

Técnicas de musculación abdominal y espinal

J. L. Meier

K. Kerkour

J. Mansuy

Introducción

De modo paralelo a los métodos gimnásticos clásicos de reeducación vertebral y al trabajo analítico o global de musculación abdominal y espinal, se han ido desarrollando nuevos métodos de fortalecimiento muscular gracias al perfeccionamiento de máquinas isotónicas, de aparatos isocinéticos y a la aparición de una técnica electrónica de electroestimulación neuromuscular (EENM). El desarrollo de la musculación abdominal o espinal podría deberse a motivos variados: estéticos (como respuesta a una moda), deportivos (en búsqueda de un rendimiento) y médicos (con la intención de corregir un déficit).

Numerosos trabajos recientes describen la valoración de la fuerza de los músculos espinales y abdominales en individuos sanos y en pacientes con afectación de la espalda para discriminar mejor los factores de riesgo de la dorsolumbalgia.

El papel y la influencia exacta de la disminución de fuerza de los músculos extensores y flexores del tronco en la génesis de ciertas lumbalgias no se han precisado todavía.

Actualmente, se ha facilitado la medición de la fuerza de la espalda por la experiencia adquirida en dichas mediciones en regiones periféricas con aparatos isocinéticos.

Músculos motores de la columna (cuadro II)

El paso del hombre a la posición vertical modificó su centro de gravedad, desplazándolo al promontorio del sacro, lo que provoca un equilibrio inestable que estimula permanentemente su sistema neuromuscular y asegura su estabilidad en bipedestación. El resultado de las fuerzas dinámicas

es una postura «económica». La estática económica se basa en la capacidad de trabajo en condiciones de resistencia de la musculatura [4].

El conjunto de la musculatura abdominal y espinal asegura una doble función estática y dinámica, según las circunstancias. En función del esfuerzo trabaja sinérgicamente con los músculos de las cinturas. Este doble aspecto funcional debe tenerse en cuenta para elegir las técnicas de kinesiología [37].

Las estructuras musculoaponeuróticas desempeñan un importante papel en el funcionamiento de la columna lumbar y participan por un lado en la estabilidad, sobre todo del segmento móvil intervertebral mediante los músculos intersegmentarios [32] y, por otro, en la función de amortiguamiento de las presiones debidas al mantenimiento de la lordosis lumbar, que actúa a modo de resorte flexible [3]. La bipedestación sólo exige una débil actividad muscular, siendo los movimientos de flexión anterior (trabajo excéntrico de los extensores) y enderezamiento del tronco (trabajo concéntrico e isométrico) los que más requieren de las cadenas musculares anteriores y posteriores.

Principales características histológicas de los músculos de la columna lumbar (cuadro II)

Los músculos extensores de la columna se componen mayormente de fibras tipo I (fibras lentas); el músculo dorsal largo es el que presenta el mayor porcentaje de fibras de este tipo (una media del 70 %), proporción significativamente superior a la del multifido (55 %) y la del iliocostal (50 %), ($P < 0,001$); Johnson [19] también observó un porcentaje más elevado de fibras tipo I en el dorsal largo (61 %), que en otros grupos musculares; según Thorstensson [42] el porcentaje de fibras lentas es del 57 %.

El músculo más largo es el multifido, innervado por el fascículo interno del ramo posterior que cuando se lesiona no puede ser suplido por otros músculos [6]. Jorgensen [21] señala que el multifido está bastante menos capilarizado que el dorsal largo y que los músculos paravertebrales lum-

Jean-Louis MEIER: Médecin-chef.

Khelaf KERKOUR: Physiothérapeute-chef.

Jacques MANSUY: Chef de clinique.

Service de rhumatologie, médecine physique et réhabilitation, Hôpital régional, 2800 Delémont, Suisse.

Cuadro I.– Principales músculos motores del tronco.

Movimiento	Músculos motores	Origen	Inserción	Inervación
Flexión	recto anterior del abdomen músculos accesorios: oblicuos mayor y menor del abdomen (acción opuesta)	— espina del pubis — ligamento de la cara anterior de la sínfisis pubiana	por medio de tres bandas en los cartílagos de las costillas V, VI y VII	nervios intercostales (VII a XII)
Extensión	músculos iliocostales lumbares y dorsales músculos accesorios: interespinosos	— tendón común de la masa muscular porción media de la cresta del sacro, apófisis espinosas de las vértebras lumbares y de las vértebras dorsales XI y XII, ligamento supraspinoso, porción posterior de la vertiente interna de la cresta ilíaca y borde lateral del sacro — ángulo posterior de las 6 últimas costillas	— ángulos posteriores de las 6 o 7 últimas costillas — apófisis transversas de las vértebras lumbares — apófisis transversas de las 5 últimas vértebras cervicales	nervios raquídeos
	dorsal largo	— tendón común de la masa muscular — apófisis transversas de las vértebras lumbares — fascia superficial de la aponeurosis lumbar	— vértices de las apófisis transversas de todas las vértebras dorsales — entre el tubérculo y el ángulo posterior de las 9 ó 10 últimas costillas	
	epiespinosos	— apófisis espinosas de las 2 primeras vértebras lumbares y las 2 últimas dorsales	— apófisis espinosas de las 10 primeras vértebras dorsales	
	transverso espinoso	— láminas y apófisis espinosas de las cuatro vértebras por encima de cada segmento	— apófisis transversa de la vértebra subyacente	fascículo interno del ramo posterior
	cuadrado lumbar	— ligamento iliolumbar y los 5 cm adyacentes de la cresta ilíaca	— porción interna del borde inferior de la última costilla — vértice de las apófisis transversas de las 4 primeras vértebras lumbares.	nervios D 12, L 1 y L 2.
Rotaciones	oblicuo mayor músculos accesorios: dorsal largo epiespinosos transverso espinoso recto anterior del abdomen	8 digitaciones en la cara externa y el borde inferior de las 8 últimas costillas	— mitad anterior de la cresta ilíaca — por medio de una aponeurosis en la espina del pubis y la cresta pectínea	nervios intercostales (7 a 12) nervios abdominogenitales mayor y menor
	oblicuo menor	— mitad externa del ligamento inguinal — dos tercios anteriores de la cresta ilíaca — fascia posterior de la aponeurosis sacrolumbar	— espina del pubis y porción interna de la cresta pectínea — línea blanca — cartílago de las costillas VII, VIII y IX — borde inferior del cartílago de las 3 ó 4 últimas costillas	nervios intercostales (9 a 12) Rama del abdominogenital mayor

Cuadro II.– Proporción de fibras musculares de los tipos I, IIa y IIb. Es diferente en los tres principales grupos musculares extensores de la columna lumbar.

	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
Multífido superficial	50,7 %	25,5 %	23,9 %
Multífido profundo	57,4 %	18,5 %	24,2 %
Dorsal largo superficial	65,2 %	18,0 %	16,3 %
Dorsal largo profundo	73,4 %	16,1 %	10,5 %
Iliocostal superficial	52,4 %	19,7 %	27,7 %
Iliocostal profundo	57,7 %	19,0 %	22,8 %

bares están bien adaptados al trabajo de resistencia. El multífido sólo trabaja en posición vertical y en ejercicios activos; el dorsal largo es más activo que el iliocostal, ya que su actividad electromiográfica (EMG) es dominante [20, 34]. El ilio-

costal es un músculo «auxiliar», que no aumenta la capacidad de resistencia del conjunto formado por los músculos erectores de la espina dorsal, ya que su porcentaje de fibras IIb y IIa le proporciona sobre todo una gran variedad de funciones relacionadas con las correcciones rápidas de la estática vertebral, mientras que el dorsal largo (con un gran porcentaje de fibras tipo I) está adaptado para aguantar contracciones de menor esfuerzo y larga duración [20].

La resistencia muscular, una de las cualidades más importantes de los músculos del tronco, es un factor esencial que se ha de considerar en la reeducación de la columna vertebral [22, 29, 31]. Bonde-Petersen [7] demuestra que los músculos extensores del tronco están mejor perfundidos que cualquier otro músculo del cuerpo para un mismo grado de contracción. Styf [41] señala una presión intramuscular relativamente baja durante la contracción estática de los extensores y para Karlsson [23] existe un aumento de la concentración de lactato si se compara con otros músculos del

cuerpo humano, lo que pone en evidencia un alto metabolismo anaerobio en los músculos del tronco causado por las variaciones de la actividad postural a lo largo del día.

En las afecciones crónicas y degenerativas de la columna vertebral se han demostrado anomalías de las fibras musculares del multífido con una *atrofia selectiva de las fibras musculares tipo II*, por una parte, y, por otra, con una *anomalía de la estructura interna de las fibras de tipo I* (aspecto en «core-targeted» o «moth-eaten»), similar a la hallada en la deservación asociada al envejecimiento, la inactividad o la isquemia crónica por contractura muscular [3].

Rantanen et al [36] compararon las biopsias musculares peroperatorias del multífido de 18 pacientes, operados de hernia discal lumbar, con las realizadas en las mismas condiciones 5 años después de la operación. Los resultados muestran que la recuperación funcional tras la cirugía discal se relaciona con las anomalías estructurales del multífido. Estas modificaciones estructurales patológicas se correlacionan bien con los efectos a largo plazo de la cirugía y parecen ser reversibles con una intervención quirúrgica adecuada y un tratamiento específico de reeducación.

Xiong-Zend y Nordin [47] demuestran, mediante el análisis histoquímico de los músculos espinales de los pacientes con hernia discal lumbar no operada, la presencia de una atrofia selectiva de las fibras tipo II; dicha atrofia se agrava con la edad y la duración de los síntomas.

Mayer [27] demuestra también que hay una disminución de la fuerza de los extensores del tronco y una atrofia típica específica de estos tras la cirugía discal. Laasonen [24] encontró una atrofia del 30 % de los músculos erectores espinales en pacientes con lumbalgia crónica operados.

Una de las consecuencias de la cirugía es una disminución de los ejercicios y el éxito de la reeducación depende de la conservación, en mayor o menor medida, de los músculos paravertebrales durante el acto operatorio.

En las imágenes obtenidas por resonancia magnética nuclear (RMN), Flicker [12] halla una modificación de la composición de los músculos espinales tras la cirugía y la desadaptación, mientras que Parkkola [33] señala un aumento del tejido adiposo en los pacientes con lumbalgia crónica no operados; dichos hallazgos se confirman en imágenes escanográficas [27, 43]. Alaranta [1] destaca el aspecto anormal de la EMG un año después de la cirugía. Sihvonen y cols. [39] hallan una atrofia local paraespinal en lesiones del ramo posterior en 13 pacientes de un grupo de 15 que presentaban en el período postoperatorio un síndrome raquídeo importante y, como Nakaï [30] y Wilste [45], insisten en la elección de una vía de acceso que preserve al máximo la innervación motriz de la musculatura dorsal.

Exploración clínica (cuadro III)

Antes de comenzar el trabajo de musculación se deben buscar «desequilibrios» entre la musculatura abdominal, la espinal y la infrapélvica.

El examinador intenta apreciar un desequilibrio en el plano frontal o en el sagital y se esfuerza en buscar una eventual inestabilidad. La valoración incluye un estudio de movimientos y un examen de la fuerza.

Estudio de los movimientos

Clínica

La valoración clínica de la movilidad analiza los siguientes movimientos:

- la anteflexión: distancia de los dedos con respecto al suelo (DDS), prueba por etapas de Schober y prueba de Schober modificada (Mac Wright);
- la extensión;
- las rotaciones (derecha e izquierda);
- las inclinaciones laterales (derecha e izquierda);
- el examen morfoestático (en los tres planos del espacio).

Instrumental

La utilización del goniómetro y de la cinta métrica es más limitada y aproximativa que la raquimetría.

Raquimetría

Se trata de un método instrumental (Badelon) que permite una evaluación numérica de la movilidad de la columna en los tres planos del espacio. Se comparan los movimientos de la pelvis libre y de la pelvis fija y un programa informático permite precisar la participación relativa del sector infrapélvico y de la columna lumbar, para así determinar un índice raquímetro comparado con el de la población de control.

Estudio de la fuerza muscular

La exploración clínica permite realizar diversas pruebas entre las que se destacan:

- la prueba muscular (según una escala de 0 a 5);
- la prueba de Sorensen-Biering para los músculos extensores del tronco;
- la prueba de Shirado para los músculos flexores del tronco.

Prueba de Sorensen-Biering (fig. 1)

Explora a los músculos extensores del tronco. El paciente se coloca en decúbito prono en el extremo de la mesa, con la pelvis y los tobillos sujetos firmemente (por el examinador o por correas); el paciente debe mantener el mayor tiempo posible (cronometrado) y en contracción isométrica el peso del tronco. Un individuo sano puede mantener la posición al menos durante 2 minutos.

— Advertencia: la pelvis descansa sobre las espinas ilíacas anterosuperiores (EIAS). El paciente apoya la frente en la cara dorsal de los dedos. Para quitarle el miedo se le coloca una silla delante.

En la práctica, la prueba es simple y permite una cuantificación objetiva de la resistencia de los extensores del tronco, y debe realizarse rutinariamente antes de comenzar un programa de fortalecimiento muscular.

Prueba de Shirado (fig. 2)

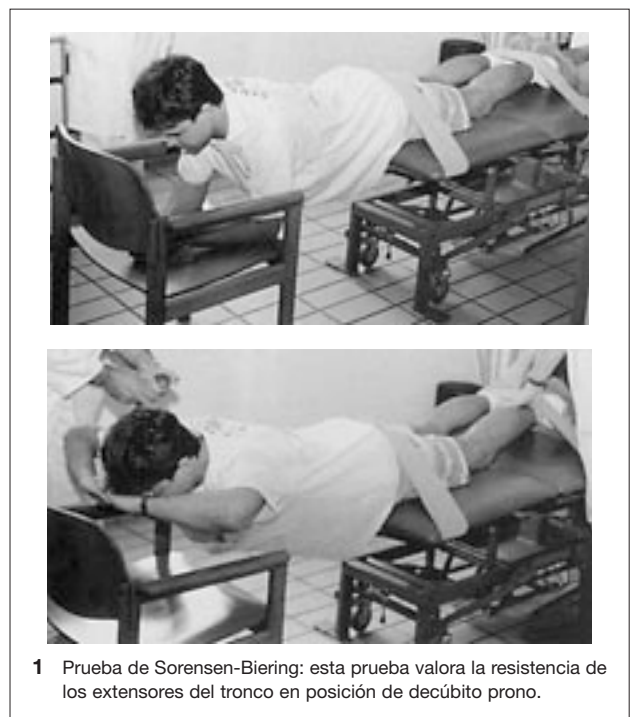
Esta prueba explora los flexores del tronco y se realiza en decúbito supino, con las piernas en elevación (caderas y rodillas flexionadas a 90°). El paciente, con los brazos cruzados, eleva los hombros y mantiene la posición el mayor tiempo posible. Como en la prueba de Sorensen, se medirá el tiempo con un cronómetro.

— Advertencia: se ha demostrado que estas dos pruebas simples son reproducibles. Es necesaria la motivación del paciente. Cuantificar la progresión lo anima. La experiencia demuestra que la motivación es mayor si las valoraciones se realizan en grupo.

La valoración instrumental permite cuantificar, con medidas isocinéticas, la fuerza global de los flexores y extensores y la producida por los movimientos rotatorios.

Cuadro III.– Técnicas de evaluación de la movilidad, de la fuerza y/o la resistencia en función de los diferentes movimientos y de los factores limitantes.

	Flexión	Extensión	Rotación derecha	Rotación izquierda	Inclinación a la dcha.	Inclinación a la izda.
	Plano sagital		Plano transversal		Plano frontal	
Valoración de la movilidad	— DDS — Schober (L5 + 10 cm) o Mac Wright (S1 + 10 cm) — raquimetría	— Schober invertido — raquimetría	(estabilizar la pelvis) — goniometría — raquimetría		(no separar el talón opuesto) — DDS — raquimetría	
Evaluación de la resistencia y/o de la fuerza	— prueba de Shirado — dinamómetro, isocinético o no isocinético	— prueba de Sorensen — dinamómetro, isocinético o no isocinético	— isocinética: máquinas específicas			
Factores limitantes	— dolores — elementos capsuloligamentosos — hipoextensibilidad y/o contracturas musculares — adherencias entre planos cutáneos — problemas articulares posteriores — compliancia del paciente		— dolores (una rotación del tronco sin haber fijado la pelvis desencadena dolores lumbares y manifiesta un componente psicológico del problema) — elementos capsuloligamentosos — hipoextensibilidad y/o contracturas musculares		— dolores — elementos capsuloligamentosos — hipoextensibilidad y/o contracturas musculares — problemas articulares posteriores — compliancia del paciente	



Isocinética (figs. 3A, B)

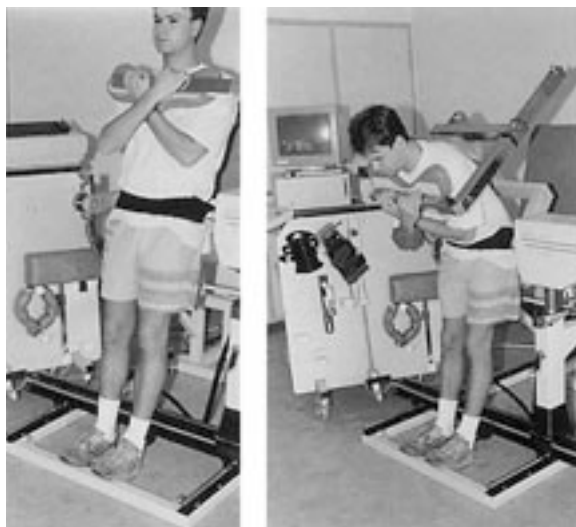
En 1967, Hislop y Perrine ^[18] introdujeron el concepto de ejercicio isocinético como aquel que permite una contracción muscular máxima con una dinámica a la que se opone resistencia en toda la amplitud del movimiento. La resistencia se autoadapta a la fuerza desarrollada por el paciente, con una velocidad angular constante predeterminada y con control del fenómeno de aceleración y desaceleración del movimiento. No habrá resistencia si el paciente efectúa el movimiento a una velocidad inferior a la predeterminada. Numerosos trabajos han valorado los diferentes parámetros de fuerza de los músculos motores de la columna vertebral, tanto en individuos sanos como enfermos. Esta valoración puede realizarse en posición sentada o de pie con apoyo («sentado de pie») en un sector angular determinado. Resulta esencial la elección de la posición del paciente y su



máxima estabilización para obtener resultados fiables y reproducibles. Los resultados se transcriben en forma de curvas y valores numéricos, que permiten poner de manifiesto un déficit o una anomalía cualitativa de la contracción muscular.

La isocinética permite evaluar de modo objetivo el par de fuerza muscular flexores/extensores, comparar la proporción con las normas o poblaciones de control, evaluar los logros obtenidos con diferentes programas de reeducación y seguir la evolución de la fuerza con la técnica de musculación que se haya escogido. Entre las ventajas de un sistema isocinético en el programa de reeducación se destaca la elección de la velocidad, del sector angular, del número de repeticiones, de un posible sistema de «retroalimentación» visual y/o sonora, de un modo concéntrico y/o excéntrico y de un protocolo de oposición o de resistencia.

La reeducación isocinética precisa aparatos específicos (mecánicos, hidráulicos o eléctricos). Nuevas máquinas han aparecido en el mercado, tanto para la valoración muscular como para la reeducación o el entrenamiento. La evolución tecnológica ha permitido la creación de dinamómetros rotatorios isocinéticos fiables para valorar la fuerza muscular, tanto en modo concéntrico como excéntrico; estas máquinas pueden emplearse también en modo isométrico, isotónico y en movilización pasiva continua.



3 Aparatos isocinéticos para la valoración y el fortalecimiento muscular de los flexores y extensores sagitales del tronco. El paciente se instala en posición «sentado de pie», con la pelvis ceñida por una correa; existe la posibilidad de realizar los ejercicios en posición sentada. El sector angular y la velocidad de ejecución de los movimientos dependen del objetivo fijado (A: posición en extensión, B: posición en flexión).

Técnicas gimnásticas de fortalecimiento muscular

En el fortalecimiento muscular «clásico» mediante gimnasia abdominal y espinal se distinguen las técnicas analíticas, globales e instrumentales.

Sea cual sea el objetivo buscado (corrección de un desequilibrio muscular, reacondicionamiento al esfuerzo o como parte de un método gimnástico de reeducación vertebral), las técnicas utilizadas deben seguir las reglas de progresión del fortalecimiento muscular:

- del trabajo analítico al global y de éste al funcional;
- de la posición acostada, en la que los obstáculos son mínimos, a la posición de pie, hasta su integración en un patrón de gestos;
- del trabajo isométrico al dinámico, concéntrico o excéntrico en función de la especificidad de cada músculo o grupo muscular.

La intensidad, las posiciones de partida, los brazos de palanca y la amplitud de movimientos se controlan de modo permanente y se respetan los tiempos de recuperación para evitar sobrecargas osteoarticulares y/o episodios dolorosos. Toda gimnasia exige una regularidad y la asiduidad de la relación entre terapeuta y paciente desempeña un papel preponderante. Especialmente en las lumbalgias, estas técnicas hacen más hincapié en la resistencia y la vigilancia muscular que en la fuerza y la potencia.

Las técnicas gimnásticas se refieren a las nociones clásicas, tanto biomecánicas como neurofisiológicas, de funcionamiento y protección de la columna lumbar (fortalecimiento de la cavidad abdominal, búsqueda del efecto de viga de protección, ajuste propioceptivo, etc). Sólo resultan útiles cuando se aplican de modo distinto, según los datos aportados por la exploración clínica y paraclínica, y si se tienen

en cuenta las posibles reacciones dolorosas, la edad y la motivación del paciente. Se evitará todo programa de reeducación unívoco y rígido en el que la mejora de la fuerza constituya un fin en sí mismo. Estos elementos, generalmente necesarios y a veces indispensables, jamás bastan por sí solos para el tratamiento del paciente lumbálgico (escuela de la espalda, ergonomía).

A partir de algunos ejemplos de ejercicios básicos, pueden proponerse numerosas variaciones según la imaginación del terapeuta, respetando las reglas de progresión y el objetivo pretendido [11, 13, 26, 37].

Analítica (para la clasificación de los músculos, cuadro I)

Flexores del tronco

Se pide al paciente en decúbito supino con los brazos cruzados sobre el pecho que intente levantar las escápulas del suelo (fig. 4).

Partiendo de la misma posición, con las rodillas en flexión y los pies separados del suelo se pide al paciente que, coincidiendo con la espiración, empuje sobre la cara anterior de los muslos, manteniendo la fuerza durante 6 a 8 segundos (fig. 5).

Desde la misma posición de partida de la figura 5 el terapeuta aplica una oposición en la cara anterior de los antebrazos y de los muslos (fig. 6).

Exensores del tronco

— La misma posición que para la prueba de Sorensen. Trabajo concéntrico, isométrico y excéntrico. Se puede trabajar durante todo el trayecto del movimiento o en parte de él. El aumento del brazo de palanca del tronco incrementa la dificultad y el reclutamiento muscular (figs. 7A, B).

— Con el paciente en posición sentada y con las piernas colgando, el terapeuta aplica una resistencia a la altura de las escápulas (fig. 8).

— Con el paciente en posición «sentado de pie» en una mesa de altura reglable, la elevación de los miembros superiores permite el esfuerzo de los músculos lumbares (figs. 9A, B).

— Con el paciente arrodillado y el vientre apoyado en un banco sueco, el terapeuta sujetará los talones e intentará producir un trabajo reflejo de los extensores del tronco (fig. 10).

— El trabajo reflejo de los extensores del tronco se logra con la extensión de los miembros inferiores (figs. 11A, B).

— La resistencia se aplica en la cabeza del individuo con un saco de arena de 2 a 5 kg (trabajo del plano profundo) (fig. 12).

— Con las nalgas apoyadas en un muro y el tronco en ante-flexión, el terapeuta ejerce una oposición manual en el vértex craneal del paciente (fig. 13).

Rotadores del tronco

— En decúbito supino y con las piernas en flexión, el paciente levanta un hombro en dirección al miembro inferior contralateral (fig. 14).

— Partiendo de la misma posición, el paciente empuja con la mano en la cara anterointerna de la rodilla opuesta (fig. 15).

— El terapeuta realiza una oposición contra la cara anterior de un hombro y la rodilla contralateral (fig. 16).

Transverso del abdomen

— Se pide al paciente a gatas que contraiga el vientre coincidiendo con la espiración (fig. 17).



4



5



6

4, 5, 6 Fortalecimiento de los flexores del tronco.

Globales

— Se pide al paciente en decúbito prono y apoyado en el antebrazo que levante la pelvis. Progresivamente, se le pide que levante alternativamente (2 a 3 cm) la punta de los pies (figs. 18A, B).

— El paciente, en decúbito lateral y apoyado en un antebrazo, eleva la pelvis y mantiene esta posición (fig. 19).

— Se pide al paciente en decúbito supino y con las piernas en flexión, que eleve la pelvis. Progresivamente, se le pide que extienda alternativamente las piernas, con los muslos paralelos y juntos (figs. 20A, B).

— El paciente se apoya en una pared valiéndose de los codos. Es posible variar la abducción de los brazos para hacer trabajar a diferentes grupos musculares (fig. 21).

Instrumentales

Además de las técnicas de gimnasia analítica y/o global, el paciente puede utilizar accesorios como el balón de reeducación o los sistemas elásticos.

Además del aspecto lúdico del balón, este método de trabajo permite realizar un programa de movilización, fortalecimiento y programación de la coordinación neuromuscular.

— Reclutamiento de los extensores del tronco (fig. 22).

— Reclutamiento global de los músculos del tronco y, progresivamente, posibilidad de levantar alternativamente los pies (fig. 23).

— Reclutamiento global de los músculos laterales del tronco (fig. 24).

Los sistemas «elásticos» ofrecen una resistencia a los miembros que permite un excelente trabajo de estabilización del tronco y un aumento de la resistencia muscular. Según el objetivo buscado hay diferentes tipos de elásticos que ofrecen una oposición más o menos importante.

— El sistema elástico se fija a la espaldara y los miembros superiores solicitan el trabajo de los músculos estabilizadores del tronco. Según la tensión y el tipo de elástico o tensor, la oposición será más o menos importante (fig. 25).

— El paciente se sienta en el respaldo de una silla y el sistema elástico está fijado a la espaldara. Manteniendo las muñecas contra el pecho, el paciente lleva a cabo un movimiento de extensión al que opone resistencia (de modo concéntrico-isométrico-excéntrico) la columna vertebral (fig. 26).

— El mismo principio que en la figura 26, pero con un movimiento de anteflexión (fig. 27).

— El mismo principio que en la figura 26, pero con un movimiento de rotación (fig. 28).

Técnicas de fortalecimiento con aparatos

Principalmente se utilizan tres tipos de aparatos: las máquinas isotónicas (fitness), las máquinas isocinéticas y la EENM.

Máquinas «isotónicas»

Las máquinas isotónicas emplean un sistema de carga constante, mediante pesas, determinada por el terapeuta en función del objetivo buscado. Los aparatos están dotados de levas que permiten distribuir la carga de modo constante a lo largo de todo el movimiento o en un sector angular escogido.

Tras determinar la carga de trabajo valorando la carga máxima, el programa de fortalecimiento («reconditionning») muscular asocia contracciones de tipo dinámico (concéntrico-excéntrico) e isométrico, de modo lento o rápido en función del paciente y su estado clínico. La elección del sector angular de trabajo favorece un fortalecimiento de todo o de parte del trayecto muscular (interno-medio-externo).

El cuadro IV muestra la carga útil que se puede proponer a los pacientes según el objetivo pretendido. La carga máxima se puede determinar con el método de ensayo y error o con tablas de cálculo (que se suelen suministrar cuando se compra el material). Semanalmente se evaluará la carga máxima.

Cada vez son más numerosas y sofisticadas las máquinas que inundan el mercado, y algunas pueden resultar útiles en un programa de fortalecimiento muscular, según las indicaciones médicas.

«Lower Back» (fig. 29)

Este tipo de máquina sirve para fortalecer los músculos paravertebrales, en posición sentada, y de un modo concéntrico-isométrico y excéntrico. Un dispositivo permite comenzar el movimiento en un sector angular indoloro. La pelvis se estabiliza gracias a la inclinación del asiento (18°) y a un rodillo lumbar que se apoya en las espinas ilíacas posteriores superiores (EIPS). El reglaje del rodillo dorsal (estribo de empuje) se realiza a la altura de las espinas escapulares. En los movimientos de flexión/extensión del tronco los rodillos deben permanecer inmóviles. Los pies reposan en un apoyo regulable.



A



B

7



8



A



B

9



10



A



B

11

7 A B, 8, 9 A B, 10, 11 A B Fortalecimiento de los extensores del tronco.

«*Abdominal machine*» (fig. 30)

Este tipo de máquina permite un fortalecimiento de los músculos abdominales (recto anterior del abdomen) en posición sentada. La carga se transmite por medio de los miembros superiores cuando el paciente tira de los agarra-deros (con los codos en flexión).

«*Rotary torso*» (fig. 31)

Este tipo de máquina permite un fortalecimiento de los músculos rotadores del tronco (oblicuos mayor y menor) y una movilización en rotación de la columna. La forma del

asiento permite una estabilización óptima de la pelvis. El estribo de empuje es mantenido contra los hombros gracias a los miembros superiores. Este apoyo se regula en altura y distancia anteroposterior. La amplitud del movimiento se puede seleccionar a 40, 80 ó 110°; el reglaje es independiente a la derecha o a la izquierda mediante la rotación del asiento.

— Advertencia: este tipo de máquina debe utilizarse con mucho control y no puede dejarse en manos inexpertas o aplicarse a cualquier tipo de paciente, ya que los movimientos realizados pueden ser problemáticos y conllevar importantes fuerzas de cizalla.



12



13

12, 13 Fortalecimiento de los extensores del tronco.

Cuadro IV.— Determinación de la carga en función del objetivo buscado.

Dominante	Resistencia (a largo plazo)	Oposición (resistencia a corto plazo)	Fuerza máxima
% de carga máxima	30 a 50	50 a 70	70 a 90
Repeticiones	20 a 30	10 a 20	3 a 5
Series	5 a 8	3 a 5	1 a 2
Velocidad del movimiento	lenta	rápida	rápida/explosiva
Pausa	< 1 min	2 a 3 min	3 a 4 min

«Vertical Row» (fig. 32)

Este tipo de máquina permite un fortalecimiento de los músculos de la cintura escapular y del dorsal ancho, así como de los estabilizadores del tronco. El paciente está sentado (puede graduarse la altura del asiento) y tira de los agarraderos. El tronco permanece estable gracias al apoyo anterior. Con este tipo de máquina, resulta útil insistir en el trabajo isométrico.

«Pullover» (fig. 33)

Este tipo de máquina permite un fortalecimiento de los músculos de la cintura escapular (pectorales) y del dorsal ancho. La amplitud de movimiento posible es de 260°. Se puede escoger cualquier sector angular de trabajo, en función del objetivo pretendido.

«Leg-press» (fig. 34)

Este tipo de máquina permite un fortalecimiento muscular de los miembros inferiores, en cadena cinética cerrada (posición acostada en cuclillas): cuádriceps, glúteos y tríceps sural. El paciente se acuesta en la máquina, que se puede desplazar mediante rieles, con los pies apoyados en la plataforma y los hombros bloqueados por estribos. El respaldo es reclinable y permite variar el ángulo formado por el tronco y el muslo.

Es aconsejable un calentamiento de 10 minutos en una bicicleta estática, así como un programa de estiramiento de los grupos musculares que se quiere fortalecer.



14



15



16

14, 15, 16 Fortalecimiento de los rotadores del tronco.



17 Fortalecimiento del transversal del abdomen.

Máquinas isocinéticas

Las máquinas isocinéticas actuales, adaptadas sólo al fortalecimiento muscular del tronco permiten una valoración de la fuerza y un fortalecimiento del trabajo muscular en los tres planos del espacio (flexión-extensión, rotaciones e inclinaciones). Otras máquinas isocinéticas empleadas en la reeducación de las articulaciones periféricas sólo permiten un trabajo de la espalda en el plano sagital (flexión-extensión).

Antes de proponer un programa específico de reeducación muscular isocinética adaptado a cada persona y a la evolución



A



B

18



19



A



B

20



21

18 A, B, 19, 20 A, B, 21 Técnicas globales de fortalecimiento muscular.

clínica del déficit motor, es necesario realizar pruebas de evaluación precisas según diferentes velocidades angulares. Los valores obtenidos se expresan en Newton por metro (Nm).

Elección de las velocidades

En sentido concéntrico

La fuerza y la tensión muscular ejercidas son inversamente proporcionales a la velocidad de realización del movimiento. Se produce una disminución lineal de la fuerza al aumentar la velocidad. El individuo «empuja» o «tira» al máximo en el estribo del brazo de palanca del dinamómetro, y la resistencia se autoadapta a la fuerza ejercida. Es posible imaginarlo mediante la comparación con un segmento de miembro que se desplaza en el agua: cuanto más aumente la velocidad, más aumentará la oposición al movimiento.

Wilhite y Cohen [44] demuestran que es preferible comenzar las pruebas a velocidades bajas (30 a 60°/s), especialmente en los pacientes con poca experiencia en isocinética.

En sentido excéntrico

Las tensiones musculares desarrolladas son mayores que con las contracciones concéntricas e isométricas. Las excéntricas comprometen menos fibras musculares para una misma potencia de ejercicio o un mismo esfuerzo, lo que explica que haya mayores obstáculos mecánicos. En la reeducación, tras una prueba isocinética, hay que adaptar un programa específico dependiente de los objetivos buscados. Para favorecer la resistencia muscular (fibras tipo I), las series han de ser de larga duración: de 30 segundos a 1 minuto (e incluso más), con el 30 al 50 % de la fuerza máxima muscular isocinética (FMMI). Por el contrario, para desarrollar la potencia y/o la fuerza explosiva (fibras tipo IIb), habrá que utilizar altas velocidades (150 a 180°/s) en series cortas, pero con el 80 al 90 % de la FMMI.

Algunos aparatos proporcionan una retroalimentación visual y/o sonora que permite reeducar según porcentajes preseleccionados. Para obtener una gama completa de trabajo de todas las fibras musculares, es necesario realizar



22



23



24

22, 23, 24 Utilización de un balón de reeducación.

series en intervalos de 30 a 30°/s (de 60 a 180°/s) y aumentar el número de series y de repeticiones, teniendo en cuenta los tiempos de pausa que, como mínimo, han de ser iguales a los tiempos de contracción.

Actualmente, aunque sea indiscutible que la isocinética aumente la fuerza muscular, la potencia, la resistencia y la coordinación neuromuscular, se observan contradicciones en la literatura en lo referente al efecto del entrenamiento según cada método escogido. La reeducación a baja velocidad aumenta poco o nada los resultados a alta velocidad y viceversa. Parece ser que el trabajo en sentido concéntrico sólo tiene un efecto beneficioso en las cualidades concéntricas del músculo y que el trabajo en sentido excéntrico

desarrolla preferentemente la fuerza excéntrica y las cualidades pliométricas del músculo.

No debe infravalorarse la influencia del trabajo isocinético en el ámbito cardiovascular o pulmonar, sobre todo si se realiza a bajas velocidades angulares. Gobelet y cols. [15] demuestran un aumento significativo de la tensión arterial y de la frecuencia cardíaca al realizar 40 flexiones/extensiones máximas de la rodilla.

Electroestimulación neuromuscular programable

La EENM se utiliza de modo rutinario en la reeducación muscular a nivel de las articulaciones periféricas y, en particular, en la cirugía de rodilla. En el caso de la columna vertebral, la electroestimulación fue inicialmente propuesta para ciertas escoliosis [2, 8, 16, 46]. Luego la EENM se ha aplicado también a los pacientes con lumbalgia para intentar mejorar la resistencia muscular y algunos autores [22, 31, 40] subrayan que esta técnica se tolera mejor que los ejercicios activos en las lumbalgias agudas y subagudas. Pettine [35] la utiliza en el tratamiento ortopédico de la espondilolistesis para evitar la atrofia producida por el corsé.

Efectos de la EENM en las fibras musculares

La EENM intenta paliar una deficiencia, momentánea o duradera, de la actividad muscular voluntaria dentro de los límites de un mimetismo fisiológico. Al igual que la de la actividad voluntaria que tiende a suplir, su acción sobre el metabolismo, la morfología y la eficacia del músculo está íntimamente ligada al modo de entrenamiento aplicado [5, 9, 14].

En el caso de un músculo innervado normalmente, el patrón de estimulación eléctrica se impone forzosamente al patrón natural de actividad propio de cada tipo de fibra muscular (cuadro V).

La estimulación crónica con baja frecuencia, a 10 Hz, conlleva un aumento de la capacidad aerobia oxidativa de las fibras tipo I, con mayor resistencia a la fatiga (predominante a nivel de los extensores). Este tipo de estimulación a 10 Hz casi no modifica la fuerza ejercida por las fibras lentas tipo I, pero disminuye la fuerza de las fibras rápidas tipo II, así como las características parecidas a las de las fibras lentas [4, 9, 10, 16]. Con este tipo de estimulación a 10 Hz, además, se ha observado en el microscopio electrónico un aumento de la vascularización y del número de capilares sanguíneos (en torno al 25 %), así como de la superficie de las mitocondrias [16]. La estimulación del ramo sensitivo produce un aumento significativo y prolongado del flujo sanguíneo medular («spinal cord blood flow») [38] que puede explicar el beneficio observado en ciertos pacientes con lumbalgia tratados con estimulación eléctrica. Una frecuencia de estimulación inferior a 20 Hz reduce de modo significativo la fatiga muscular [25]. Una frecuencia superior a 20 Hz produce una contracción de tipo tetánico y obliga a programar una fase de reposo que dure tanto como la contracción. En general, para un músculo no desnervado, el tiempo de estimulación y el de reposo guardan una relación de 1 a 4 o de 1 a 5. Esta fase de reposo puede favorecerse programando una estimulación de 4 Hz que permita una mejor relajación y recuperación musculares. La estimulación a 33 Hz corresponde con una tetanización completa de las fibras I, y la realizada a 65 Hz con una tetanización completa de las fibras tipo II (cuadro VI).

McQuain y cols. [28], en un estudio aleatorio controlado, utilizaron la EENM en 40 voluntarios «sanos» durante 12 meses (dos sesiones de 30 minutos por día, 5 días a la semana); los resultados muestran un aumento de la fuerza isométrica de los extensores del tronco y que los beneficios máximos se obtienen tras 3 meses de estimulación.



25



26



27



28

25, 26, 27, 28 Utilización de un elástico de reeducación.



29 «Lower back»: la posición de partida en flexión depende de las posibilidades del paciente y de los objetivos buscados.

Hainaut [17] insiste en la asociación de la EENM con las contracciones musculares voluntarias, ya que induce una actividad de las unidades motrices largas, difíciles de obtener con los esfuerzos voluntarios; además, retarda el déficit muscular durante la desnervación o la inmovilización, y mejora la restauración de la fuerza muscular durante la reeducación. En la contracción voluntaria, las unidades motrices se hallan en orden creciente comenzando por las fibras tipo I, seguidas de las de tipo II, mientras que en la EENM las

fibras tipo II se excitan por una corriente de intensidad débil y, a medida que la intensidad aumenta, se logra el compromiso de las fibras tipo I.

La EENM de larga duración, tal como se practica en los músculos espinales en la escoliosis [2, 8, 16, 46], no determina efectos secundarios sobre las características morfológicas e histoquímicas de las fibras musculares. No hay riesgo de lesión de las fibras siempre que se respete una intensidad soportable, y resulta preferible una duración mayor de la

Cuadro V.– Principales características y propiedades de los tres tipos básicos de fibras musculares.

Clasificación de las principales fibras musculares	— Fibras I, o — ST («slow twitch»), o — SO («slow oxydative»)	— Fibras IIa, o — FTa («fast twitch»), o — FR («fast resistant»), o — FOG («fast twitch oxydative glycolytic»)	— Fibras IIb, o — FTb («fast twitch»), o — FF («fast fatigable»), o — FG («fast twitch glycolytic»)
Características	— lentas — tónicas — rojas — resistencia (aerobia)	— intermedias — tónicofásicas	— rápidas — fásicas — blancas — fuerza (anaerobia)
Diámetro	26 mm	28 mm	46 mm
Velocidad de conducción	60 a 80 m/s	80 a 100 m/s	80 a 130 m/s
Fuerza	5 g	20 g	50 g
Frecuencia de estimulación crónica	10 Hz	20 Hz	50 Hz
Frecuencia de tetanización	33 Hz (30 a 35 Hz)	50 Hz (45 a 55 Hz)	65 Hz (60 a 70 Hz)

Cuadro VI.– Características de los diferentes parámetros útiles para el establecimiento de un programa de electroestimulación neuromuscular (en función de los objetivos).

	Atrofia		Fortalecimiento		
	Prevención	Tratamiento	Resistencia (a largo plazo)	Oposición (resistencia) a corto plazo)	Fuerza máxima
Frecuencia de estimulación	8 a 10 Hz	30 a 50 Hz	35 a 50 Hz	50 a 70 Hz	70 a 100 Hz
Tiempo de estimulación	> 2 h	1 a 2 h	30 min a 1 h	15 a 30 min	15 a 30 min
Tipo de estimulación	crónica	tetánica	tetánica	tetánica	tetánica
Tiempo de contracción	—	10 a 15 s	8 a 10 s	6 a 8 s	4 a 6 s
Tiempo de reposo	—	80 a 100 s	40 a 50 s	24 a 32 s	4 a 12 s
Intensidad «soportable» (en mA)	no dolorosa	no dolorosa	dolorosa	dolorosa	máximo dolor
Asociación	—		contracción muscular voluntaria (concéntrica/excéntrica/isométrica)		

estimulación con menor intensidad de corriente a una intensidad demasiado fuerte y mal tolerada.

Material de electromioestimulación

La necesidad de un tratamiento a menudo prolongado y ambulatorio hace que se recomiende el empleo de un estimulador portátil informatizado, con varios canales independientes de salida, que emita impulsos rectangulares compensados, mono o bifásicos (fig. 35). Estos impulsos pueden generarse de modo continuo o iterativo: la duración y la frecuencia de los mismos son programables y, para una eficacia máxima, su duración debe corresponder a la «cronaxia» del músculo que se quiere estimular (de 200 a 250 ms en el caso del tronco).

La corriente tiene una media eléctrica nula y se puede estimular incluso en presencia de material de osteosíntesis (tornillos de estabilización, por ejemplo) sin producir quemaduras. Pese a su importante resistencia a la corriente, es más sencillo emplear electrodos en gel, de fácil adaptación. La superficie conductora de estos electrodos permite asegurar un intercambio electrolítico aceptable para el tratamiento de larga duración. Los electrodos se colocan frente al músculo diana, en sentido longitudinal para lograr una

mayor eficacia (utilizando un electrodo más pequeño como electrodo activo sobre el punto motor del músculo que se quiere estimular; cuanto más alejados estén los electrodos más importante será el reclutamiento).

En pacientes con abundante panículo adiposo habrá que prestar atención a una posible sensación desagradable (a veces dolorosa) que aparece coincidiendo con el paso transcutáneo de la corriente. Salvo a nivel del cuádriceps, no suele ser evidente obtener una contracción visible y palpable. A veces se encuentra una sideración postoperatoria.

Los estimuladores pueden, además de administrar el tratamiento previsto, registrar diariamente la sesión realizada por el paciente, lo que permite un control del cumplimiento terapéutico, indispensable para el tratamiento a domicilio.

El programa de estimulación dura aproximadamente 6 semanas. Cada semana se efectúa un control del cumplimiento terapéutico, para valorar si es necesario aumentar el tiempo de contracción (o disminuirlo) en función del estado clínico del paciente. Si hay dolores residuales importantes, se puede asociar una corriente de tipo TENS («transcutaneous electrical neurostimulator»), basada en la teoría del «gate control».



30 «Abdominal machine»: empleo de los miembros superiores para involucrar a los abdominales; la posición de partida depende de las posibilidades del paciente y de los objetivos buscados.



31 «Rotary torso»: el sector angular de trabajo es menor o igual a 45°. El paciente sólo trabaja en un sentido de rotación a la vez.

Indicaciones y límites del trabajo con máquinas

La utilización de las máquinas de musculación ha conocido un considerable auge en el mundo occidental en los últimos años. Las máquinas isotónicas se utilizan ampliamente, desgraciadamente, sin control por parte de personal calificado, en muchos casos. Su empleo «no prescrito» conduce a la realización de movimientos en posturas inadecuadas y con patrones de progresión inapropiados que conducen a verdaderas lesiones yatrógenas, musculotendinosas y articulares de la columna vertebral.

En el plano estrictamente médico, el empleo de estas máquinas de fortalecimiento muscular abdominal o espinal debe estar precedido de una kinesiterapia manual y realizarse según series de progresiones precisas, adaptadas a cada paciente según un esquema que evite el dolor.



32 «Vertical row»: el compromiso muscular de los extensores se logra a partir de los miembros superiores.



33 «Pullover»: el compromiso muscular de los extensores (dorsal ancho) se logra a partir de los miembros superiores.



34 «Leg-press»: fortalecimiento del tren inferior en posición acostada.

Indicaciones generales

Cuando se halla un déficit de fuerza en la exploración clínica, se debe realizar una valoración isocinética (de fuerza y de resistencia), a baja velocidad angular (60, 90 y 120°/s) de los flexores (abdominales, psoasílico) y de los extensores del tronco (grupo erector espinal). La alteración de su equilibrio («dysbalance») y una evaluación comparativa en el momento en que se obtienen los resultados ayudan a adaptar mejor los programas de fortalecimiento progresivo. El trabajo muscular con máquinas completa los tratamientos de reeducación y su objetivo puede ser profiláctico, como mejorar la resistencia paravertebral para reducir el riesgo de recaídas dolorosas en la lumbalgia, o terapéutico, para restablecer el equilibrio de fuerzas entre los flexores y los extensores del tronco en la lumbalgia crónica o para fortalecer selectivamente los oblicuos del abdomen en las pubalgias.

La elección de las máquinas que se prescriben depende de la valoración clínica, que permite definir los músculos o grupos musculares que se quiere fortalecer.

Las indicaciones de fortalecimiento de los músculos abdominales o espinales con máquinas isocinéticas son superponibles a las de los aparatos isotónicos.

El isocinetismo permite, por definición, realizar un trabajo contra una resistencia que se adapta constantemente a la fuerza ejercida, pudiéndose escoger el tipo de velocidad y sector angular más apropiados.

Dorsolumbalgias

El componente muscular sólo es uno de los elementos, primario o secundario, del problema doloroso. Se debe establecer un diagnóstico. El trabajo se realiza en fase no dolorosa y se lleva a cabo evitando que aparezca el dolor, intentando mejorar la resistencia muscular y variando el condicionamiento cardiorrespiratorio del paciente.

El trabajo muscular con máquinas debe proscribirse en todas las fases dolorosas agudas o subagudas y está contraindicado en las patologías inflamatorias, infecciosas o tumorales. Siempre que sea posible, estará precedido de una evaluación isocinética en los tres planos del espacio:



35 Material de electromioestimulación portátil y programable. Los electrodos, autoadhesivos, se colocan longitudinalmente con respecto a los músculos.

- mejora de la resistencia muscular paravertebral (lumbalgias crónicas);
- normalización del equilibrio flexores-extensores («dysbalances»);
- fortalecimiento global (tras inmovilización, cirugía o corsé);
- problemas de la estática con insuficiencia muscular.

Indicaciones de la electromioestimulación

Escoliosis infantil

Se puede asociar la estimulación eléctrica (nocturna) mediante electrodos superficiales de los músculos vertebrales a los tratamientos ortopédicos en la escoliosis infantil. Resulta una técnica útil en las intolerancias psicológicas nocturnas debidas al corsé.

Lesiones traumáticas vertebrales

La estimulación funcional a través de una fenestración practicada en el yeso permite realizar un trabajo muscular regular y una rápida reeducación, particularmente en los deportistas.

Lumbalgia crónica

La estimulación muscular se superpone a la actividad propia de las fibras musculares y permite una mejora de la resistencia muscular paravertebral, uno de los elementos incriminados en el cuadro.

Cirugía vertebral y discal

La estimulación se realiza en el período postoperatorio inmediato, hasta la sexta semana postoperatoria (con un aparato a domicilio). La estimulación será diaria y de larga duración (una hora y treinta minutos). Además del efecto excitomotor, este tipo de neuroestimulación tiene un indiscutible efecto antiálgico (TENS: «gate control»).

*
**

La reeducación muscular espinal y abdominal nunca será aislada y debe estar integrada en el tratamiento global de la columna vertebral sintomática.

La insuficiencia muscular debe ser cuantificada, cuando sea posible, mediante mediciones isocinéticas de fuerza y de resistencia a diferentes velocidades angulares en los tres planos del espacio. El equilibrio entre flexores y extensores debe establecerse siempre para poder adaptar un programa progresivo de fortalecimiento destinado a restablecer la relación fisiológica (cociente menor de 1).

El fortalecimiento muscular con máquinas isotónicas o isocinéticas y la electroestimulación sólo son complementos de las técnicas analíticas y/o globales de fortalecimiento de los músculos abdominales y espinales.

Un terapeuta debe controlar el trabajo en la sala de musculación y el ritmo de progresión establecido se adaptará en su intensidad y función específica al objetivo buscado (mejora de la resistencia o de la fuerza máxima). Los movimientos contra resistencia se realizarán en un trayecto angular preestablecido según criterios morfológicos y clínicos que respeten siempre la evitación del dolor.

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención: MEIER J. L., KERKOUR K. et MANSUY J. – Techniques de musculation abdominale et spinale. – Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris-France), Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle, 26-062-A-10, 1996, 14 p.

Bibliografía

- [1] ALARANTA H. Factors defining impairment, disability and handicap in a population of patients examined one year following surgery for lumbar disc herniation. Publications of the social insurance institution. Finland AL. 1985 ; 25 p
- [2] ANCIAUX M, LENAERT A, VAN BENEDEN ML, VERCAUTEREN M. Transcutaneous electrical stimulation for the treatment of progressive idiopathic scoliosis : theory and practice. Ann Readapt Med Phys 1991 ; 34 : 111-119
- [3] BAULNY D, SENEGAS J. L'involución du rachis, aspects fondamentaux, biomécaniques et anatomopathologiques. In : Le rachis vieillissant, collection 23. Masson. Paris. 1992 ; pp 29-42
- [4] BAVIERA B. Les douleurs du dos. Education du patient. Monographie Ciba Geigy Suisse 1992 ; 31 : 1-18
- [5] BIGARD AX, CANON F, GUEZENNEC CY. Conséquences histologiques et métaboliques de l'électromyostimulation. Revue de la littérature. Sci Sports 1991 ; 6 : 275-292
- [6] BOGDUK N, WILSON AS, TYNAN W. The human lumbar dorsal rami. J Anat 1982 ; 134 : 383-397
- [7] BONDE-PETERSEN F, MORK AL, NIELSEN E. Local muscle blood flow and sustained contractions of human arm and back muscles. Eur J Appl Physiol 1975 ; 34 : 43-50
- [8] BRUADET JM, TUBERLIN G, VERET MC. L'électrostimulation nocturne dans le traitement de la scoliose, 5 ans d'expérience. Ann Kinesi Ther 1993 ; 20 : 117-122
- [9] CABRIC M, APPEL HJ, RESIC A. Effects of electrical stimulation of different frequencies on the myonuclei and fiber size in human. Int J Sports Med 1987 ; 8 : 323-326
- [10] DELITTO A, SNYDER-MARCKLER L. Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. Phys Ther 1990 ; 70 : 158-164
- [11] EFTHY G, PRAU JP. Méthodes gymniques de la rééducation vertébrale. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris). Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle. 26050 A¹⁰. 1991 ; 20 p
- [12] FLICKER PL, FLECKENSTEIN JL, FERRY K. Lumbar muscle usage in chronic low back pain : magnetic resonance image evaluation. Spine 1993 ; 18 : 582-586
- [13] GALLIENNE F, GALLOU JJ. Massokinésithérapie dans les lombalgies et les lombosciatalgies. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris). Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle. 26294 A¹⁰. 1991 ; 28 p
- [14] GIBSON JN, SMITH KA, RENNIE MJ. Prevention of disuse muscle atrophy by means an electrical stimulation : maintenance of protein synthesis. Lancet 1988 ; 2 : 767-769
- [15] GOBELET C, MEIER JL et coll. Mesures et entraînement isocinétiques. In : Simon L, Péliissier J, Hérisson C eds. Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation. Masson. Paris. 1987 ; pp 253-261
- [16] GRIMBY G, NORDWALL A, HULTEN B, HENRIKSSON KG. Changes in histochemical profile of muscle after long term electrical stimulation in patients with idiopathic scoliosis. Scand J Rehabil Med 1985 ; 17 : 191-196
- [17] HAINAUT K, DUCHATEAU J. Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. Sports Med 1992 ; 14 : 100-113
- [18] HISLOP H, PERRINE J. The isokinetic concept of exercise. Phys Ther 1967 ; 47 : 114-117
- [19] JOHNSON MA, POLGAR J, WEIGHTMAN D, APPLETON D. Data on the distribution of fibre types in thirty six human muscles. An autopsy study. J Neurol Sci 1973 ; 18 : 11-29
- [20] JONSSON B. The functions of individual muscles in the lumbar part of erector spinae muscle. Electromyography 1970 ; 1 : 5-21
- [21] JORGENSEN K, MAG C, NICHOLAISEN T, KATO M. Muscle fiber distribution, capillary density, and enzymatic activities in the lumbar paravertebral muscles of young men. Spine 1993 ; 18 : 1439-1450
- [22] KAHANOVITZ N, NORDIN M, VERDERAME R et al. Normal trunk muscle and endurance in women and the effect of exercises and electrical stimulation. Part 2 : Comparative analysis of electrical stimulation and exercises to increase trunk muscle strength and endurance. Spine 1987 ; 12 : 112-118
- [23] KARLSSON J. Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. Acta Physiol Scand Suppl 1971 ; 358 : 1
- [24] LAASONEN EM. Atrophy of sacrospinal muscle groups in patients with chronic, diffusely radiating lumbar back pain. Ann Neurol 1989 ; 25 : 468-472
- [25] LAKE DA. Neuromuscular electrical stimulation : an overview and its application in the treatment of sports injuries. Sports Med 1992 ; 13 : 320-336
- [26] LEROY A, PIERRON G. Principes de la kinésithérapie active. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris). Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle. 26045 A¹⁰. 1990 ; 22 p
- [27] MAYER TG, VANHARANTA H, GATCHEL RJ et al. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. Spine 1989 ; 14 : 33-36
- [28] McQUAIN MT, SINAKI M, SHIBLEY LD, WAHNER HW, ISTRUP DM. Effect of electrical stimulation on lumbar paraspinal muscles. Spine 1993 ; 18 : 1787-1792
- [29] MEIER JL, KERKOUR K. Isocinétique et tronc. Mesure de la force des fléchisseurs et extenseurs du tronc chez le sujet sain et chez le lombalgique. Actualités en rééducation fonctionnelle et réadaptation. Masson. Paris. 1992 ; pp 85-90
- [30] NAKAI O, OOKAVA A, YAMAURA L. Long term roentgenographic and functional changes in patient who were treated with wide fenestration for central lumbar stenosis. J Bone Joint Surg 1991 ; 73A : 1184-1191
- [31] NORDIN M, KAHANOVITZ N, VERDERAME R et al. Normal trunk muscle and endurance in women and the effect of exercises and electrical stimulation. Part 1 : Normal endurance and trunk muscle strength in 101 women. Spine 1987 ; 12 : 105-111
- [32] PANJABI M, ABUMI K, DURANCEAU J, OXLAND T. Spinal stability and intersegmental muscle forces. A biomechanical model. Spine 1989 ; 14 : 194-199
- [33] PARKKOLA R, RYTÖKOSKI U, KORMANO M. Magnetic resonance imaging of the discs and trunk muscles in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. Spine 1993 ; 18 : 830-836
- [34] PAULY JE. An electromyographic analysis of certain movements and exercises. Some deep muscles of the back. Anat Rec 1966 ; 155 : 223-234
- [35] PETTINE KA, SALIB RM, WALKER SG. External electrical stimulation and bracing for treatment of spondylolysis : a case report. Spine 1993 ; 18 : 436-439
- [36] RANTANEN J, FALCK MH, ALARANTA H et al. The lumbar multifidus muscle five years after surgery for a lumbar intervertebral disc herniation. Spine 1993 ; 18 : 568-574
- [37] SAMUEL J. Techniques de musculation abdominale et spinale. Encycl Med Chir (Elsevier, Paris). Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle. 26062 A¹⁰. 4-6-03 ; 13 p
- [38] SEKI M, MAEDA M. Effects of electrical stimulation of motor and cutaneous nerves on spinal cord blood flow. Spine 1993 ; 18 : 1798-1802
- [39] SIHVONEN T, HERNO A, PALJARVI L, AIRAKSINEN O, PARTANEN J, TAPANINAHOS A. Local denervation atrophy paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. Spine 1993 ; 18 : 575-581
- [40] STARRING DT. The use of electrical stimulation and exercise for strengthening lumbar musculature : a case study. J Orthop Sports Phys Ther 1991 ; 14 : 61-64
- [41] STYF J. Pressure in the erector spinae muscle during exercise. Spine 1987 ; 12 : 675-678
- [42] THORSTENSSON A, CARLSON H. Fibre types in human lumbar back muscles. Acta Physiol Scand 1987 ; 131 : 195-200
- [43] TULBERG T, RYDBERG J, ISACSSON J. Radiographic changes after lumbar discectomy : sequential enhanced computerized tomography in relation to clinical observations. Spine 1993 ; 18 : 843-850
- [44] WILHITE MR, COHEN ER, WILHITE SC. Reliability of concentric and eccentric measurements of quadriceps performance using the KIN-COM dynamometer : the effect of testing order for three different speeds. J Orthop Sports Phys Ther 1992 ; 15 : 175-182
- [45] WILSTE LL, SPENCER CV. New uses and refinements of the paraspinal approach to the lumbar spine. Spine 1988 ; 13 : 696-706
- [46] WRIGHT J, HERBERT MA, VELAZQUEZ R, BOBENCHKO WP. Morphologic and histochemical characteristics of skeletal muscle after long-term intramuscular electrical stimulation. Spine 1992 ; 17 : 767-770
- [47] XIONG-ZENG Z, PARNIANPOUR M, NORDIN M. Histochemistry and morphology of erector spinae muscle in lumbar disc herniation. Spine 1989 ; 14 : 391-397