retroalimentación, observó mejoría significativa desde que se lesionó: aumentó la fuerza muscular de sus piernas (principalmente la derecha), comenzó a mover el pie derecho, mejoró

su equilibrio al caminar y prescindió de uno de los cateterismos al día, esto es, ya orinaba sin sonda durante la noche. Según dijo, no quiso prescindir de todos los cateterismos porque hacía mucha fuerza y a veces el intestino funcionaba al mismo tiempo. El participante resaltó que su auto-estima había mejorado mucho, después de realizar el tratamiento, pues constató que realmente había mejorado y eso lo estimuló a seguir esforzándose, al ver que los cambios conseguidos eran visibles. Cuando aceptó



a participar en este estudio, no esperaba nada por causa de su estado, por eso el impacto fue mayor. Aunque al realizar un nuevo mapa muscular, veinte días después, los resultados permanecían iguales, lo más importante para él era que la mejoría había ocurrido realmente. Este participante realizó una prueba de fuerza muscular veinte días antes de terminar el entrenamiento con la retroalimentación, pues se observó mejorías significativas en su cuadro motor que necesitaban orientación profesional.

Su fuerza había aumentado de tal manera que prescindió de una de las tablillas largas del miembro inferior derecho, utilizando a partir de ese momento apenas estabilizador en el calzado izquierdo. Estos cambios también hicieron que retornase al programa de rehabilitación, como paciente externo para practicar caminada.

Caso 3. El participante notó gran mejoría en su pierna izquierda, que algún movimiento que antes era más débil, ahora estaba más fuerte, y que

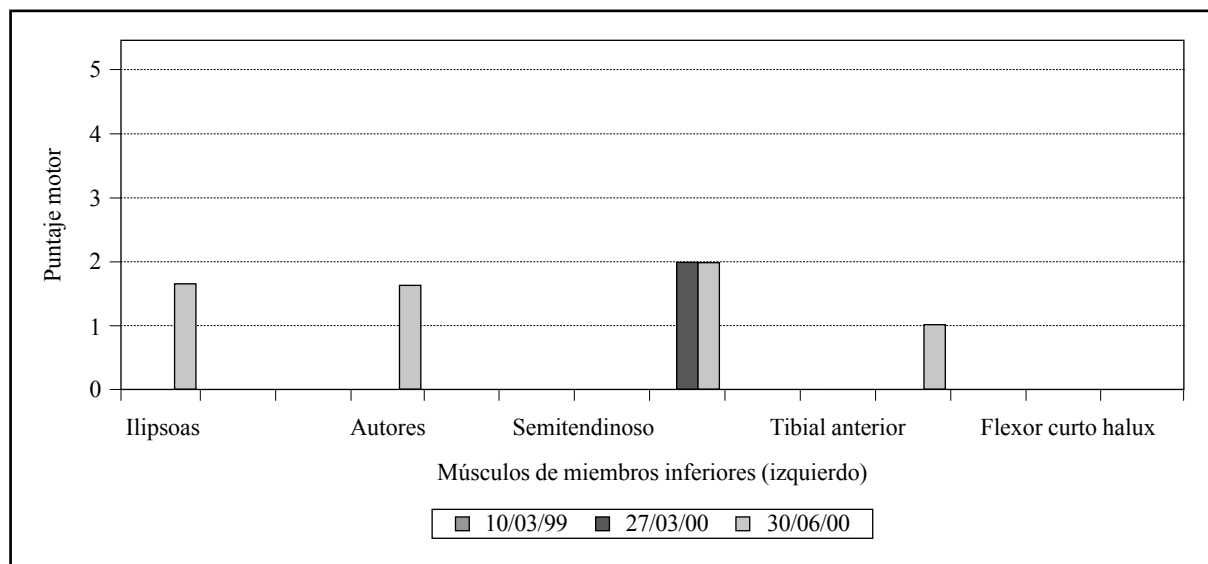
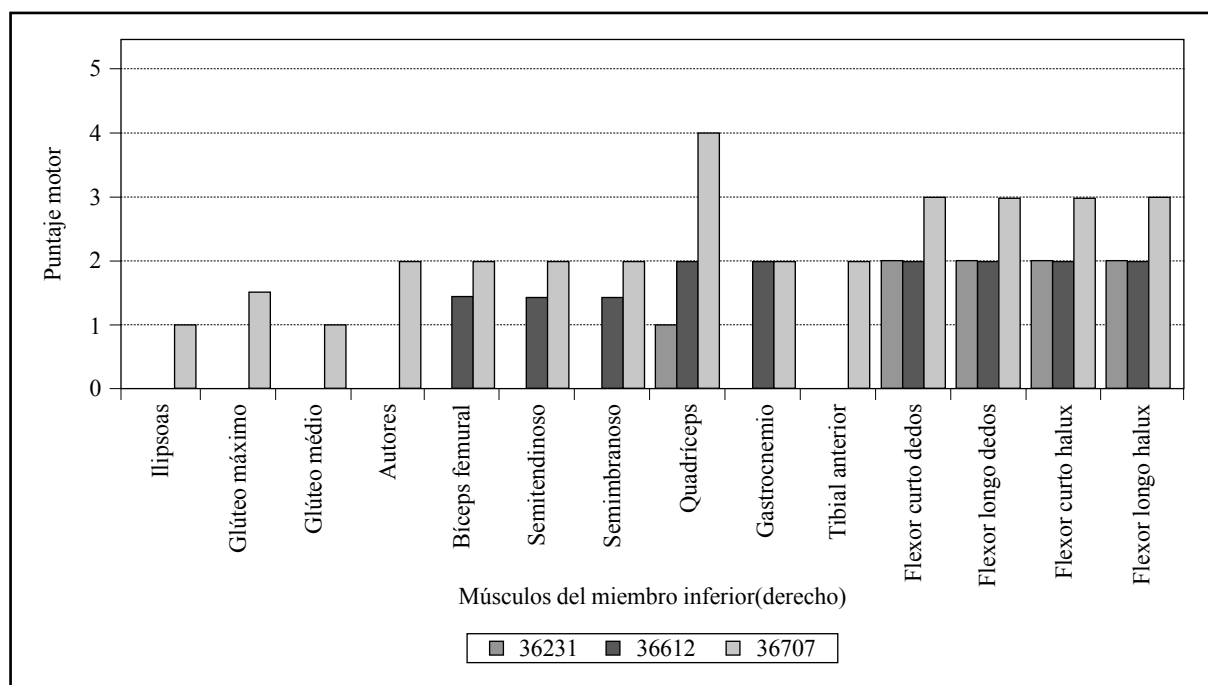


Figura 3. Puntajes motores de las tres evaluaciones de fuerza muscular de miembros superiores e inferiores izquierdo y derecho del caso 3

Fuente: elaboración propia.

otros movimientos que él desconocía aparecieron después del entrenamiento de retroalimentación. Después del entrenamiento, empezó a doblar la pierna derecha. A partir de ahí hace ejercicios más fuertes con brazos y piernas. Antes de hacer la retroalimentación, él no tenía ninguna fuerza en su

tríceps, ahora ya consigue estirar los brazos. No lograba levantar el brazo, ahora sí; gracias a esto muchas cosas mejoraron: cuando duerme y sus brazos o piernas caen fuera de la cama ya consigue subirlos sin ayuda. Mejoró su modo de comer, consigue lavarse mejor en la ducha, empuja mejor

la silla de ruedas e incluso puede dar la mano a sus amigos, consiguiendo mantener el brazo estirado. Notó cambios en su control de la vejiga: consigue orinar por tiempo mayor que antes. Anteriormente conseguía controlar la pérdida de orina por diez o quince segundos ahora lo hace durante veinte o treinta segundos. Gracias a eso el cateterismo que antes eliminaba de doscientos a trescientos mililitros de orina, ahora elimina de doscientos cincuenta a trescientos cincuenta mililitros, “mejoró ya que la capacidad normal de la vejiga es de quinientos mililitros”. El paciente también notó mejoría en su espasticidad. Afirmó que esta disminuyó bastante y cree que esto se debe al hecho de tener más movimientos en sus brazos y piernas, pues cuanto más movimiento tiene en sus extremidades, siente menos espasticidad. Se encuentra más relajado tanto en la cama como sentado, pues la espasticidad disminuyó. Según el participante, gracias al tratamiento descubrió que tenía esos movimientos: antes no se esforzaba en usar los músculos, pues pensaba que no respondían. El participante declaró que el tratamiento había sido bueno ya que pudo comprobar los movimientos que conseguía realizar y su capacidad de moverse, que valió la pena hacer el tratamiento teniendo en cuenta sus mejorías y piensa que muchos pacientes podrían beneficiarse con esta técnica.

Discusión

El presente estudio hizo una evaluación de los efectos del entrenamiento de retroalimentación por EMG en tres participantes que presentaban diferente clasificación de lesión medular (Escala de Deficiencia ASIA: A, B y C). El entrenamiento fue realizado por medio de sesiones en las cuales se trabajaron varios músculos comprometidos por la lesión. Para efecto de comparación, se realizaron evaluaciones de fuerza muscular con cada participante antes del comienzo y después de concluido el entrenamiento con retroalimentación. Para minimizar la interferencia de variables, tal como la recuperación espontánea después de la lesión medular, también se utilizaron las informaciones de la prueba de fuerza muscular realizada por ocasión de la última revisión después del alta del hospital de cada

participante. Al final del procedimiento, se realizaron entrevistas individuales con cada participante para averiguar sus impresiones y percepciones acerca del entrenamiento. De los datos obtenidos en estas entrevistas se observó que todos los participantes atribuyeron al procedimiento mejorías en sus condiciones físicas aun cuando reportaron cambios que no parecían directamente relacionados con la actividad de los músculos trabajados en el entrenamiento. Las comparaciones entre los resultados de las sesiones de retroalimentación, las alteraciones en los mapas musculares y los relatos sirvieron de base para la discusión y ponderación de la viabilidad de la técnica de retroalimentación en el contexto de rehabilitación de pacientes con lesión medular.

Aunque no existan trabajos definitivos que relacionen la cantidad de señales de EMG con la magnitud de la fuerza muscular medida a través de técnicas palpables (Nacht, Wolf y Coogler, 1982), este estudio tentó trazar alguna relación posible entre las evidencias de aumento de actividad eléctrica en los músculos producida por el entrenamiento con retroalimentación y las constataciones de aumento de fuerza de esos músculos medida por la prueba manual de la fuerza muscular después del procedimiento. De esta manera se evitaron errores señalados en la publicaciones especializadas (Fogel, 1987) en las cuales se atribuyen mejorías al paciente con base en los resultados de la actividad eléctrica medida por el equipo de retroalimentación. Hay que entender que las medidas de evaluación de los pacientes fueron hechas de manera funcional con objetivos terapéuticos definidos. La técnica de retroalimentación, en cambio, sirve como una fuente de documentación e información valiosa sobre el aprendizaje del paciente.

Los resultados de las sesiones de retroalimentación pusieron en evidencia las mejorías en la actividad eléctrica de diversos músculos en todos los participantes. Este hecho fue constatado por las curvas ascendentes representadas por el aumento gradual en el valor de las medidas en microvoltios de los músculos trabajados a lo largo de las sesiones. En todos estos casos las observaciones de actividad eléctrica voluntaria de los músculos trabajados fueron claras a partir de la presencia

constante de curvas activas durante las órdenes de contracción, así como de retorno al trazado linear característico del tono de relajamiento después de la actividad muscular. Este comportamiento muscular es congruente con el que preconizan los protocolos de pruebas con EMG de superficie sobre la acción normal de los músculos esqueléticos (Sella, 1995, 1997). Tampoco fueron hallados, entre estos músculos, los fenómenos de silencio eléctrico, en el cual la actividad eléctrica permanece por debajo de un microvoltio (1 μ V) durante la orden de contraer o relajar.

Los resultados positivos obtenidos por los participantes de entrenamiento con retroalimentación sucedieron a lo largo de diversas sesiones y no de diversos ejercicios de la sesión. La secuencia de ejercicios demostró que la mayoría de los músculos presentaban mejor actuación en las primeras tentativas y que normalmente el resultado era menor en los últimos ejercicios. Este fenómeno puede atribuirse al cansancio muscular localizado (Redfern, 1992) en el cual uno de los síntomas más claros es la pérdida de capacidad de producir fuerza.

A pesar de haber una relación entre las mejorías, las sesiones de retroalimentación no fueron las que produjeron esta mejora muscular. Las sesiones sirvieron para que el participante diferenciase la actividad muscular; por tanto, fueron la base para una diferenciación más apurada, más sutil. Resumiendo, la retroalimentación sirve para darse cuenta de que los músculos tienen algún tipo de actividad que, a su vez, sirve como estímulo discriminativo (SD) para otros comportamientos (fisioterapia, ejercicios físicos, que tengan como finalidad el aumento de la fuerza física). La técnica de retroalimentación sirvió como forma de incrementar otros comportamientos y como factor de motivación para participar en otros comportamientos.

Si los investigadores cumplen sus metas en relación al futuro de la rehabilitación de los pacientes con lesión medular (Lu *et al.*, 2002; Ruitenber *et al.*, 2003), principalmente con base en las evidencias de los éxitos en los trasplantes de células tronco serán necesarias nuevas técnicas que revolucionen los servicios de rehabilitación para atender a nuevas demandas exigidas por los cambios de perfil de los pacientes asistidos (Bernstein y Goldberg, 1995).

De cumplirse los presagios, la retroalimentación, entre otros recursos del futuro tecnológico, ciertamente tendrá la incumbencia de enseñar a los pacientes la utilización del nuevo potencial y de conseguir el reclutamiento de neuronas motores a partir de nuevas conexiones (Schablowski-Trautmann, Kogel, Rupp, Mikut y Gerner, 2006).

Cualquiera que sea el tratamiento, es imprescindible que el paciente tenga la motivación suficiente para tratar de buscar siempre lo mejor para su vida. Entre las posibles motivaciones, la técnica de retroalimentación es una de las más importantes, pues permite que el paciente entre en contacto directo con su habilidad de descubrir actividades musculares, muchas veces diagnosticadas como inexistentes, y además existen otras formas de terapia, que no son capaces de detectarlas a no ser cuando se producen a gran escala.

Referencias

- Aguayo, A. J., Benfey, M. y David, S. (1983). A potential for axonal regeneration in neurons of the adult mammalian nervous system. *Birth Defects-Original Article Series*, 19, 327-340.
- Amato, A. B. S., Hermsmeyer, B. A. y Kleinman, K. M. (1973). Use of Electromyographic Feedback to Increase Inhibitory Control of Spastic Muscle. *Physical Therapy*, 53, 1063-1066.
- Basmajian, J. V. (1967). Control and Training of Individual Motor Units. *Science*, 141, 440-441.
- Basmajian, J. V. (1989). *Biofeedback: Principles and Practice for Clinicians*. 3 ed. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Bernstein, J. J. y Goldberg, W. J. (1995). Experimental spinal cord transplantation as a mechanism of spinal cord regeneration. *Paraplegia*, 33, 250-253.
- Brucker, B. S. y Ince, L. P. (1977). Biofeedback as an Experimental Treatment for Postural Hypotension in a Patient with Spinal Cord Lesion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58, 49-65.
- Conceição, M. I. G. y Gimenes, L. S. (2004). Conceição, M. I. G. y Gimenes, L. S. (2004). Uso de biofeedback em paciente tetraplégica com sensação de membro fantasma. *Interação em Psicologia*, 8, 123-128.
- Conselho Nacional de Saúde (1996). *Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos*. Brasília: Ministério da Saúde.
- De Bacher, G. (1989). Biofeedback in spasticity control. In Basmajian, J. V. (Ed.) *Biofeedback: principles and practice for clinicians* 3 ed. (pp. 141-151). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Diaz, A. L. A (1995). *Historia de las Deficiencias*. Madrid: Escuela Libre Editorial.
- Donner, I. O. (2001). Biofeedback. In Bernard Rangé. (Ed.). *Psicoterapias cognitivo-comportamentais um diálogo com a psiquiatria*, 1 ed. (pp. 131-142). Porto Alegre: Artmed.
- Fogel, E. R. (2005). Biofeedback-Assisted Musculoskeletal Therapy and Neuromuscular Re-Education. In M. S. Schwartz (Ed.), *Biofeedback: A Practitioner's Guide*, 5 ed. (pp. 515-544). New York: Guildford Press.
- Guttmann, S. L. (1985). *Lesionados medulares: tratamiento global e investigación*. Barcelona: Editorial JIMS.
- Hammell, K. W. (1995). *Spinal Cord Injury Rehabilitation*. Chapman & Hall, USA.
- Jacobsen, E. (1938). *Progressive Relaxation*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lianza, S. (1985). *Medicina de Reabilitação*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan.
- Lucas, J. T. y Ducker, T. B. (1979). Motor Classification of Spinal Cord Injuries with Mobility, Morbidity and Recovery Indices. *American Surgeon*, 45, 151-158.
- Lu, J., Féron, F., Mackay-Sim, A. y Waite, P. M. E. (2002). Olfactory ensheathing cells promote locomotor recovery after delayed transplantation into transected spinal cord. *Brain*, 125, 14-21.
- Luthe, W. (1969). *Autogenic Training*. New York: Grune and Stratton.
- Maddox, S. (1990). *Spinal Network*. Library of Congress Cataloguing in Publication Data, Colorado.
- Miller, N. E. (1969). Learning of Visceral and Glandular Responses. *Science*, 163, 434-445.
- Nacht, M. B., Wolf, S. L. y Coogler, C. E. (1982). Use of Electromyographic Biofeedback During the Acute Phase of Spinal Cord Injury. *Physical Therapy*, 57, 290-294.
- Redfern, M. (1992). Functional Muscle: Effects on Electromyographic Output. En G. L. Soderberg (Ed.), *Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives* (pp. 104-120). Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health.
- Ribeiro, A. C. (1994). Reações Emocionais Frente à Lesão Medular e Algumas Implicações no Processo de Reabilitação. In B. W. Romano (Ed.), *A Prática da Psicologia nos Hospitais*. São Paulo: Pioneira.
- Ruitenbergh, M. J., Plant, G. W., Hamers, F. P. T., Wortel, J., Blits, B., Dijkhuizen, P. A., Gispén, W. H., Boer, G. J. y Verhaagen, J. (2003). *Ex Vivo* Adenoviral Vector-Mediated Neurotrophin Gene Transfer to Olfactory Ensheathing Glia: Effects on Rubrospinal Tract Regeneration, Lesion Size, and Functional Recovery after Implantation in the Injured Rat Spinal Cord. *The Journal of Neuroscience*, 23, 7045-7058.

- Schablowski-Trautmann, M., Kogel, M., Rupp, R., Mikut, R. y Gerner H. J. (2006). From diagnostics to therapy-- conceptual basis for real-time movement feedback in rehabilitation medicine. *Biomedizinische Technik*, 51, 299-304.
- Sella, G. E. (1995). *Neuromuscular testing with surface EMG*. Ohio: GENMED Publishing.
- Sella, G. E. (1997). *Muscles in motion – S-EMG analysis of motion of the human body*. 2 ed. Ohio: GENMED Publishing.
- Spinal Cord Injury Association (1992). *Annual Review*, Spinal Injuries Association, London.
- Stein, R. B., Brucker, B. S., y Ayyar, D. R. (1990). Motor Units in Incomplete Spinal Cord Injury: Electrical Activity, Contractile Properties and Effects of Biofeedback. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 53, 880-885.
- Trieschmann, R. (1988). *Spinal cord injuries: psychological, social and vocational rehabilitation*. New York: Demos.
- Yates, A. J. (1975). *Theory and Practice in Behavior Therapy*. New York: Wiley Interscience.

Fecha de recepción: 15 de abril de 2008
Fecha de aceptación: 20 de noviembre de 2008