

Retroacción biológica muscular

Aplicaciones de la biorretroalimentación en los trastornos motores

B. Brugerolle
C. Chauvière
J. M. André

La retroacción biológica o biorretroalimentación (biofeedback) es un método de rehabilitación que utiliza, con un objetivo de aprendizaje por condicionamiento, una retroinformación externa proporcionada transitoriamente por una serie de medidas capaces de objetivar los resultados [1]. La instrumentación revela, de forma continua e instantánea, los hechos fisiológicos internos normales o anormales del paciente, en forma de señales sensoriales (visuales, auditivas) o sensitivas (fig. 1). Las aplicaciones en reeducación son numerosas y el método está bien codificado; se basa en las reglas de aprendizaje por condicionamiento y por conocimiento de los resultados [21, 22].

Biorretroalimentación: aprendizaje y retroinformación

Aprendizaje y condicionamiento

Aprendizaje

Es la acción la que permite adquirir o modificar un conocimiento o una aptitud motriz gracias a la experiencia [4]. Los procesos de aprendizaje motor se basan en gran medida en las interacciones establecidas entre el individuo y su entorno, en las cuales las modalidades de condicionamiento ocupan un lugar importante.

Condicionamiento

Es la capacidad de responder a un estímulo con la respuesta específica a otro estímulo cuando ambos se presentan simultáneamente, de forma repetida. Existen 2 tipos: el condicionamiento por asociación (Pavlov) y el condicionamiento operante o instrumental (Skinner). Aunque los experimentos de Pavlov, aplicados al sistema nervioso vegetativo, son difícilmente reproducibles en reeducación, han permitido sin embargo definir las reglas y los factores del condicionamiento.

Condicionamiento por asociación

Un estímulo absoluto (presentación de comida al perro) provoca una respuesta absoluta (salivación); un estímulo neutro (el ruido de un metrónomo) no tiene ningún efecto (ausencia de salivación). La asociación de los 2 estímulos (comida y metrónomo) provoca la respuesta al estímulo absoluto (salivación). Después de varias sesiones, el metrónomo sólo puede provocar la salivación, el estímulo neutro se ha convertido en un estímulo condicionado: la reacción se denomina condicionada. La cronología de los estímulos empleados es determinante: estímulo condicionado (metrónomo) + estímulo absoluto (comida) y después estímulo condicionado solo.

Condicionamiento operante o aprendizaje instrumental

Se introduce en una jaula a una rata hambrienta; esta jaula tiene una palanca cuya manipulación pone en marcha un distribuidor de alimento. Durante sus movimientos de

exploración, por casualidad, la rata empuja la palanca (respuesta por condicionar) y recibe una bola de comida (reforzamiento). Vuelve a moverse en la jaula y de nuevo pone en marcha el distribuidor y, así, sucesivamente. Después de un tiempo de ensayos-errores, la rata empuja directamente la palanca cada vez que tiene hambre. En este tipo de condicionamiento, en el que las interacciones del individuo y de su entorno son fundamentales, el conocimiento del resultado es el elemento condicionante o *reforzamiento*. La medida objetiva de los resultados caracteriza la *acción*. Las modalidades del conocimiento de los resultados permiten distinguir el *reforzamiento de acción*, que modifica la acción en curso, del *reforzamiento terminal* o *de aprendizaje*, que señala las modificaciones que deben intervenir durante las acciones futuras.

Durante el tratamiento por biorretroalimentación, la cadena instrumental —en el transcurso de la sesión— da un resultado inmediato, confirmación de éxito o de fracaso, que ejerce la función de agente reforzador. Al final de la sesión, el recuento de los éxitos o de los errores da un resultado. Los 2 tipos de reforzamiento están y deben estar asociados para permitir un aprendizaje instrumental.

Factores de creación y de mantenimiento de los condicionamientos [17]

Los factores observados durante las experimentaciones con animales son aplicables al aprendizaje humano espontáneo o dirigido y, concretamente, a la biorretroalimentación.

Extinción

Cuando un comportamiento no es reforzado, éste se abandona, es el fenómeno de extinción. La extinción deriva de un proceso doble de inhibición externa e interna.

— *La inhibición externa* es la desaparición de un reflejo condicionado cuando se produce una estimulación intensa y desacostumbrada (distracción) inmediatamente después de la presentación del estímulo condicionado. Provoca una reacción de investigación-orientación que provoca la inhibición del reflejo condicionado.

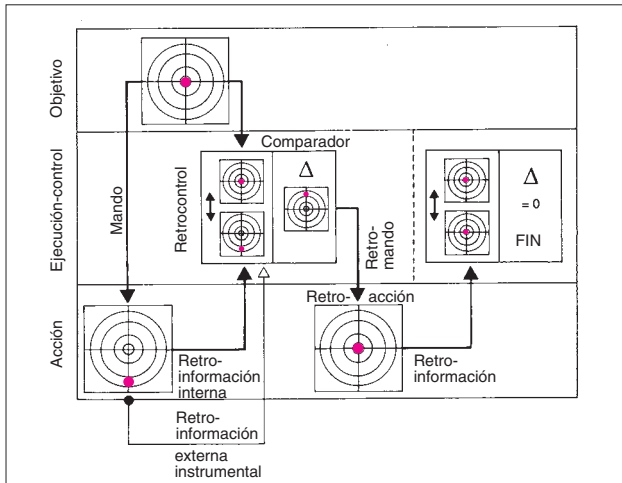
— *La inhibición interna* es la desaparición de una reacción condicionada por ausencia de reforzamiento.

— *El reforzamiento* es la concesión de una recompensa o la ausencia de castigo.

Generalización. Discriminación

Un condicionamiento adquirido en circunstancias determinadas puede generalizarse en situaciones próximas de las

Bertrand BRUGEROLLE: Médecin-chef.
Claudie CHAUVIÈRE: Masseur-kinésithérapeute.
Centre de réadaptation pour grands handicapés, 54690 Lay Saint-Christophe.
Jean-Marie ANDRÉ: Professeur des Universités, praticien hospitalier, chef de service, Institut régional de réadaptation, 35, rue Lionnois, 54042 Nancy cedex.



1 Etapas principales del control del movimiento.
 La acción realizada (o en fase de realización) da lugar a una retroinformación que permite la comparación entre la acción proyectada y la acción realizada (retrocontrol). En caso de diferencia (error), se lanza una orden de corrección (retromando) que da lugar a una acción de corrección (retroacción). Se repite el proceso hasta que la intención y la acción concuerden.
 En la biorretroalimentación, se proporciona una retroinformación externa mediante una cadena instrumental que capta la acción a medir y la devuelve en forma de señal sensorial.

circunstancias de aprendizaje: es el fenómeno de generalización.

Por el contrario, el aprendizaje puede ser determinado de manera precisa por el reforzamiento: es el fenómeno de discriminación.

Motivaciones

Ningún aprendizaje es posible sin motivaciones, ya sean primarias como puede ser un organismo en situación de necesidad biológica (hambre, sed) o adquiridas, es decir que derivan de un aprendizaje o de un experimento.

Retroinformación y condicionamiento

La biorretroalimentación es utilizada en kinesiología o en ergoterapia como un condicionamiento instrumental. El conocimiento del resultado dado por la instrumentación recompensa o sanciona. Sigue inmediatamente a la acción por condicionar:

acción — retroalimentación externa — resultado (acción condicionada)

— *La retroinformación externa* (retroalimentación e instrumentación correspondiente) sólo debe ser una etapa intermedia y por lo tanto debe ser suprimida a término. Las reglas del condicionamiento han de ser respetadas.

— *La motivación* se desarrolla al máximo con el fin de recuperar una función perdida o alterada. Los criterios que contribuyen al mantenimiento de la motivación son: los resultados obtenidos, la calidad de la retroinformación, el comportamiento del terapeuta y del equipo tratante, las curvas de progresión así como la noción misma de los resultados.

— *El reforzamiento* está asegurado por la retroinformación que traduce el éxito o el fracaso a través de los resultados cuantitativos precisos y fácilmente comprensibles. Esta sanción debe ser remitida lo antes posible después del acto motor que hay que reforzar.

— Durante la *creación de un condicionamiento* hay que evitar cualquier tipo de estímulo parásito que, asociado, podría volverse él mismo un estímulo condicionado indeseable.

La concentración del paciente es fundamental. A veces es necesario retomar una situación de condicionamiento para hacerla perpetuar (inhibición-extinción).

La biorretroalimentación introduce de forma transitoria, una retroinformación externa que restablece un circuito de retroalimentación. El paciente, para mejorar sus resultados y mediante el condicionamiento operante, debe desarrollar otros sistemas internos de regulación, otros circuitos normalmente accesorios o extraños, iniciando retroalimentaciones que podrían ser calificadas como condicionadas (fig. 2). La supresión de la retroinformación externa instrumental hace necesario el uso de las retroalimentaciones condicionadas. Es conveniente proseguir el condicionamiento para consolidar el nuevo comportamiento que, posteriormente deberá —si es necesario— ser entretenido con regularidad para evitar la extinción.

Instrumentación

Resulta indispensable definir el objetivo del aprendizaje, es decir, el comportamiento que debe ser modificado. Una vez definido, hay que elegir la retroinformación externa y la cadena instrumental que conviene utilizar para permitir una retroinformación pertinente así como la creación de un estímulo condicionado adecuado.

Para demostrar una acción motora hay que captarla, analizarla y traducirla a una forma fácilmente accesible y comprensible (conocimiento del resultado). Se eligen los detectores en función de la acción que se va a captar. Los detectores mioeléctricos son los más empleados [18]. Los detectores de desplazamientos articulares o goniómetros se utilizan para las articulaciones con un grado de libertad; para las otras articulaciones resulta más difícil, y hay que recurrir a instrumentos más complejos. Los instrumentos que miden la presión o barodetectores son de fácil manejo. Son particularmente útiles en las rehabilitaciones que conllevan una limitación del apoyo (reposición en carga [12]) o un reparto de los apoyos (control del equilibrio estático [miniplataforma de fuerzas]).

Otros instrumentos de medida se utilizan (electrocardiograma [ECG], pulso) para evaluar, vigilar o en reeducación para el esfuerzo.

Las señales así captadas se transmiten a una unidad de tratamiento.

Unidad de tratamiento de las señales captadas

Debe presentar la información de forma clara, precisa, inmediata, con el valor de sanción, y provocando una carga emocional con fines de motivación. Cuanto más claro y simple sea el significado de la señal, más rápido será el aprendizaje del uso del aparato.

Se utilizan tres tipos de retroinformación.

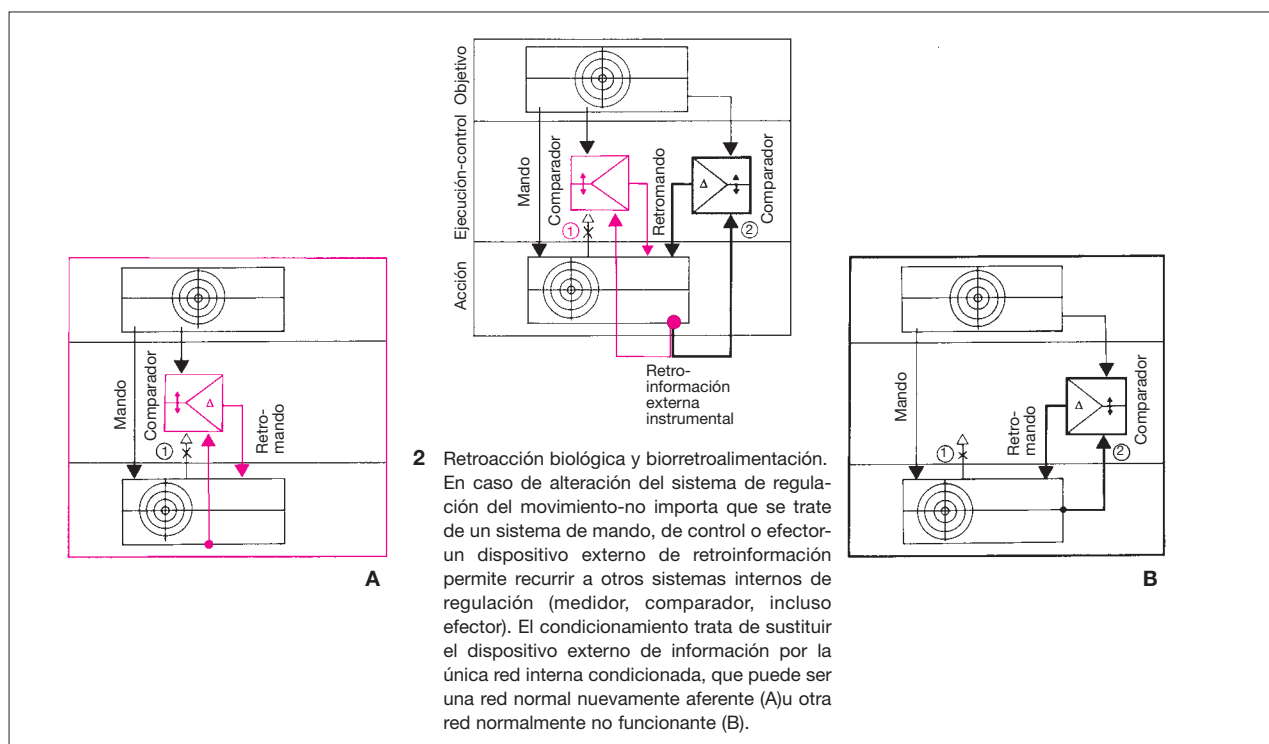
— *Información del todo o nada*: se enciende una luz o se oye un sonido que indican el éxito o el fracaso. Se puede emplear una síntesis vocal, para personalizar la retroinformación, incluso para imprimirle el valor de motivación de sanción.

El valor discriminatorio es limitado, pero la necesidad de participación del paciente es mínima.

— *Información continua y cuantitativa*: el valor absoluto de los resultados aparece en forma numérica o en forma analógica (aguja de un visiómetro, rampa de diodos, coloreados o no).

— *Información dinámica*: la señal puede integrarse en una programación dinámica, persecución de blancos, desplazamiento de puntos, es el principio del vídeo interactivo. Además es conveniente disponer de un sistema de memorización que permita el seguimiento objetivo de los resultados, así como de una curva de aprendizaje que refleje la eficacia del tratamiento.

Actualmente se dispone de numerosos aparatos. Son de 2 tipos.



Algunos son específicos de las reeducaciones por biorretroalimentación; son voluminosos y fijos o diminutos y portátiles. Estos últimos pueden ser utilizados para un tratamiento individual, a domicilio o en condiciones de situación real y no únicamente de evaluación. Otros son exclusivos, para una sola aplicación; por ejemplo en reeducación perineal. Los aparatos normalmente empleados para las exploraciones funcionales y con fines diagnósticos (electromiografía, cadena urodinámica, etc.) también pueden servir como fuente de retroinformación, al utilizar sus sistemas de visualización y/o de grabación.

Puesta en marcha de una reeducación por biorretroalimentación

Han sido elaborados protocolos precisos. Las fases del tratamiento son similares e independientes de la indicación. Se distinguen cuatro etapas (fig. 3):

Primer tiempo: iniciación

Esta etapa es muy importante, siendo determinante para el buen desarrollo de la reeducación en su conjunto. Requiere un tratamiento individual para explicar el método y para motivar al paciente, evitando cualquier elemento de distracción que frene esta primera etapa (reacción de orientación-investigación). Comporta la instalación del medidor (elección del sitio, regulación de los umbrales) y el umbral cuantitativo del trastorno que hay que corregir al principio (valor de la contracción muscular, valor angular, nivel de apoyo, etc.).

Segundo tiempo: condicionamiento con retroinformación externa

Cada acción va seguida de una retroinformación que provoca una modificación para la acción siguiente. Es la fase de condicionamiento operante. La retroinformación visual y/o auditiva informa de manera inmediata. Al final de cada sesión, se recogen los resultados y se inscriben en un gráfico. Esta fase de condicionamiento dura entre 15 y 21 días.

Cuando se considera que los resultados son insuficientes, se puede prolongar la etapa en 1 ó 2 semanas.

Tercer tiempo: condicionamiento sin retroinformación externa

Al haber eliminado la retroinformación, hay que continuar el entrenamiento en las mismas condiciones, evaluando con objetividad la calidad del aprendizaje: número de errores, intensidad de la contracción muscular, apoyo completo, etc.). Si se desean resultados más concretos, es posible proseguir la reeducación (discriminación).

Cuarto tiempo: evaluación a distancia y reforzamiento

Es conveniente, después de varios meses, comprobar los resultados; una disminución (extinción) requiere retomar el condicionamiento (reforzamiento). En la práctica, bastan varias sesiones con retroinformación, o incluso varios días para recuperar los resultados anteriores.

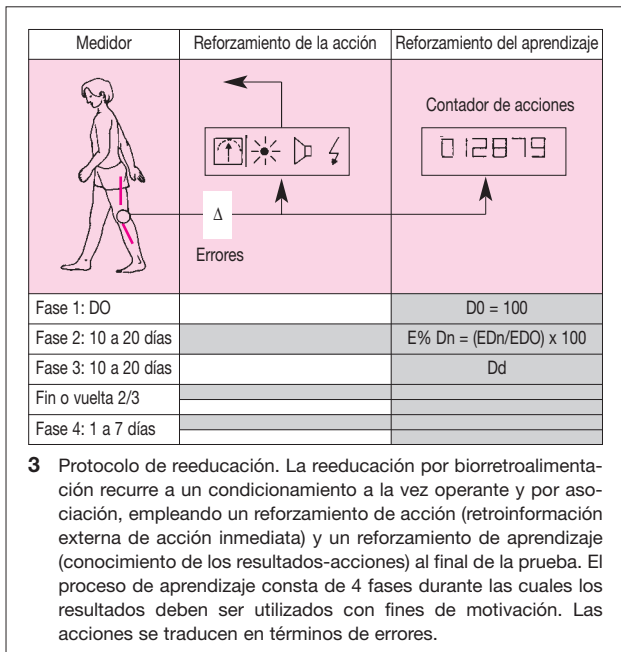
Resultados

Se puede evaluar objetivamente el aprendizaje, siguiendo la evolución cuantitativa de los errores (fig. 4). Están identificados distintos perfiles. La duración total de las adquisiciones oscila entre 2 y 3 semanas.

Elección de la instrumentación

Numerosos aparatos tienen la capacidad de establecer una biorretroalimentación. Todos los instrumentos de medida pueden servir. También puede tratarse de aparatos específicos que pueden ser:

- fijos, utilizados únicamente para simples ejercicios de entrenamiento;
- transportables, permitiendo entonces un entrenamiento con objetivos en situación habitual, con lo que se logra una mejor integración de las adquisiciones en la vida cotidiana. Los aparatos que tienen dispositivos que implican a los procesos de aprendizaje motor aportan una dimensión suplementaria ya que, finalmente, el objetivo consiste en inducir



nuevos sistemas inconscientes de control y en eliminar el sistema de retroinformación externa.

En cualquier caso, lo esencial es elegir bien el medidor específico del trastorno que debe corregirse. Cualquier cadena de medida capaz de tratar los datos recogidos puede servir para establecer un tratamiento por biorretroalimentación, que depende más del método de utilización que de la instrumentación propiamente dicha. Estos medidores sustituyen a los receptores o a las vías alteradas y, concretamente, a los encargados del control propioceptivo (sensibilidad profunda, sensibilidad artrocinética, etc.).

Aplicaciones en reeducación

Teóricamente son ilimitadas; en la práctica se pueden clasificar según los medidores empleados.

Ayuda al reforzamiento muscular y a la calidad del gesto

El uso de un medidor muscular (electromiografía-biorretroalimentación) es útil al principio de la recuperación (músculo clasificado entre 1 y 2). La visualización de la contracción permite el reforzamiento selectivo del músculo deficitario. La mayor parte de los estudios [3] se han ocupado de las lesiones traumáticas nerviosas, aunque también han analizado ciertas neuropatías médicas como por ejemplo el síndrome de Guillain-Barré [16]. La estimulación eléctrica puede ayudar al inicio de la terapia, al destacar la acción que hay que condicionar. Después, lo que se busca es un mejor control del movimiento o de la contracción. Es, por ejemplo, la reeducación de las parálisis faciales con un trabajo de los músculos paréticos y una limitación de la contracción de los músculos sanos [6, 8, 23].

Después de una inmovilización o de una intervención, cuando existe una sideración muscular, la biorretroalimentación ayuda a eliminarla.

Otras indicaciones relativas que hay que señalar son: calambres de los escritores, tortícolis espasmódica, cefaleas de tensión, bruxismo, etc.

Control y recuperación de las amplitudes articulares

El uso de medidores angulares (goniobiorretroalimentación) permite la corrección de un defecto (por ejemplo

genu recurvatum del hemipléjico) o el control de un segmento angular permitido (por ejemplo después de cirugía de ligamentos de la rodilla). Se determina un umbral y cualquier superación del mismo será señalada, correspondiendo a un error o a un objetivo realizado [20]. Los medidores del desplazamiento lineal han sido utilizados, por ejemplo en los lumbálgicos, para limitar la flexión del tronco [14].

Control de las cargas [12]

La barobiorretroalimentación, empleada en traumatología para evitar sobrepasar un apoyo limitado, recurre a medidores de presión. La existencia de dolor hace imposible el condicionamiento (fenómeno de inhibición máxima) y constituye una contraindicación.

Utilización en neurología central

La biorretroalimentación ha sido utilizada sobre todo en la reeducación del hemipléjico. Se persiguen varios objetivos: reeducación de la orden motora, reeducación de los trastornos cognitivos, lucha contra la espasticidad [2].

— En la reeducación de la *orden motora*, la biorretroalimentación permite primero poner de manifiesto y después reforzar ciertos movimientos; favorece también la integración de retroalimentación externa, visual sobre todo, automatizando algunas compensaciones. Son muy numerosos los estudios relativos al miembro inferior y a la marcha [9, 10]. La goniobiorretroalimentación puede ser utilizada para el control de la rodilla o del pie [11]. Su empleo para el miembro superior es menos frecuente, debido seguramente a una recuperación menor. En cualquier caso, se puede emplear este método incluso mucho tiempo después del accidente, con resultados estimulantes.

— También se puede utilizar como ayuda a la *compensación de los trastornos cognitivos*, concretamente en los comportamientos de negligencia [15] que se deben esquemáticamente a 3 mecanismos: trastornos del esquema corporal, trastornos de la atención y anosognosia. La biorretroalimentación permite la reintegración de un miembro superior ignorado.

— la lucha contra la *espasticidad* consiste en la relajación muscular gracias a 2 electrodos colocados sobre la pareja agonista-antagonista, en posición de inhibición si es necesario.

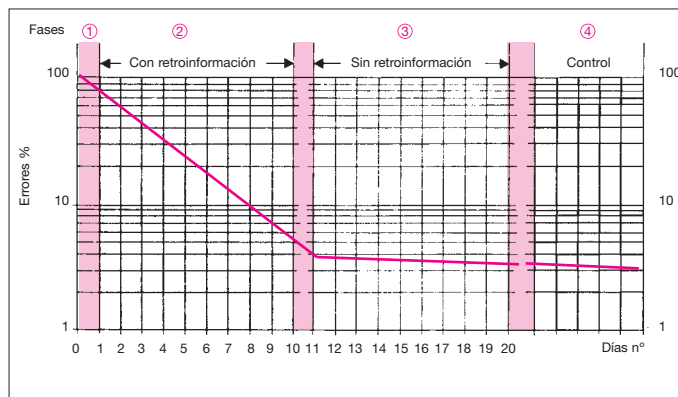
— En las dolencias motrices de origen cerebral, la biorretroalimentación puede reducir ciertos movimientos anormales o ciertas *distonías*, así como mejorar la marcha.

Biorretroalimentación e incontinencia urinaria

Esta terapia reeducativa sólo puede iniciarse tras un análisis preciso del síntoma cuya etiología ha sido previamente determinada con el examen clínico y, a veces, con exámenes complementarios (EMG, examen urodinámico, exámenes neurorradiológicos, etc.).

— *Las incontinencias urinarias de esfuerzo*, relacionadas con una insuficiencia muscular del piso perineal, a menudo pueden ser tratadas por biorretroalimentación. La reeducación está bien codificada: toma de conciencia del trastorno, aprendizaje de la orden perineal por estímulo eléctrico (la actividad se recoge sobre una sonda vaginal o rectal; se visualiza sobre la pantalla de un osciloscopio), contracciones perineales con control de la actividad, asociación de un trabajo propioceptivo y reprogramación neuromuscular, reentrenamiento al esfuerzo [19].

— El éxito de este tratamiento ha permitido el desarrollo de otras indicaciones [7]. *La biorretroalimentación vesical* se basa en la utilización del reflejo III de Mahony, la contracción del periné es capaz de inhibir las contracciones anárquicas del detrusor. La realización práctica de esta reeducación requiere la visualización simultánea de las contracciones detrusorianas desinhibidas y de la contracción perineal. Dicha reeducación será realizada utilizando un aparato de



4 Curva de aprendizaje con biorretroalimentación. Evolución de los errores expresados en porcentaje para una tarea determinada (ejemplo: recorrido a pie de 80 metros) durante las fases de aprendizaje (valores medios indicativos). Los errores se expresan en porcentaje en relación con el número de errores cometidos el D0, antes del tratamiento. El porcentaje de errores es calculado cada día (Dn) a partir del número de errores cometidos (Edn).

$$E\%Dn = \frac{Edn}{ED0} \times 100$$

En caso de deterioración de los resultados durante la fase 3, se puede retomar la fase 2.

cistomanometría que capte la presión intravesical y registre la actividad electromiográfica del esfínter anal mediante electrodos de superficie o elevadores del ano mediante una sonda vaginal [13]. En caso de incontinencia urinaria por debilidad esfinterina aislada, se realiza una *biorretroalimentación esfinterina* colocando un medidor a nivel del esfínter uretral: su eficacia no parece superior a la de una biorretroalimentación perineal clásica.

Biorretroalimentación anorrectal [5]

La biorretroalimentación, al permitir la percepción de una función fisiológica ignorada, permite su control: para ello, se coloca una sonda manométrica anorrectal con un balón distal situado en el recto y dos balones proximales situados en el canal anal que sirve de medidor.

— Sólo las *incontinencias de origen anal* secundarias a una insuficiencia esfinterina comprobada por manometría anorrectal pueden ser tratadas por biorretroalimentación. La toma de conciencia de la distensión de la ampolla rectal y de la sensación de necesidad, después la realización de una contracción voluntaria del esfínter anal y, finalmente, la coordinación entre la actividad del esfínter anal y la sensación de necesidad pueden ser dominadas.

— *El estreñimiento* secundario al enlentecimiento del tránsito cólico, demostrado por el tránsito de los marcadores no es accesible a la reeducación que se realiza en el estreñimiento de origen terminal secundario a una mala relajación del esfínter anal durante los esfuerzos de la defecación.

Retroinformación y relajación

La biorretroalimentación, utilizada desde hace tiempo, permite observar las contracciones musculares persistentes.

Con frecuencia, los medidores EMG están colocados a nivel de la cara.

Biorretroalimentación y comportamiento

Ciertos comportamientos automáticos pueden ser condicionados: levantamiento regular del asiento en el parapléjico, babeo en el enfermo motor cerebral, posición de la cabeza en los trastornos del tono axial, en el traumatizado craneal, por ejemplo.

*
**

La biorretroalimentación es un método de aprendizaje que utiliza una retroinformación en el marco de un condicionamiento instrumental. Se necesitan dos condiciones para que este método pueda ser utilizado;

— *hay que disponer de medidores adecuados, para poder objetivar la acción patológica que se va a corregir;*

— *la acción patológica debe poder ser modificada para ser accesible a un condicionamiento instrumental.*

Sea cual sea la indicación, el tratamiento está bien tipificado y requiere un gran rigor.

La biorretroalimentación, un método terapéutico poco utilizado, exigente, que permite una evaluación dinámica y que es capaz de lograr resultados muy positivos en casos en los que otros métodos han fracasado.

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención: BRUGEROLLE B., CHAUVIÈRE C. et ANDRÉ J. M. – Rétroaction biologique musculaire. Applications du biofeedback dans les troubles moteurs. – Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris-France), Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle, 26-147-A-10, 1994, 6 p.

[1] ANDRÉ JM, BRUGEROLLE B, CHELLIG L. Le biofeedback en rééducation motrice. Ann Readapt Med Phys 1986 ; 29 : 289-310
 [2] ANDRÉ JM, BRUGEROLLE B, CHELLIG L. Le biofeedback dans le traitement de l'hémiplégique. Concilia Medica 1987 ; 1 : 148-158
 [3] BASMAJIAN JV. Biofeedback. Principles and practice for clinicians. Williams and Wilkins. Baltimore. 1979
 [4] BESSOU P. Le système nerveux. SIMEP. Villeurbanne. 1978 ; 2 vol (Physiologie humaine), vol 1 : 264 p. vol 2 : 224 p
 [5] BEURET-BLANQUART F, WEBER J, FATTAL C, DENIS P. Rééducation vésico-sphinctérienne et ano-rectale. Pelissier J ed. Masson. Paris. 1992
 [6] BISSCHOP G. de Apport du biofeedback EMG dans la paralysie faciale. Psychol Med 1985 ; 17 : 1607-1610
 [7] BOURCIER A, JURAS J. Biofeedback. Urodynamique et réadaptation en urognécologie. Vigot. Paris. 1986 ; chap 12 : pp 236-253
 [8] BROWN DM, NAHAI F, WOLF S, BASMAJIAN JV. Electromyographic biofeedback in the reeducation of facial palsy. Am J Phys Med 1978 ; 57 : 183-190
 [9] BRUDNY J, KOREIN J, GRYNBAUM B. EMG feedback therapy : review of treatment of 114 patients. Arch Phys Med Rehabil 1976 ; 241 : 814-818

[10] BRUDNY J, KOREIN J, GRYNBAUM B. Helping hemiparetics to help themselves : sensory feedback therapy. JAMA 1979 ; 81 : 814-818
 [11] BRUGEROLLE B, ANDRÉ JM, CHAUVIÈRE C et coll. Correction du recurvatum persistant du genou de l'hémiplégique par goniofeedback ambulatoire et apprentissage par connaissance des résultats. Etude contrôlée sur 2 ans. Actualités et perspectives en médecine de rééducation. Paris. 1991. Paris : Palais de l'Unesco, 1991 ; 193 p
 [12] BRUGEROLLE B, CHAUVIÈRE C, ANDRÉ-VERT J, MARÇON D, GÉRARD B, ANDRÉ JM. Baro-biofeedback embarqué : applications aux appuis en décharge. Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation, 17^e série. Simon L ed. Masson. Paris. 1992 ; pp 33-36
 [13] DELAMER B, SUEUR JP. Apport du biofeedback en rééducation urognécologique. Ann Kinesither 1992 ; 19 : 363-377
 [14] FRAGU F, PENINOU G, VANDEWALL E. Utilisation en « biofeedback » d'un capteur de déplacement. Présentation et expérimentation préliminaire. Ann Kinesither 1982 ; 9 : 167-176
 [15] GUOUILIER B. Essai d'évaluation d'un conditionnement opérant par baro-biofeedback chez des hémiplégiques présentant un comportement de négligence. Mémoire DEA « Sciences et techniques appliquées au handicap et à la réadaptation ». Dijon. 1992

[16] INCE LP, LEON MS. Biofeedback treatment of upper extremity dysfunction in Guillain Barré syndrome. Arch Phys Med Rehabil 1986 ; 67 : 30-33
 [17] Le NY JF. Conditionnement et apprentissage. PUF. Paris. 1975
 [18] MATHIEU J, MINAIRE P, MORNIEUX J, CHATIN B. Utilisation de la rétroaction d'origine myographique en rééducation. Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation, 7^e série. Masson. Paris. 1979
 [19] PERRIGOT M, BRISSOT R, Le COZ MT. La rééducation périméale en biofeedback. J Readapt Med 1984 ; 4 : 5-7
 [20] RENDERS A, BRUGEROLLE B, GALLO C, ANDRÉ JM. Intérêt du gonio-biofeedback continu dans la rééducation du contrôle du genou. Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation, 13^e série. Simon L ed. Masson. Paris. 1988 ; pp 294-299
 [21] SIMONET P. Apprentissages moteurs. Processus et procédés d'acquisition. Vigot. Paris. 1985
 [22] SIMONET P. Apprentissages moteurs. La connaissance des résultats. Kinésithérapie Sci 1989 ; 280 : 42-56
 [23] WESTPHAL M. Place du biofeedback dans la surveillance et la rééducation des paralysies périphériques d'origine traumatique. Thèse Médecine. Lyon. 1984 ; 75 p