

Fortalecimiento muscular en rehabilitación

H Gain
JM Hervé
R Hignet
R Deslandes

Resumen. – El fortalecimiento muscular es un problema frecuente en kinesiterapia. En numerosos casos resulta fundamental para restablecer el movimiento. Requiere del terapeuta un conocimiento amplio de la fisiología y de la biomecánica del músculo. Comprende la valoración de las deficiencias, el análisis de las limitaciones en las actividades de la vida diaria, el diagnóstico kinesiterapéutico y la determinación de objetivos concretos. Estos últimos dependen de la enfermedad, pero también de las actividades de cada paciente, que necesitan características musculares específicas. La realización de un programa de fortalecimiento exige adaptaciones con respecto a las estructuras y funciones afectadas y al paciente a quien vaya dirigido. Se utilizan numerosas herramientas, de las más sencillas a las más complejas, con sus ventajas e inconvenientes, pero frecuentemente complementarias unas y otras. El fortalecimiento muscular en rehabilitación debe basarse en la utilización de programas personalizados y no en la aplicación de protocolos generales.

© 2003, Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, París. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: fortalecimiento muscular, rehabilitación, kinesiterapia, déficit funcional, déficit estructural, limitación de las actividades de la vida diaria, niño, anciano.

Introducción

Los kinesiterapeutas-masajistas se dedican fundamentalmente a la rehabilitación de las alteraciones del movimiento, lo cual implica casi siempre realizar un fortalecimiento neuromuscular durante la rehabilitación. El tendón es el encargado de transmitir la fuerza muscular a las estructuras óseas, facilitando la movilización segmentaria o la estabilización en función de las exigencias motoras. El fortalecimiento es más necesario cuando la alteración está vinculada a un deterioro de la estructura muscular. La elaboración de los programas debe basarse en un conjunto de conocimientos adaptados.

No obstante, no se puede hablar propiamente de un área específica de fortalecimiento neuromuscular en kinesiterapia. Sin embargo, es posible trabajar basándose en las teorías de las ciencias y de las técnicas de la actividad física y deportiva. Este tema se desarrolla en un artículo sobre los principios del fortalecimiento muscular y sus aplicaciones en el deportista^[10]. Los modelos utilizados en este campo para restablecer el movimiento óptimo pueden ser extrapolables, en cierta medida, al ámbito de la rehabilitación. Es necesario tener en cuenta tres consideraciones:

- la patología específica;
- los objetivos buscados;
- las características propias del paciente y de su entorno sociolaboral.

En este artículo se abordan varios aspectos:

- los objetivos;
- los tipos de programas de fortalecimiento;

- las diferentes herramientas utilizadas;
- algunos ejemplos de fortalecimiento en trastornos concretos.

Objetivos

Los objetivos se clasifican en tres tipos.

OBJETIVOS CURATIVOS

Tienen como finalidad el tratamiento de un déficit muscular secundario a un traumatismo o a una inmovilización prolongada. El objetivo es devolver a los músculos su fuerza, asegurar la movilidad y estabilidad articular y permitir la reincorporación a las actividades de la vida diaria, de ocio o laborales, en las mejores condiciones posibles. En el caso de lesiones musculares o tendinosas, se trata de devolver a esas estructuras su capacidad de resistencia al esfuerzo.

Hubert Gain.
Jean-Marc Hervé.
Rémy Hignet.
Institut de formation en masso-kinésithérapie, hôpital de Pontchaillou, rue Henri-Le Guillou, 35000 Rennes, France.
Rodolphe Deslandes.
UFRAPS, université Rennes 2, 35000 Rennes, France.

OBJETIVOS PREVENTIVOS

Se trata de prevenir las recidivas de lesiones ligamentosas, de accidentes musculares o de tendinopatías. Actualmente, el fortalecimiento muscular se indica también en el tratamiento de las lumbalgias crónicas. Permite prevenir, asimismo, las caídas en los ancianos y la amiotrofia tras las inmovilizaciones.

OBJETIVOS PALIATIVOS

En este caso, se trata de compensar la pérdida de ciertos músculos. Así por ejemplo, se fortalecerán los miembros superiores en el caso del paciente parapléjico.

Programas de fortalecimiento

RESEÑA DE ALGUNAS DEFINICIONES

Es importante recordar algunos términos de mecánica cuyo sentido en el lenguaje coloquial está desvirtuado.

— *La fuerza* se define como la capacidad para deformar, desplazar o modificar la trayectoria de un objeto. Su fórmula viene dada por la segunda ley de Newton: $F = m \times a$, es decir, es el producto de la masa por la aceleración. La aceleración (a veces deceleración, en el caso de la contracción muscular excéntrica) es un parámetro esencial para la eficacia del movimiento. Si se toma como ejemplo el paso de la sedestación a la bipedestación, el éxito o el fracaso de este desplazamiento estará vinculado a la capacidad del sujeto para acelerar lo suficiente su centro de gravedad en el cambio de posición. Este impulso, que debe vencer a la inercia, es difícil de medir por su brevedad; en el mundo del deporte lo llaman explosividad. Así pues, todos los programas de fortalecimiento aplicados deben incluir no sólo el concepto del peso y de la resistencia sino también, y de manera habitual, el de velocidad o, mejor aún, de aceleración (o de deceleración). La unidad que permite cuantificar la fuerza es el newton (N).

Existe una interacción entre la fuerza producida por el músculo o fuerza interna y la resistencia o fuerza externa contra la que el músculo debe luchar. Estas dos fuerzas se ejercen sobre los segmentos óseos articulados entre sí, constituyendo auténticas palancas.

Por ello, sólo debería hablarse de momentos de fuerza o de momentos de resistencia.

— *La potencia* se define como el producto de la fuerza por la velocidad. Se expresa en vatios (W). Refleja el funcionamiento del músculo, sobre todo en los movimientos rápidos.

— *El trabajo* se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento. Se expresa en julios (J). Está relacionado con la capacidad energética del músculo.

ELEMENTOS QUE COMPONEN LOS PROGRAMAS**■ Modo de contracción**

Modo isométrico

• Ventajas

Permite un fácil control de las tensiones ejercidas sobre el músculo y las estructuras vecinas.

Es útil en la recuperación de la amiotrofia.

Se adapta muy bien a algunos músculos de tipo tónico que funcionan esencialmente de este modo, como por ejemplo los músculos del tronco.

• Inconvenientes

Su utilización exclusiva no es válida para los músculos de tipo fásico o mixto.

El músculo se fortalece sobre todo en la longitud alcanzada durante el entrenamiento, por lo que se hace necesario variar el ángulo articular.

Modo concéntrico

• Ventajas

Favorece la recuperación en la amiotrofia.

Es útil cuando las estructuras musculares o tendinosas son todavía frágiles porque requiere poca intervención de las estructuras pasivas del músculo.

• Inconvenientes

Los principales inconvenientes se derivan de su utilización de forma exclusiva. Hay pocos músculos y actividades que utilicen únicamente este modo.

Modos excéntrico y pliométrico

Tienen mala imagen en el ámbito de la rehabilitación. La idea que se tiene de ellos viene del mundo del deporte, donde se utilizan en niveles de gran intensidad. Sin embargo, estos modos están presentes en muchas de las actividades de la vida diaria. Por ejemplo, durante la marcha la actividad muscular es esencialmente excéntrica o basada en el ciclo estiramiento-relajación, hecho que origina su funcionamiento económico. El descenso de escaleras se lleva a cabo fundamentalmente por el control excéntrico de la cadena de extensores de los miembros inferiores. Las actividades excéntricas intervienen de manera fundamental en la estabilidad de las articulaciones.

• Ventajas

Las contracciones excéntricas o pliométricas suelen estar próximas a la función. Permiten fortalecer las estructuras pasivas del músculo.

• Inconvenientes

Si los ejercicios están mal ajustados, estos modos pueden ser peligrosos. No obstante, los niveles de intensidad son muy inferiores a los utilizados en el deporte.

Recuérdese: el modo contráctil no ha de ser utilizado de forma exclusiva durante el fortalecimiento muscular en rehabilitación. Los modos excéntrico y pliométrico no se reservan exclusivamente para los deportistas.

■ Tipos de fortalecimiento

La clasificación empleada en el deporte es también aplicable en rehabilitación. Se pueden distinguir varios tipos de fortalecimiento que permiten desarrollar la fuerza máxima, la potencia máxima y la fuerza explosiva también llamada fuerza-velocidad ^[15]. Estos tipos de fortalecimiento se definen según la intensidad de la contracción, el número de repeticiones y la velocidad del movimiento. Los programas se describen detalladamente en el artículo sobre el fortalecimiento muscular en el deportista ^[10]. En este capítulo sólo se mencionan los aspectos principales así como aquellos vinculados específicamente a la rehabilitación.

Métodos de desarrollo de la fuerza máxima

Para alcanzar este objetivo, es indispensable utilizar cargas cercanas al límite máximo con un número pequeño de repeticiones ^[10]. Es necesario utilizar un 60 % de la 1 RM (1 repetición máxima) para comenzar a obtener eficacia, y un 80 % para implicar a las fibras II B, que son aquellas capaces de producir la máxima tensión.

En rehabilitación, el kinesiterapeuta debe asegurarse de que las estructuras pueden soportar las tensiones provocadas por estas contracciones intensas. Por ello, muchas veces este objetivo se demora en el tiempo. Sin embargo, no debe olvidarse cuando las lesiones estén consolidadas o cicatrizadas.

Métodos de desarrollo de la potencia máxima

La potencia máxima se consigue mediante una fuerza comprendida entre el 35 y el 50 % de la fuerza máxima isométrica y el 35 al 50 % de la velo-

ciudad máxima de contracción. Miller y Quièvre^[15] diferencian los procedimientos realizados con una potencia máxima tipo fuerza (resistencias entre el 50 y el 70 % de la 1 RM dinámica) y los modos realizados con una potencia máxima tipo velocidad (resistencias entre el 30 y el 50 % de la 1 RM dinámica). La orden dada al paciente es acelerar al máximo el movimiento, independientemente de la carga. Así, un entrenamiento de la potencia implica alcanzar la velocidad máxima posible para una carga determinada.

Métodos de desarrollo de la velocidad máxima o de la fuerza explosiva

El objetivo es conseguir un movimiento lo más rápido posible. Para permitirlo, la carga contra la cual debe luchar el músculo es pequeña: inferior al 30 % de la 1 RM en el modo concéntrico. Al igual que en el entrenamiento con potencia máxima, la orden dada al paciente es acelerar al máximo. El entrenamiento excéntrico y pliométrico facilita también la producción de estos movimientos de aceleración máxima^[10]. La calidad de la fuerza explosiva no se desarrolla bastante en los programas de rehabilitación. Sin embargo, la velocidad es necesaria para muchas de las actividades de la vida diaria, del ocio o de la vida laboral. Retomando el ejemplo citado en la introducción, el simple hecho de levantarse de una silla es poco eficaz y costoso desde el punto de vista energético si se realiza lentamente. Realizar este gesto con rapidez pone en marcha el ciclo de estiramiento-relajación de los extensores de la columna, de la cadera, de la rodilla y del tobillo, de una forma eficaz y más económica. Las contracciones rápidas son necesarias para hacer frente a los desequilibrios. En los ancianos esta facultad se pierde a menudo (disminución de las fibras II B)^[9], lo que favorece las caídas.

Programas para aumentar la masa muscular

El volumen es, junto con los factores nerviosos implicados en el reclutamiento muscular, el otro parámetro que interviene en la producción de fuerza. Este objetivo es frecuente en rehabilitación en la medida en que la amiotrofia está vinculada a la infrautilización del músculo. Las técnicas dirigidas al aumento de volumen se describen en el artículo sobre fortalecimiento muscular en el deportista^[10].

Los modos concéntrico e isométrico son los más indicados, ya que el nivel de intensidad requerido se acerca al recomendado para la potencia máxima.

Es necesario realizar series largas para conseguir un «agotamiento muscular» y estimular así la síntesis proteica. En

estos ejercicios no se busca la velocidad de movimiento. Las amiotrofias que persisten a pesar de diferentes intervenciones no son casuales, sino que se deben a no haber podido o sabido utilizar los medios adecuados durante el tiempo suficiente.

Métodos para incrementar la resistencia

La idea que se suele tener de la resistencia es que se trata de ejercicios que movilizan una carga pequeña, con numerosas repeticiones y a una velocidad lenta o relativamente lenta. En la práctica, este tipo de entrenamiento no tiene mucho interés. Es incompleto desde el punto de vista muscular, ya que sólo provoca una excitación de las fibras I demasiado débil como para obtener algún beneficio en los pacientes y además no suele ser adecuado para las actividades habituales.

Según los parámetros anteriormente descritos, la resistencia puede considerarse a distintos niveles. Así, se pueden distinguir:

- la resistencia de fuerza máxima: capacidad para movilizar cargas pesadas en el tiempo;
- la resistencia de fuerza - velocidad: capacidad para repetir ejercicios a gran velocidad;
- la resistencia de potencia máxima: capacidad para repetir ejercicios en el punto óptimo del producto fuerza-velocidad.

El entrenamiento de la resistencia tiene como objetivo mejorar la capacidad metabólica del músculo.

Recuérdese

- Para conseguir eficacia según la capacidad de las estructuras es preciso poder utilizar en un momento dado resistencias superiores o iguales al 60 % de la 1 RM.
- Debe tenerse en cuenta la calidad de la velocidad.
- El trabajo de la resistencia pura tiene poco interés.

■ Forma de los ejercicios

Carácter analítico o global

El fortalecimiento analítico permite dirigirse a un músculo o grupo muscular para tener una acción más específica. Es de primera elección al comienzo de la rehabilitación. El fortalecimiento global, que afecta a un conjunto de músculos, suele ser más adaptado a la función. Según la intensidad, además puede tener efecto sobre el sistema cardiorrespiratorio.

Nociones de grupos musculares

Desde un punto de vista funcional, es raro que los músculos trabajen de forma aislada. Habitualmente están organizados en grupos. Según la definición de Steindler, se habla de cadena cinética cerrada cuando el punto fijo es distal (a nivel del pie o de la mano). Es el modo de funcionamiento habitual de los músculos de los miembros inferiores. La organización muscular más frecuente es de tipo paralelo: los músculos motores se localizan a ambos lados del miembro y actúan simultáneamente. Un ejemplo de trabajo en cadena cinética cerrada es el clásico ejercicio de cuclillas.

En la cadena cinética abierta, el extremo distal del miembro está libre. Esta situación es frecuente en los movimientos del miembro superior. La organización muscular puede ser en cadena paralela o en serie (los músculos responsables del movimiento se sitúan al mismo lado del miembro e intervienen sucesivamente, como por ejemplo en un lanzamiento).

En la cadena cinética semicerrada, el extremo distal se desplaza pero encuentra una resistencia importante. La organización muscular es de tipo paralelo, como por ejemplo en los movimientos de empujar o de tirar con el miembro superior.

Programas motores

Como en el deporte, el objetivo consiste en conseguir que el paciente alcance el nivel más cercano a su actividad habitual, sobre todo en la fase final de la rehabilitación. Para ello se recurre a programas motores automatizados que permiten una acción coordinada de los músculos implicados. Siguiendo este principio se consigue extender los progresos obtenidos con la rehabilitación a las actividades de la vida diaria. Por ello es necesario conocer la actividad del paciente para elegir los ejercicios apropiados.

EXPLORACIÓN DE LA FUERZA Y DE LAS DEFICIENCIAS MUSCULARES

La exploración permite constatar las deficiencias y seguir la progresión de los pacientes durante la rehabilitación.

La amiotrofia se observa con frecuencia. Clásicamente se valora midiendo los perímetros, aunque esta medida no es totalmente representativa de la masa muscular. También hay que tener en cuenta la presencia de edema y de tejido graso, ya que con frecuencia la amiotrofia es de mayor intensidad que lo que refleja el perímetro medido.

La valoración de la fuerza muscular no se refiere a músculos aislados, sino a grupos musculares con una función común

(flexión, extensión, etc.). Se utilizan distintos métodos. En realidad se mide el momento de resistencia y no la fuerza muscular ni el momento motor producido por la contracción muscular.

La valoración manual, empleada en la exploración física, sólo es útil en los niveles iguales o inferiores a 3 ^[6]. Clásicamente se reserva para las parálisis periféricas y algunos autores también la emplean en las paraplejias y tetraplejias. Los músculos pueden ser valorados según los diferentes modos de contracción. El modo isométrico es el más utilizado en rehabilitación. El examen se realiza con un material sencillo. El estudio es más fácil ya que en esta situación los momentos motores y de resistencia son, por definición, constantes. Se comercializan diferentes modelos de dinamómetros, sensibles a la tracción o a la presión ^[2] y muy fáciles de utilizar. Para que la prueba se reproduzca correctamente hay que respetar ciertos criterios. Así, la variación del ángulo articular influye mucho en el momento de fuerza muscular y de resistencia debido a la variación inducida en la longitud del músculo así como a la modificación de los brazos de palanca. Por tanto, entre una prueba y otra, es obligatorio comprobar el ángulo articular y el punto de aplicación de la resistencia, para un grupo muscular concreto. Las órdenes que se dan al paciente también son importantes. Con un dinamómetro de mano se ha demostrado recientemente ^[16] que la orden «sujete» implicaba una manifestación de fuerza mayor que la de «empuje».

Las pruebas isométricas en general tratan de valorar la fuerza máxima voluntaria. Ciertas pruebas cuantifican la calidad de la resistencia muscular, como por ejemplo la de Sorensen para los extensores de la columna.

Observación: los rendimientos en modo isométrico no se correlacionan forzosamente con los de los otros modos de contracción.

Para realizar una valoración precisa en dinámica concéntrica o excéntrica, es necesario emplear un material más complejo (cf. infra). Son dispositivos que permiten valorar también la potencia y el trabajo muscular. Lamentablemente, estos dos últimos parámetros no suelen tenerse en cuenta. Por otra parte, el fortalecimiento dinámico en rehabilitación necesita una valoración de las capacidades máximas del músculo para cada ejercicio en la medida en que se utiliza una herramienta cuyo modo de resistencia es cuantificable. Sin embargo, hay que reseñar que la progresión observada en un ejercicio depende de la mejora de la fuerza muscular así como de una mejor coordinación intermuscular asociada al aprendizaje.

La constatación de un déficit de fuerza muscular implica la comparación con un modelo. En las enfermedades unilaterales de los miembros, muy frecuentes en rehabilitación, el lado sano es el mejor elemento de comparación. En las afecciones del tronco o en las bilaterales de los miembros, hay que referirse a modelos diferentes según la edad, el sexo, la talla y el peso. Hay que tener en cuenta la importancia de las variaciones individuales, incluso cuando los criterios predefinidos son similares entre unos y otros. En cualquier caso, lo más importante es que el kinesiterapeuta cuantifique, incluso de manera sencilla, la capacidad del músculo para generar fuerza. El progreso del paciente sólo se puede juzgar mediante datos numéricos.

El dolor es un componente que debe considerarse, ya que en ocasiones explica la mayor parte de la pérdida de fuerza. La distensibilidad y las contracturas también deben tenerse en cuenta a la hora de hacer una valoración muscular.

PLANIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR

El fortalecimiento muscular debe iniciarse lo antes posible, aunque respetando las características propias de la enfermedad. Los principios desarrollados en la medicina del deporte se aplican también en rehabilitación: todo período de trabajo debe seguirse de una fase de reposo. Para un grupo muscular determinado, se aconseja un entrenamiento de dos a tres veces por semana según la intensidad de las resistencias ^[18]. El período de recuperación puede prolongarse en el caso de un programa orientado hacia la fuerza máxima o tras un trabajo excéntrico un poco más intenso.

Para prevenir la amiotrofia se requiere, en primer lugar, una actuación precoz con el fin de reducirla al máximo. A continuación, se necesita un entrenamiento durante seis a ocho semanas para iniciar su recuperación.

*Se plantea una cuestión:
el fortalecimiento, ¿debe continuarse a título de mantenimiento después de terminar la rehabilitación? Se podría responder que sí, ya que si un deportista interrumpe el fortalecimiento muscular, pierde progresivamente los beneficios obtenidos. En realidad, para la mayoría de los pacientes, es suficiente la reanudación de las actividades anteriores. No obstante, en ciertas afecciones crónicas como las lumbalgias, o en el sujeto sedentario, se aconseja la práctica de una actividad física general de mantenimiento.*

INDICACIONES. CONTRAINDICACIONES

■ Indicaciones

La elección de los programas dependerá de las cualidades musculares que se deseen desarrollar, de las deficiencias objetivadas, del modo de funcionamiento habitual de los músculos que se han de fortalecer, de la composición de fibras lentas o rápidas y de las actividades específicas del paciente.

■ Contraindicaciones

La mayoría de las veces son relativas. Ante todo se trata de adaptar bien los ejercicios para evitar que el fortalecimiento muscular sea nocivo.

Las adaptaciones dependen:

- de la capacidad del músculo y del tendón para resistir las tensiones;
- de la capacidad de las estructuras óseas o articulares para resistir las tensiones inducidas por el fortalecimiento muscular;
- de la capacidad del paciente para efectuar los esfuerzos necesarios, como por ejemplo en caso de enfermedades cardiovasculares o por su edad.

Herramientas

RESISTENCIA MANUAL

Es la más sencilla y la más fácil de poner en marcha. Es muy segura. Las sensaciones del kinesiterapeuta, aunque subjetivas, son importantes para el diagnóstico.

La resistencia manual permite llevar a cabo contracciones muy analíticas, localizadas en un solo músculo. También permite la activación de grupos musculares, como en los ejercicios, ya clásicos aunque actuales, de Kabat.

Ofrece la posibilidad de trabajar en cualquier modo: isométrico, concéntrico, excéntrico.

Sus inconvenientes principales son:

- la dificultad para regular de forma precisa la intensidad de la resistencia;
- la dificultad para programar un trabajo contra mucha resistencia o con series largas.

El trabajo contra resistencia manual es muy útil al inicio. Permite valorar al paciente y observar sus reacciones antes de considerar la aplicación de otras técnicas.

RESISTENCIAS GRAVITATORIAS

Se utiliza la gravedad como elemento opuesto a la contracción muscular. Se utilizan diversos medios.

Las cargas directas consisten en movilizar pesas de gimnasio, pesos o barras

lastradas. Su utilización es sencilla, aunque presenta algunos inconvenientes:

— el momento de resistencia es variable y el músculo no se excita al máximo a lo largo de todo el movimiento. Es importante elegir la posición y la trayectoria muscular en las que se desea que este momento sea máximo;

— la seguridad no es total.

La terapia con polea casi no se utiliza hoy en día. Los inconvenientes que presenta son similares a los de las cargas directas.

Muchos de los aparatos de salas de musculación se basan en la utilización de cargas directas o de cargas movilizadas a través de una cuerda o una cadena. Su utilización es muy segura. La agregación de sistemas mecánicos, como las levas, permite limitar la variación de la resistencia.

Algunos dispositivos están orientados hacia el trabajo analítico. Otros permiten un trabajo bilateral simétrico. La mayoría funciona en el modo de cadena en serie. Algunos permiten un trabajo en cadena paralela, como la *leg-press* o los sistemas de tracción para los miembros superiores.

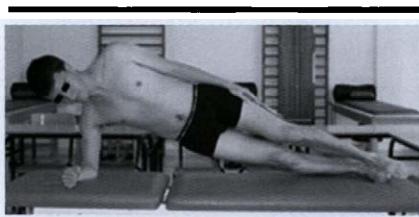
Con estos dispositivos se trabaja sobre todo en modo concéntrico. Pero es posible el retroceso en modo excéntrico durante el frenado.

Otro tipo de resistencia gravitatoria es el propio cuerpo del paciente (fig. 1). Un ejemplo son los ejercicios de cuclillas añadiendo una barra lastrada. También es posible trabajar en modo excéntrico en la recepción después de un salto y en modo pliométrico comenzando desde el suelo en un primer momento, y después a partir de peldaños de altura creciente. Algunos accesorios sencillos permiten un trabajo eficaz, como por ejemplo la cuerda de saltar o el *step* (fig. 2). Este último permite una gran variedad de ejercicios en todos los modos, pudiendo realizarse una progresión. La ventaja principal de estas técnicas es su similitud con la función normal.

APARATOS DE MUSCULACIÓN CON DIVERSOS MODOS DE RESISTENCIA (EXCEPTO LOS DINAMÓMETROS ISOCINÉTICOS)

Algunos aparatos están basados en la utilización de distintos medios de resistencias. Sin ánimo de ser exhaustivos, cabe nombrar las resistencias neumáticas, hidráulicas, electromagnéticas, la resistencia del aire, un volante de inercia, etc.

La mayoría se caracterizan por un trabajo global que implica a un gran número de músculos, así como al sistema cardiovascular. Lo más frecuente es



1 Ejercicio llamado de mejora lateral. Se trata de un ejercicio que implica en el modo isométrico a todos los músculos de la cadena lateral. Está indicado en las lesiones traumáticas o reumatológicas de la columna. El objetivo es la mejora del control postural.



2 Este ejercicio consta de dos secuencias:

A. Posición de salida.

B. Salto y caída con apoyo mono-podálico. Se trata de un trabajo excéntrico a velocidad rápida del tríceps sural, del cuádriceps y de los extensores de la cadera. Este ejercicio forma parte de una progresión: excéntrico con los pies en el suelo, caída desde una altura pequeña, caída bi-podálica y luego mono-podálica.

que funcionen en modo concéntrico en cadena paralela, como por ejemplo las bicicletas ergométricas, el *stepper*, el remo (fig. 3); etc.



3 Utilización del remo. Se trata de un ejercicio global que implica una gran parte de la musculatura así como al sistema cardiorrespiratorio. Los músculos de los miembros inferiores trabajan en cadena cinética cerrada con el modo de las cadenas paralelas. Es un ejercicio aconsejado en el caso de las ligamentoplastias del ligamento cruzado anterior, ya que provoca muy pocas tensiones sobre el nuevo ligamento, pudiendo iniciarse precozmente.

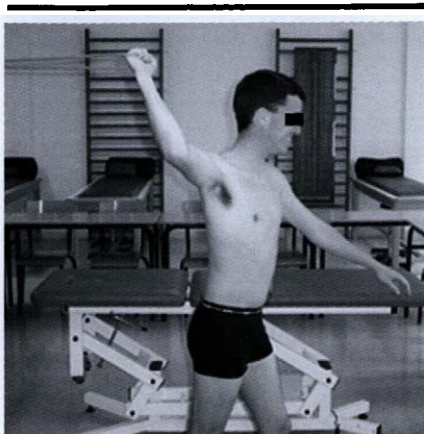
RESISTENCIAS ELÁSTICAS

Su empleo es fácil y el material es poco costoso [7]. Existen bandas con coeficiente de elasticidad variable que permiten adaptar las resistencias a los objetivos. También se pueden utilizar simples tensores, la mayoría con ajuste de resistencias.

Las características del entrenamiento mediante resistencias elásticas son:

- posibilidad de trabajar en modo concéntrico, isométrico y excéntrico (fig. 4);
- la resistencia aumenta con el incremento de la longitud. Así, en el caso de un esfuerzo concéntrico, la resistencia es máxima al final del movimiento, mientras que en el excéntrico la resistencia es máxima al principio del movimiento;
- posibilidad de realizar un trabajo analítico, o que implique cadenas musculares;
- posible trabajo tanto en cadena cinética abierta como cerrada, en serie o en paralelo;
- existe una gran variedad de ejercicios posibles. Todos los grupos musculares pueden ser requeridos;
- es fácil poner en marcha la autorrehabilitación.

El principal inconveniente reside en la dificultad de dar un valor numérico a la resistencia.



4 Ejercicio utilizado en la rehabilitación de la inestabilidad antero-inferior del hombro. Consta de dos partes: una fase concéntrica rápida en la que se tensa el elástico; una fase excéntrica durante la cual los músculos deben controlar la abducción-rotación externa del hombro. La ventaja de este ejercicio que se realiza en la última fase de la progresión estriba en requerir una reacción muy rápida de los músculos, similar a las condiciones reales.

DISPOSITIVOS ISOCINÉTICOS

■ Descripción

Estos aparatos tienen dos características: la fuerza del dispositivo depende de la fuerza desarrollada por el paciente (servodependencia) y, en segundo lugar, el control de la velocidad del movimiento es fijo y está predefinido por el terapeuta.

■ Utilización

Su utilización es doble:

— como aparatos de medida, valoran y/o calculan: el momento máximo de fuerza, el ángulo de aparición de ese momento, la potencia, el trabajo, la velocidad, la aceleración inicial, la resistencia muscular, la relación agonista-antagonista (en modos concéntrico y excéntrico). Es posible medir todos estos parámetros tanto en anisométrico como en isométrico.

— como aparatos de rehabilitación permiten mejorar: la fuerza, la potencia y la resistencia en todos los modos, en anisométrico tanto concéntrico como excéntrico y en isométrico.

Permiten dos tipos de movimientos: angulares para los dispositivos de eje fijo y lineales para los aparatos con polea. Estos últimos tienen la ventaja de ser más económicos, de ofrecer la posibilidad de trabajar tanto en cadena cinética abierta (CCA) como en cadena cinética cerrada (CCC), de requerir grupos musculares en serie o en paralelo, de realizar movimientos en los tres planos del espacio y de ser más similares a la función.

■ Ventajas de los dispositivos isocinéticos

La utilización de dispositivos isocinéticos presenta las siguientes ventajas:

- muy buena reproducibilidad de las medidas intra e interobservador ^[6];
- una precisión muy fina, incluso si los alineamientos entre el eje del motor y el eje articular no son perfectos;
- en cambio, para los aparatos con polea la valoración es menos precisa, debido a una peor reproducibilidad de las posiciones del paciente de una prueba a otra;

— la ausencia de riesgos debido a la servodependencia. Es útil principalmente en dos situaciones: en fase de cicatrización (el paciente puede seguir el movimiento de manera activa con ayuda progresiva) así como durante los dolores agudos (la resistencia se interrumpe al mismo tiempo que la contracción muscular ^[13]);

— el principio de la resistencia controlada permite un reclutamiento máximo durante toda la amplitud del movimiento. Dicho reclutamiento depende también del grado de compromiso del paciente;

— todos los tipos de contracción son posibles y están controlados.

■ Limitaciones

La utilización de los dispositivos isocinéticos está limitada por:

- su elevado coste;
- el movimiento no es fisiológico (la forma habitual del movimiento se produce mediante aceleración y deceleración: ningún movimiento se realiza a velocidad constante);
- las medidas a gran velocidad son menos fiables ya que el movimiento no es isocinético en toda su amplitud;
- la velocidad máxima es a veces insuficiente, sobre todo para algunos movimientos deportivos. No obstante, parece ser útil en un gran número de pacientes en rehabilitación.

■ Indicaciones

La utilización de los aparatos isocinéticos está indicada en los siguientes casos:

- en los deportistas, ya que el reclutamiento es máximo en toda la amplitud del movimiento;
- en el otro extremo, en los enfermos muy debilitados, que se benefician de un sistema asistido que permite la medición de MFM (momentos de desplazamiento frontal máximo) muy pequeños;
- en el modo excéntrico, que está más controlado, y por tanto es menos peligroso;

— en el trabajo de velocidad con poca o media carga. Hay que destacar que el objetivo de la velocidad no siempre es fácil de establecer en rehabilitación; sin embargo, incluso cuando no parece concordar con la denominación de estos dispositivos, también es posible trabajar a velocidad variable y a carga constante con alguno de ellos, pudiendo resultar especialmente beneficioso para aquellas actividades que precisan más celeridad que hipertrofia.

DISPOSITIVOS CON RESISTENCIA A LA INERCIA

Son dispositivos de reciente creación. El principio se basa en el desplazamiento de una masa sobre una corredera horizontal. Para el paciente no se trata de acelerar una masa sometida a la acción de la gravedad, sino de luchar contra su inercia.

La ventaja principal de este tipo de dispositivos es la de generar movimientos contra resistencia con fases de aceleración y de deceleración, como los producidos en el deporte y en la mayoría de las actividades motoras. Algunos de estos dispositivos ^[1] permiten la alternancia de fases excéntricas y concéntricas para un mismo grupo muscular. Se trata por tanto de un auténtico fortalecimiento de tipo pliométrico. Las técnicas de valoración mediante este tipo de aparatos utilizan acelerómetros.

BALNEOTERAPIA

La balneoterapia parece ser muy poco utilizada en el ámbito del fortalecimiento muscular. Sin embargo, ofrece múltiples posibilidades con una amplia seguridad para el paciente.

Se pueden utilizar todos los modos de contracción.

■ Modo concéntrico

Se utiliza la resistencia hidrodinámica que depende fundamentalmente de dos factores: la velocidad del movimiento (la resistencia aumenta con la velocidad al cuadrado) y la superficie desplazada. Se trata de una resistencia con servomecanismo. La resistencia también se puede ejercer según el principio de Arquímedes como la que se origina sobre un elemento de baja densidad pero con un cierto volumen (un objeto de espuma).

■ Modo isométrico

Puede consistir en tratar de mantener en posición de inmersión un objeto de baja densidad. La resistencia será proporcional al volumen del objeto. Otra posibilidad, por ejemplo para la extremidad superior, es la de mantener una raqueta sometida a la acción de un chorro de agua a presión.

■ Modo excéntrico

Consiste en impedir el ascenso a la superficie de un objeto de baja densidad (fig. 5) y de gran volumen o bien frenar el movimiento de un objeto sometido a la presión de un chorro de agua.

■ Modo pliométrico

La aparente disminución del peso del cuerpo en inmersión permite iniciar precozmente ejercicios de salto. La dificultad para llevarlos a cabo radica fundamentalmente en el nivel de inmersión. Los saltos en piscina se pueden comenzar mucho antes que en sala.

■ Trabajo global

También es posible plantear un trabajo global implicando incluso al sistema cardiovascular: por supuesto con la natación, pero también con la carrera en el agua. En este caso, el paciente debe llevar puesto un chaleco salvavidas para asegurar la flotación. Se le debe decir que los pies no pueden tocar el suelo y que intente avanzar reproduciendo los movimientos de una carrera tanto a nivel de los miembros inferiores como de los superiores. El esfuerzo es intenso a nivel cardiovascular y permite mantener la representación motora de la carrera mucho antes de que ésta le sea permitida.

ELECTROESTIMULACIÓN

La electroestimulación (EEM) se utiliza ampliamente, y con fundamento, en rehabilitación en general y especialmente en la de los deportistas lesionados^[12]. Es muy eficaz en la prevención y el tratamiento de la amiotrofia y es indispensable su instauración precoz.

Las corrientes más utilizadas son las de baja frecuencia bifásicas compensadas simétricas. Permiten un reclutamiento espacial importante y al ser corrientes cuyo valor medio es nulo, pueden ser utilizadas sin problemas con material de osteosíntesis.

Los parámetros principales de regulación son:

- la amplitud del impulso en relación con la cronaxia de los nervios motores de los músculos que se deben estimular;
- la frecuencia, factor de reclutamiento temporal del músculo. Está en relación con el tipo de fibras musculares y su frecuencia de tetanización. Dependiendo del tipo de fibras que se estimulen (tipos I o II), las frecuencias se distribuyen de 35 a 70 Hz. No obstante,



5 Trabajo excéntrico del plano anterior (especialmente de los abdominales): el paciente debe luchar contra la subida de la plancha que experimenta el empuje de Arquímedes.

este principio es motivo de controversia. Un estudio realizado por Thepaut-Mathieu^[20] ha demostrado que la fatiga provocada por la EEM, más importante a 80 Hz que a 30 Hz, no parecía deberse a una excitación preferente de las fibras II, sino a un número de estímulos 2,6 veces superior;

— la intensidad: está en relación con el reclutamiento espacial del músculo. Cuanto más elevada sea la intensidad, mayor será el número de fibras reclutadas. La eficacia de la EEM depende directamente de la posibilidad de utilizar intensidades cercanas al máximo. La intensidad depende de la capacidad del músculo para resistir las tensiones impuestas por la contracción electroinducida y de la capacidad del paciente para asumir valores próximos al umbral del dolor. Es preciso saber motivar al paciente, sin asustarlo, desde la primera sesión. Para hacer más cómoda la EEM hay que tener en cuenta dos puntos:

- es muy importante localizar de forma precisa el punto motor del músculo, factor de optimización de la intensidad (mejor eficacia de contracción para una intensidad dada);
- hay que evitar tratar al músculo en su estado más corto, para no provocar calambres musculares. La contracción debe realizarse en un recorrido medio en modo isométrico contra resistencia.

Por tanto, la electroestimulación es ineludible en la rehabilitación aunque no debe ser el único medio empleado.

MIOFEEDBACK

Los aparatos de miofeedback^[5] o de EMG biofeedback^[6] se basan en el análisis de la señal eléctrica de la contracción muscular. Hay que hacer tomar conciencia al paciente de la importancia

de la contracción muscular para que participe activamente con el fin de aumentar el reclutamiento de las unidades motoras. La información dada al sujeto puede ser auditiva o visual. Esta última puede realizarse a través de columnas luminosas, datos numéricos o mediante una curva en el monitor. Algunos aparatos permiten visualizar sobre la misma pantalla las curvas obtenidas a partir de un sensor dinamométrico. El miofeedback también puede asociarse con la EEM de distintas maneras.

El miofeedback es útil a lo largo de toda la rehabilitación; sobre todo al principio para prevenir los bloqueos y la amiotrofia.

Ejemplos de protocolos de fortalecimiento muscular

Para el establecimiento de un protocolo de fortalecimiento muscular es preciso seguir un procedimiento riguroso. Los elementos principales que debe definir el rehabilitador son: los objetivos, los músculos implicados, los principios de acción y de precaución, los modos de contracción, los tipos de fortalecimiento, los distintos ejercicios, la progresión y los dispositivos utilizados.

Se presentan aquí tres ejemplos de fortalecimiento muscular en enfermedades frecuentes en rehabilitación: la inestabilidad anteroinferior del hombro (cuadro I), las paraplejas (cuadro II) y las tendinopatías de Aquiles (cuadro III).

Conclusión

Para iniciar un fortalecimiento muscular en rehabilitación se necesita, como ya se ha visto, fijar objetivos específicos teniendo en cuenta las estructuras y las funciones alteradas así como las capacidades residuales y actividades de los pacientes, y elegir los medios y los dispositivos adecuados. Así pues, se trata de realizar una rehabilitación personalizada huyendo de los patrones estereotipados.

El rehabilitador se enfrenta a dos necesidades, a veces contradictorias: tener en cuenta los principios del fortalecimiento muscular desarrollados en el deporte y que han demostrado su eficacia, y saber adaptar estos principios a las discapacidades impuestas por las enfermedades y características del propio paciente.

Cuadro I. – Protocolo de fortalecimiento muscular en la inestabilidad anteroinferior del hombro.

OBJETIVOS
Prevenir las lesiones derivadas de la inestabilidad anteroinferior del hombro.
MÚSCULOS IMPLICADOS
Rotadores de la articulación escapulohumeral, estabilizadores de la escápula.
PRINCIPIOS
Se trata de compensar la inestabilidad derivada de los factores anatómicos pasivos, aumentando las capacidades de estabilidad activa. Se realiza mediante un fortalecimiento muscular adecuado, asociado a una nueva programación neuromotora.
PRECAUCIONES
Debe controlarse la estabilidad del hombro en todos los ejercicios.
MODOS DE CONTRACCIÓN
Isométrico, después concéntrico y excéntrico. En la posición de retropulsión/antepulsión del brazo: potenciación excéntrica de los rotadores internos, concéntrica de los rotadores externos. En la posición de lanzar: potenciación concéntrica de los rotadores internos, excéntrica de los rotadores externos.
TIPO DE FORTALECIMIENTO
Fortalecimiento centrado sobre la fuerza máxima según las deficiencias objetivadas (desequilibrios agonistas-antagonistas), especialmente sobre la velocidad con vistas a la protección del hombro.
TIPO DE EJERCICIO
Los ejercicios se desarrollan en cadena cinética abierta, que es la manera más parecida a su función. Los ejercicios deberán parecerse de forma progresiva a los movimientos específicos del deporte practicado, para asegurar una buena transferencia.
PROGRESIÓN
Los ejercicios van desde la posición de estabilidad articular máxima ^(4, 19) hasta las posiciones de inestabilidad (en general abducción-rotación externa de la articulación escapulohumeral)
DISPOSITIVOS UTILIZADOS
Resistencia manual: permite controlar bien todos los parámetros. Resistencias elásticas. Dinamómetros isocinéticos de eje fijo o con polea.

Cuadro II. – Protocolo de fortalecimiento para facilitar la autonomía de las transferencias en un paciente parapléjico.

OBJETIVOS
Permitir al paciente adquirir autonomía en las transferencias para compensar la parálisis motora de los miembros inferiores.
MÚSCULOS IMPLICADOS
Músculos depresores del hombro, tríceps braquial, estabilizadores de la escápula.
PRINCIPIOS
Se trata de entrenar a los músculos de los miembros superiores para una función que no es habitual, como la de desplazar el peso del cuerpo.
PRECAUCIONES
Evitar producir dolor a nivel del hombro. Para esto los ejercicios se desarrollarán con los miembros superiores en abducción inferior a 90º ⁽⁴⁾ . Durante los ejercicios hay que prestar especial atención a los problemas derivados de la fragilidad cutánea.
MODOS DE CONTRACCIÓN
Modo concéntrico para levantar la masa corporal. Modo isométrico para estabilizar la postura. Modo excéntrico para controlar las caídas.
TIPO DE FORTALECIMIENTO
El fortalecimiento se basa en la mejora de la fuerza máxima para poder movilizar la masa corporal. La fuerza explosiva también es importante con vistas a mejorar la eficacia del movimiento. El trabajo contra resistencia no es útil si las transferencias no se repiten a intervalos cortos.
TIPO DE EJERCICIO
La puesta en funcionamiento de los músculos se efectúa sobre todo en forma de cadenas paralelas, que es la que mejor se corresponde con la función que se persigue.
PROGRESIÓN
La progresión va desde los ejercicios analíticos hacia los ejercicios globales. Se realizan al principio en cadena semicerrada, pero desde que el paciente consigue levantar el peso del cuerpo se desarrollan en cadena cerrada (ejercicios tipo «alzado» por ejemplo). La rehabilitación evoluciona pronto hacia la realización de transferencias en situación real.
DISPOSITIVOS UTILIZADOS
Sistemas de pesos-polea, bancos de musculación para fortalecer el levantarse-acostarse. Cúñas de madera de altura progresivamente creciente para los ejercicios de «alzado».

Cuadro III. – Fortalecimiento muscular en las tendinopatías aquéneas.

OBJETIVOS
Rehabilitar el tendón según un protocolo concreto utilizando la potenciación excéntrica para restaurar la unidad tendinosa y favorecer su reorganización estructural (teoría de Stanish).
MÚSCULOS IMPLICADOS
Sistema tríceps-aquileo: las contracciones máximas en tracción sobre el tendón de Aquiles se ejercen con la rodilla en extensión, el tobillo en flexión máxima con el pie en abducción y pronación y el retropié en valgo extremo. Corresponde a una <i>situación de alargamiento, que debe asociarse con una actividad contráctil excéntrica, es decir, que frene la componente de contracción, para que la tensión sea máxima. Este tipo de situación se da en una actividad como la carrera a pie, responsable con frecuencia de lesiones aquéneas.</i>
PRINCIPIOS
Los programas están basados en las características del modo excéntrico, que se centran en el tendón que forma parte del CES o componente elástico en serie. Uno de los elementos se basa en el modelo de Hill.
PRECAUCIONES
Asegurarse con el médico de que el cuadro clínico del paciente permite utilizar este tipo de procedimiento.
MODOS DE CONTRACCIÓN
El modo de contracción utilizado es el excéntrico.
TIPO DE FORTALECIMIENTO
<div>Se basa en el modelo general propuesto por Stanish.</div> <div>1ª parte: estiramiento estático tensión pasiva<ul style="list-style-type: none">— 15 a 30 segundos— 3 a 5 repeticiones</div> <div>2ª parte: trabajo excéntrico (S: sesión)<ul style="list-style-type: none">— Progresión en velocidad T: lenta S1, S2- mediana S3, S4- rápida S5, S6— Progresión en carga con repetición de la progresión en velocidad a lo largo de 1 semana— Tres series de 10 ejercicios por sesión— 12 sesiones<div>Cabe añadir que si 12 sesiones no son suficientes, puede instaurarse otro ciclo de otras 12 sesiones.</div></div> <div>3ª parte<ul style="list-style-type: none">— Se realiza de nuevo una fase de estiramiento estático</div> <div>4ª parte<ul style="list-style-type: none">— Al final de la sesión se aplicará hielo durante diez minutos</div>
<div>Importante: controlar el dolor</div> <div>Si no hay dolor provocado por el W excéntrico, no hay beneficio para el tendón. El programa es coherente si el dolor aparece en la tercera serie de trabajo.</div>
TIPO DE EJERCICIO
El movimiento realizado consiste en la flexión del tobillo contra una resistencia superior a la fuerza producida por el tríceps. Se utiliza el componente principal del sistema tricipital.
PROGRESIÓN
Los dos criterios de progresión en el modo excéntrico son la velocidad y la carga.
DISPOSITIVOS UTILIZADOS
<div>Dinamómetro isocinético: este sistema permite ajustar de forma precisa la progresión de la carga y de la velocidad.</div> <div>Prensa de tríceps: la utilización de este sistema plantea problemas en relación con el control de la velocidad. Así, el seguimiento de la progresión es más aleatorio.</div> <div>Step: este dispositivo permite instaurar un programa de suelo. Sin embargo, es más difícil manejar la progresión de la carga en comparación con la prensa de tríceps.</div>

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención del artículo original: Gain H, Hervé JM, Hignet R et Deslandes R. Renforcement musculaire en rééducation. Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-055-A-11, 2003, 10 p.

Bibliografía

- [1] Albert M. Entraînement musculaire et isocinétisme excentrique. Paris : Masson, 1997
- [2] Bohannon R. Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Arch Phys Med Rehabil* 1997 ; 78 : 26-32
- [3] Chanussot JC, Danowski RG. L'épaule instable. In : Rééducation en traumatologie du sport : 1. Membre supérieur, muscle et tendons. 3e Ed. Paris : Masson, 2001 : 56-84
- [4] Chivilo M et al. Rôle des rééducateurs dans la prévention des douleurs d'épaule du paraplégique. *Kinésithérapie Scientifique* 2002 ; 426 : 29-34
- [5] Crépon F. Intérêt du myofeedback. *Ann Kinésithér* 2001 ; 28/6 : 261-268
- [6] Croisier JL, Criellard JM. Méthodes d'exploration de la force musculaire : une analyse critique. *Ann Med Phys* 1999 ; 42 : 311-22
- [7] Curraladas J, Gratian C. Elastiques et rééducation. *Kinésithérapie Scientifique* 1997 ; 90 : 62-64
- [8] De Bisschop G, De Bisschop E, Nundall-DeBisschop R, Gouget JL. Biofeedback électromyographique. Principes et indications . <http://www.santé.cc/electro/dossiers/biofeedback/bfb01.htm>
- [9] Dehail P, Bourdel-Marchasson I. Le vieillissement musculaire : conséquences fonctionnelles, évaluation, prise en charge rééducative. *Profession Kiné Plus* 2001 ; 84 : 21-26
- [10] Deslandes R, Gain H, Hervé JM, Hignet R. Principes du renforcement musculaire. Applications chez le sportif. *Encycl Méd Chir* (Éditions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Kinésithérapie-Rééducation Fonctionnelle 2003
- [11] Fyfe I, Stanish W. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clinics in Sports Medicine* 1992 ; 11/3 : 601-610
- [12] Gain H. Données récentes de la littérature concernant l'électrostimulation chez le sportif. Mémoire de maîtrise entraînement et performance motrice, Université Rennes 2, UFR APS, 1998. Disponible au centre de documentation de l'IFMK de Rennes
- [13] Herlant M, Voisin P. Bilans musculaires. *Encycl Méd Chir* (Éditions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation, 26-010-A-10, 1993 : 1-48
- [14] Middleton P, Puig PLP, Trouvé P, Savalli L. Le travail musculaire excentrique. *J Traumatol Sport* 2000 ; 17 : 93-102
- [15] Miller C, Quièvre J. Les techniques de renforcement musculaire. *Sport Méd'* 1997 ; 90 : 54-56
- [16] Phillips B, Lo S, Mastaglia F. Muscle force measured using "break" testing with a hand-held myometer in normal subjects aged 20 to 69 years. *Arch Phys Med Rehabil* 2000 ; 81 : 653-661
- [17] Pocholle M. Application pratique du travail excentrique dans les tendinopathies et les déséquilibres musculaires à partir d'un protocole de rééducation. *Kinésithérapie Scientifique* 2001 ; 413 : 39-48
- [18] Portero P. Approche posologique pour l'optimisation du renforcement musculaire. *Ann Kinésithér* 2001 ; 28/6 : 243-245
- [19] Quesnot A, Chanussot JC. Rééducation des épaules instables de l'enfant et de l'adolescent. *Sport Méd'* 2000 ; 123 : 26-30
- [20] Thepaut-Mathieu C. Electro-stimulation et recrutement différentiel des unités motrices. *Ann Kinesithér* 1998 ; 25/3 : 115-8