



European Journal of Osteopathy & Related Clinical Research



REVISIÓN SISTEMÁTICA

Tono Muscular: Consideraciones Generales. Revisión.

Peña-Salinas M (PhD) ¹ Oliva-Pascual-Vaca J (PhD) ¹ Lérída-Ortega MA (PhD, DO) ²

1.- Profesor del Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

2.- Profesor del Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad de Jaén. Jaén. España.

Recibido el 10 de Octubre de 2012 ; aceptado el 14 Noviembre de 2012

Palabras Clave:

Tono Muscular; Sistema Musculoesquelético; Músculo Esquelético; Músculo Estriado; Diagnóstico.

RESUMEN

Introducción: La medición del tono muscular proporciona una información fundamental para realizar el diagnóstico diferencial, pronóstico y el tratamiento de los trastornos musculoesqueléticos y neuromusculares, pudiéndose considerar como un importante factor pronóstico de la evolución de determinadas patologías.

Objetivos: Realizar una descripción actualizada de los distintos métodos de evaluación del tono muscular.

Material y Métodos: Se procedió a realizar una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed (MEDLINE), Sciondirect (Scopus) y ISI Web of Knowledge, utilizando los términos "muscle tone", "muscle tonus", "stiffness", "measurement", "myotonometer", "reliability" y "validity", solos o combinados entre sí.

Resultados: Estudio de revisión sistemática, retrospectivo, con una muestra de análisis bibliográfico integrado por 52 artículos (n=52) que cumplieron los criterios de selección llevado a cabo en dos fases de análisis, lo cual supuso el 8,9% del total de artículos encontrados (n=578) y el 17,50% de los artículos que cumplieron los criterios de selección (n=297) (inclusión y exclusión). La medición de determinadas propiedades musculares, como son el tono, la elasticidad y la rigidez (*stiffness*) aportan una información relevante sobre el estado funcional del músculo. Los dispositivos utilizados en la actualidad para la cuantificación del tono muscular son variados y de novedosa tecnología, sin olvidar los tradicionales tests manuales y escalas nominales, como la de Asworth.

Conclusiones: La medición del tono muscular es una herramienta evaluadora de gran importancia. Los nuevos dispositivos empleados para evaluar el tono muscular suponen un paso más respecto a los métodos tradicionales, ya que son capaces de medir tres características del músculo como la frecuencia de oscilación natural, la elasticidad y la rigidez de forma simultánea.

INTRODUCCIÓN

El tono muscular se define desde el punto de vista clínico como la resistencia ante una fuerza externa dada, encontrándose el músculo en un estado de relajación voluntaria. En términos físicos, tal resistencia puede ser también expresada como el incremento de fuerza desarrollada en respuesta a los cambios de longitud del músculo (rigidez muscular). Uno de los factores contribuyentes al tono muscular es la rigidez intrínseca, determinada por las propiedades elásticas y amortiguadoras del aparato contráctil, así como la elasticidad inherente de las inserciones tendinosas y del tejido conectivo del músculo. ¹

La medición del tono muscular proporciona una información fundamental para el diagnóstico diferencial, pronóstico y tratamiento de los trastornos músculo-esqueléticos y neuromusculares, pudiéndose considerar como un importante factor pronóstico de la evolución de determinadas patologías. ²

MATERIAL Y MÉTODOS

La revisión de la bibliografía se ha realizado utilizando las bases de datos Pubmed (MEDLINE), Scimedirect (Scopus) y ISI Web of Knowledge. Los términos empleados para la búsqueda fueron “muscle tone”, “muscle tonus”, “stiffness”, “measurement”, “myotonometer”, “reliability” y “validity”, solos o combinados entre sí, considerando la misma hasta 2012 y a aquellas publicaciones escritas en inglés o castellano.

Criterios de Selección

La revisión se estructuró en dos fases distintas de búsqueda. En la primera fase se establecieron criterios de selección (inclusión y exclusión) y en la segunda criterios específicos de cribado.

Criterios de Selección. En la fase 1 de la búsqueda se aplicaron los siguientes criterios de inclusión: artículos publicados en revistas científicas indexadas,

en inglés o castellano, relativas a cualquier aspecto relacionado con el tono muscular y su evaluación en seres humanos.

En la fase 2 se aplicaron criterios de cribado a los artículos seleccionados. Se realizó un filtro teniendo en cuenta el título, el resumen, palabras clave, la disponibilidad del texto completo y las referencias bibliográficas de los artículos incluidos en la fase 1 (figura 1).

Análisis de Datos

Fase 1.- Se llevó a cabo una primera búsqueda general dirigida a obtener los estudios publicados relacionados con el tono muscular y su evaluación.

Se obtuvieron un total de 578 estudios (n=578), una vez descartados los artículos duplicados, a los cuales se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, lo que permitió una selección inicial de 297 artículos (n=297) (figura 1).

Fase 2.- Posteriormente, se planteó como objetivo la revisión de los artículos que trataban la relación del tono muscular con el dolor, los distintos dispositivos empleados en la medición del tono, así como la fiabilidad y validez de los mismos. De esta forma, se realizó una selección por título, resumen y palabras clave, lo cual excluyó a 104 (n=104) artículos inicialmente seleccionados. Posteriormente se aplicó una selección por texto completo, lo que resultó en la inclusión definitiva de 52 estudios (n=52). Finalmente, se realizó un análisis de las referencias bibliográficas de estos 52 artículos, para comprobar si era factible obtener información adicional, y no fue así, por lo que no se obtuvo ningún estudio complementario (n=0). Por ello, la muestra de esta revisión estuvo formada por 52 artículos, seleccionados según los criterios PRISMA para revisiones sistemáticas (figura 1).

Entre todas las revistas utilizadas para la puesta en marcha de la presente revisión, destacamos dos de ellas: “Archives of Physical Medicine and

Rehabilitation” y “Physiological Measurement” que con diez (n=10) y siete (n=7) resultados respectivamente son las publicaciones que más artículos aportan al tema de estudio.

RESULTADOS

La muestra de análisis bibliográfico estuvo finalmente integrada por un total de 52 artículos (n=52) que cumplieron los criterios de selección en dos fases de análisis, lo cual supuso el 8,9% del total de artículos encontrados y el 17,50 % de los artículos que cumplieron los criterios de selección (inclusión y exclusión).

A tenor de la búsqueda realizada y una vez analizadas las distintas publicaciones al respecto del tema de interés, se destacan los siguientes aspectos relacionados con el tono muscular y su evaluación:

Definición.-

La medición de determinadas propiedades musculares, como el tono, la elasticidad y la rigidez (*stiffness*) aportan una información relevante sobre el estado funcional del músculo. La evaluación de las propiedades del músculo esquelético se acepta en la clínica como indicador potencial del efecto del tratamiento aplicado o de la progresión de la enfermedad.³

El tono muscular, relacionado con la rigidez mecánica y las propiedades elásticas del músculo esquelético, es considerado como un factor fundamental en el mantenimiento del equilibrio, la estabilidad y la postura, ya que permite un óptimo control postural con eficiencia energética.⁴ Además, el tono muscular es responsable de asegurar una contracción muscular eficiente en estático, sin contracción voluntaria.⁵

Entre los mecanismos que contribuyen al mantenimiento del tono muscular se incluyen la excitabilidad refleja, las propiedades viscoelásticas de

la unidad músculo-tendinosa y las propiedades intrínsecas de los elementos contráctiles.⁶

En la literatura se encuentran varias definiciones relativas al tono muscular, como las siguientes: “la tensión muscular pasiva consecuencia de las propiedades viscoelásticas intrínsecas del músculo sin actividad contráctil”^{4,5}, “la resistencia al estiramiento pasivo que refleja las influencias relativas de las características mecánico-elásticas musculares”⁷; “La resistencia al estiramiento pasivo, resultante de varios mecanismos, como la excitabilidad refleja, las propiedades mecánicas de la unidad músculo-tendinosa (viscoelasticidad) y las propiedades intrínsecas o la resistencia activa de los elementos contráctiles;”⁸ “La interacción entre las propiedades viscoelásticas del músculo, estructuras y regulación neural.”⁹

Variaciones del tono muscular

El incremento del tono muscular (que aparece en la literatura como rigidez o *stiffness* es una condición frecuente en patologías músculo-esqueléticas, siendo su normalización una de las metas fundamentales del tratamiento osteopático.¹⁰

La dureza o rigidez muscular es un parámetro objetivo que se define como el grado de deformación del músculo a una presión dada. Desde un punto de vista técnico, se entiende por rigidez o dureza muscular (del inglés *hardness*) el promedio de cambio vigente en fuerza a cambio en longitud a lo largo del eje principal de un músculo.¹¹ Además, esta dureza muscular aumenta a medida que progresa la contracción, viéndose afectada por alteraciones del músculo y según niveles de activación.¹² Por ejemplo, pacientes con síndrome de dolor miofascial poseen puntos *trigger* que se caracterizan por la rigidez tisular, notándose una banda tensa a la palpación. Aunque las patologías crónicas pueden inducir cambios físicos en el músculo que le hacen ser más rígido a la palpación, en general el incremento de la dureza muscular se asocia clínicamente con una activación neural del músculo.

Como excepción, se cita el estudio de Andersen y cols., en el que al evaluar los puntos dolorosos del trapecio mediante algometría, dos de ellos revelaron un bajo umbral doloroso a la presión (coincidentes con localizaciones típicas para puntos sensibles o puntos trigger latentes), sin embargo, fueron los sitios con menor rigidez respecto al resto.¹³ En todo caso, un cambio palpable en la dureza muscular en un día, una semana o un mes debería interpretarse como un cambio en la cantidad de tensión que el músculo ejerce continuamente.¹⁴ Esta dureza muscular parece depender de la tensión muscular en la mayoría de los rangos de longitud.¹⁵

Por tanto, el aumento del tono muscular por encima de las condiciones normales induce una serie de alteraciones, como son la compresión venosa muscular y la alteración de la circulación intramuscular, disminuyendo el volumen de oxígeno transportado, lo que conlleva a un estado de dolor y detrimento de la función motora.¹⁵

La rigidez o dureza de las estructuras pasivas articulares contribuye poco a su estabilidad mecánica, excepto en los últimos grados de rango articular. Sin embargo, varios estudios han determinado que las propiedades de rigidez activa de los músculos son esenciales para la estabilidad dinámica. Niveles óptimos de rigidez músculo-tendinosa se relacionan ampliamente con mejoras significativas en la función muscular. Este aumento de la rigidez articular podría limitar la traslación sufrida a nivel articular tras una lesión.¹⁶

Varias situaciones pueden ocasionar un aumento patológico del tono muscular. Por un lado, cambios en las propiedades mecánicas y viscoelásticas del complejo articulación-tendón-músculo. Por otro lado, alteraciones neurofisiológicas como actividad de la motoneurona alfa y/o desórdenes derivados de la actividad local de husos musculares o de gammaneuronas. Entre estas últimas pueden incluirse alteración de inhibición presináptica, inhibición de la interneurona de Renshaw y desórdenes de adaptación neuroplástica o hiperreflexia resultantes de hipersensibilidad del sentido del tacto.⁹

Diversos estudios han demostrado que las propiedades mecánicas musculares se alteran en ciertas patologías neuromusculares, como hipertiroidismo, distrofia muscular de Duchenne, esclerosis múltiple, espasticidad o síndrome de dolor miofascial.¹⁷ Por ejemplo, las anomalías en la rigidez muscular son un rasgo característico de una serie de alteraciones neurológicas y en otros síndromes dolorosos relacionados con traumatismos de repetición, deportivos y laborales.¹⁸

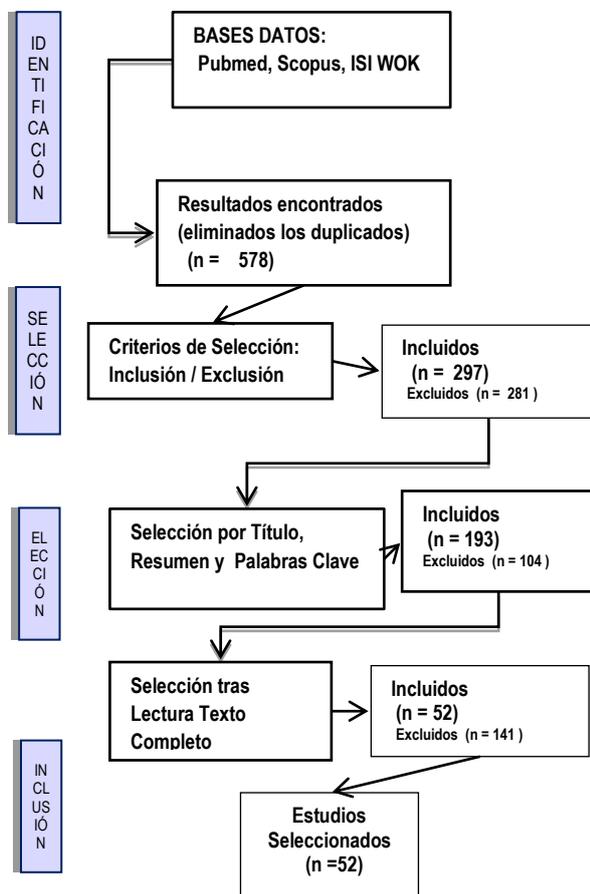


Figura 1.- Diagrama de Flujo de la Selección de Artículos, según la Declaración PRISMA para informes de revisión sistemática y meta-análisis en estudios del Cuidado de la Salud.

La nomenclatura utilizada para referirse a este estado muscular patológico es variada, apareciendo los términos “hipertonía”, “*stiffness*”, “*hardness*”, “propiedades elásticas” y “viscoelasticidad”.¹⁰

Medición del tono muscular.-

La medición del tono muscular se considera uno de los métodos más comúnmente utilizados en la práctica clínica como factor evaluador y pronóstico.¹

La evaluación del tono muscular por medio de palpación directa y de la resistencia es uno de los métodos más comunes para determinar el estado muscular en la práctica clínica. Sin embargo, las evaluaciones del tono que se usan en la actualidad se basan en métodos manuales que utilizan escalas de registro ambiguas que dependen más de la experiencia y subjetividad del examinador, de forma que los resultados pueden solo obtenerse en una escala ordinal. Cabe señalar que para algunos autores, hasta el momento, la palpación manual es el método más importante y exacto según su experiencia, sin embargo cuentan con la desventaja de la falta de pruebas objetivas.¹⁹ Como prototipo de este tipo de pruebas se encuentran los tests clínicos, que aplican una escala ordinal a la resistencia percibida por el evaluador al movimiento pasivo de la articulación testada. El ejemplo clásico de este tipo de tests es la escala de Ashworth y la de Asworth modificada, que principalmente evalúan el tono muscular y la espasticidad.^{20, 21} Hemos de señalar que aunque el grado de espasticidad se ha determinado básicamente con esta escala, van apareciendo nuevos sistemas para su evaluación y variaciones de la escala original.^{22, 23}

Sin embargo, estas mediciones no se consideran cuantitativas, carecen de rangos suficientemente discriminativos y los resultados se agrupan en unos pocos grados.²³ Este testaje manual no es lo bastante sensible para detectar cambios pequeños o moderados.² Además, su fiabilidad no se ha definido claramente.²⁰

Por otro lado, los métodos clásicos de evaluación de las propiedades mecánicas musculares suponen la utilización de aparatos experimentales específicos y diseñados para una determinada articulación. En consecuencia, los cambios en las propiedades de diversos músculos, más o menos afectados por una determinada patología, no pueden determinarse fácilmente mediante el mismo procedimiento.¹⁷ Es más, la medida de la rigidez requiere que los sujetos evaluados realicen contracciones isométricas voluntarias máximas y submáximas, que pueden ser dolorosas y difíciles de realizar. Se trata de mediciones objetivas que determinan la resistencia al movimiento pasivo articular presente mientras el miembro evaluado se mueve bajo control gravitacional o por medio de un dinamómetro isocinético; ejemplo de este tipo de mediciones es el test del péndulo o test de Wartenberg, desarrollado inicialmente por este autor en 1951 para la evaluación de la articulación de la rodilla. Este sistema, aunque se considera objetivo y fiable, tiene un uso limitado a unos ciertos grupos musculares, como el caso del cuádriceps, y además sólo proporciona una única fuerza, la de la gravedad. Para la ejecución del test el paciente adopta una postura relajada al filo de la camilla de exploración, de forma que las piernas quedan sueltas. El examinador eleva ambas piernas del sujeto hasta la horizontal, dejándolas luego caer, observando su oscilación, que será diferente en un músculo sano y en un músculo espástico.²⁴⁻²⁶

Otro sistema de medición encontrado en la bibliografía es la elastografía de resonancia magnética, que especifica la medida de la rigidez en los tejidos musculares.¹⁷ Esta técnica se ha utilizado para evaluar las propiedades mecánicas de músculos patológicos en reposo. Sin embargo, este sistema tiene inherentes limitaciones que restringen su uso clínico, en parte debido a la complejidad y coste. Además, ciertos estudios limitan su capacidad para detectar ligeros cambios estructurales en el tiempo. La progresión en este último dispositivo se encuentra en el dispositivo de corte de imagen supersónica (*Supersonic shear*

imaging) que resuelve parcialmente estos problemas; su fiabilidad de ha determinado igualmente.¹⁷

Otros investigadores han desarrollado un dispositivo más cuantificador del tono, el “*twister*”. Este dispositivo estudia la regulación del tono de la musculatura axial y proximal durante el mantenimiento postural activo. El “*twister*” rota regiones axiales del cuerpo respecto a otras en torno a un eje vertical. Este giro impone cambios de longitud en la musculatura axial sin producir cambio en la relación del cuerpo con la acción de la gravedad. Este sistema puede ser reconfigurado para estudiar varios aspectos del tono muscular, como la co-contracción, la modulación tónica a los cambios posturales, interacciones tónicas a lo largo de segmentos corporales, así como umbrales perceptivos a la rotación axial lenta.²⁷

En la literatura revisada se aprecia una gran cantidad de artículos centrados en la cuantificación del tono muscular por medio de dispositivos que estudian el cambio en la dureza o rigidez muscular como consecuencia de fuerzas aplicadas a lo largo del eje de un músculo dado. Diversos estudios han determinado que esta fuerza aplicada perpendicularmente es proporcional a los cambios en dureza muscular.^{28, 29}

Todos estos dispositivos miden el desplazamiento de un determinado músculo al que se le aplica perpendicularmente una fuerza compresiva. Como ejemplo más significativo de este tipo de dispositivos se presenta el Miotonómetro®.³⁰

El Miotonómetro® es un instrumento electrónico que se viene desarrollando desde 1993, cuya función primordial es medir la relación fuerza física-desplazamiento del músculo y otros tejidos localizados bajo el área de medida o área bajo la curva (AUC). Es decir, proporciona una valoración de la dureza muscular en reposo y durante la contracción. Los valores se obtienen al cuantificar la resistencia (medida en milímetros de desplazamiento tisular) por unidad de una fuerza aplicada perpendicularmente al tejido. El Miotonómetro® se constituye por una sonda de metal

(de 1 cm de diámetro), rodeada por una funda de metal y plástico de 3,5 cm de diámetro. Dentro de la sonda se encuentran una serie de transductores que monitorizan la presión descendente aplicada. Las mediciones se realizan en intervalos de 0,25 Kg, desde 0,25 hasta 2.0 kg. La fuerza máxima ejercida puede reducirse a 1 kg en casos especiales (como en el caso de niños o de situaciones especialmente dolorosas). La sonda envía la información relativa a la fuerza y el desplazamiento tisular al ordenador vinculado al Miotonómetro®. El examinador aplica una ligera presión en sentido descendente y perpendicular al músculo. Hay que tener en cuenta que la aplicación de una compresión externa aumenta la rigidez tisular.³¹ Mientras se aplica la presión, la sonda penetra en el músculo. A medida que el tono es mayor, se produce menor penetración por unidad de fuerza, de tal manera que un músculo contraído permitirá menos penetración que estando relajado.³⁰

Las medidas obtenidas con el Miotonómetro® durante una contracción muscular proporcionan una medida indirecta pero válida de la fuerza muscular^{18, 32} ya que la rigidez o dureza muscular aumenta proporcionalmente a la activación muscular y la producción del torque o par de fuerza.³³

Los valores en reposo proporcionan una determinación exacta del tono muscular y del rendimiento muscular (del inglés *compliance*). Esto es posible ya que una fibra muscular se vuelve más rígida cuando es estimulada.^{29, 34}

Utilizar el Miotonómetro® tiene ciertas ventajas en comparación con la electromiografía (EMG) de superficie, el test isocinético y el dinamómetro. El test isocinético y dinamométrico pueden verse influenciados por compensaciones musculares y solo miden el par de torsión articular, no las contribuciones del músculo al par de torsión articular. Por el contrario, el tiempo de puesta en marcha del Miotonómetro® es mínimo y los datos pueden obtenerse e interpretarse rápidamente.³⁰

Las mediciones de la rigidez muscular realizadas con Miotómetro® muestran un aumento aproximadamente lineal con incremento de medidas electromiográficas de la activación muscular, y la fuerza contráctil durante la contracción voluntaria isométrica, indicando desplazamiento tisular durante las condiciones contráctiles, lo que suministra una medida indirecta de la fuerza muscular.³⁵

Ensayos clínicos han demostrado que las mediciones que aporta este dispositivo pueden distinguir entre músculos lesionados y no lesionados incluso años después de la lesión, así como cuantificar desequilibrios musculares.³⁶ Igualmente, el Miotómetro® puede cuantificar diferencias entre individuos con alteración de la motoneurona superior de individuos sin alteraciones, además de ser capaz de distinguir entre extremidades homo y contralaterales a la lesión.⁷ Coon et al³⁷ evaluaron los efectos de la técnica manual de contracción-relajación (en posición supina) sobre la sensibilidad alterada y la dureza (mediante Miotómetro®) a nivel del trapecio en sujetos con dolor cervical comparados con controles sanos. Se obtuvo un descenso significativo en la dureza muscular en el grupo que recibió la técnica manual, aunque no fue especialmente diferente del obtenido en el grupo control. Igualmente, se ha utilizado para medir los parámetros viscoelásticos de los músculos en triatletas³⁸ así como para determinar la posible relación entre los cambios en la dureza pasiva del bíceps braquial tras el ejercicio excéntrico.³⁹

Leonard y cols.,⁴⁰ determinaron la correlación entre las mediciones de dureza muscular obtenidas con el Miotómetro® y la EMG de superficie durante varios grados de contracción isométrica voluntaria del bíceps braquial. Los datos se obtuvieron en reposo, sosteniendo el sujeto un lastre de 6,8 kg y durante una contracción isométrica voluntaria máxima. Las medidas obtenidas con ambos instrumentos (AUC con el Miotómetro®) tuvieron correlación, sobre todo entre 1 y 2 kg.

Gubler-Hanna y cols.,³⁰ siguieron esta misma línea de investigación, llegando a la conclusión de que las medidas obtenidas con el Miotómetro® demostraron una correlación considerable con el EMG de superficie y la producción del par de torsión extensor de rodilla durante una contracción isométrica.

Ditto y cols.,⁴¹ comprobaron la efectividad del Miotómetro para detectar cambios en el rendimiento muscular (del inglés, *compliance*) durante un programa de cuatro semanas de estiramientos del tríceps sural.

La fiabilidad y validez del Miotómetro® ha demostrado ser muy alta^{7, 42, 43} comprobándose en la determinación del tono muscular de niños con PCI⁴⁴ y en la comprobación de las propiedades musculares tras la rehabilitación en sujetos con ictus.⁶

Otros dispositivos muy similares se han utilizado en la determinación del tono muscular, como es el caso del *Myoton*. Se trata de un dispositivo que suministra mediciones objetivas de tres propiedades mecánicas musculares: tono, dureza y elasticidad. La frecuencia de oscilación indica el tono de un músculo en estado de reposo. El descenso logarítmico de la oscilación natural de un músculo indica su elasticidad o su habilidad para recobrar su forma tras la contracción. La rigidez dinámica (N/m) caracteriza la resistencia del músculo a la contracción. Hay varios prototipos de *Myoton*, siendo más frecuentes en la bibliografía el *Myoton-2* y el *Myoton-3*, además del *Myoton-Pro*. La diferencia de este último dispositivo con los anteriores es que tiene varias actualizaciones, como un acelerómetro triaxial, que lo hace más versátil en términos de aplicación.⁴⁵ Su fiabilidad ha sido comprobada en la medición del tono del cuádriceps en ancianos sanos.⁴⁵ El *Myoton-2* ofrece la posibilidad de medir en vivo, de forma no invasiva y simultáneamente, tres parámetros: la frecuencia oscilatoria natural que caracteriza la tensión muscular, la rigidez, como la habilidad del músculo para resistir cambios en su forma, y el descenso logarítmico de la elasticidad muscular, o lo que es lo mismo la habilidad del músculo

para volver a su forma inicial tras la co-contracción y/o deformación causada por fuerzas externas. El Myoton-2 mostró una buena fiabilidad en la medición de las propiedades del músculo esquelético.^{5,18} Además, se ha determinado que sus mediciones son más exactas y sensibles si se las compara con otras obtenidas mediante escala nominal en sujetos con espasticidad.⁴⁶

Como ejemplo del uso del Myoton-3 (Miometría AS; Tallin, Estonia), cabe destacar su empleo en la objetivación del grado de rigidez muscular pasiva en pacientes afectados de Parkinson, mayor que en controles sanos.⁴⁷ Este hallazgo coincide con estudios anteriores como el de Watts,⁴⁸ que llegaron a conclusiones similares mediante el uso de dinamometría y electromiografía. En esta misma línea, se ha determinado que el aumento de rigidez observada en pacientes de Parkinson se asocia con incrementos en los valores de dureza o rigidez viscoelástica.³ Además, se propone el uso de la miometría en el diagnóstico y para monitorizar la efectividad de la terapia de estimulación cerebral profunda. Mediante el uso de miometría, se concluye que la medicación antiparkinsoniana reduce no sólo la rigidez patognomónica de esta patología, sino también la dureza relacionada con la rigidez en músculos en reposo. Para estos autores, la miometría puede añadirse a la práctica neurológica, ya que suministra una visión objetiva y fiable del tratamiento de la rigidez parkinsoniana.⁴⁹ Su fiabilidad y validez se ha determinado en la cuantificación del tono muscular, elasticidad y dureza del bíceps y tríceps braquial en pacientes con ACV subagudo,^{4,35} así como para determinar la rigidez o dureza del cuádriceps.¹⁶

Jarocka y cols.,¹⁰ compararon las mediciones del tono y de la dureza del músculo braquioradial usando dos de estos dispositivos, el Myoton-3 y el Miotómetro®. El estado del músculo esquelético se expresó por los parámetros de rigidez del Myoton-3 ($N\ m^{-1}$), frecuencia, así como el parámetro AUC del Miotómetro®, estando el músculo en reposo y al 25%, 50%, 80% y 100% de contracción máxima

voluntaria en los músculos flexores de codo. Al comparar ambos resultados por separado, el grado de correlación entre ambas mediciones dependió de si el músculo evaluado se encontraba en reposo o en contracción, y además variaba entre los diferentes parámetros. Un último dispositivo relacionado con la evaluación del tono muscular es el tonómetro (Medirehabook Ltd, Muurame, Finlandia), que cuantifica la cantidad de tejido muscular desplazado por unidad de fuerza aplicada por medio de una sonda, que se presiona contra el tejido.⁵⁰ El dispositivo lee directamente el tono muscular en condiciones de funcionamiento normal, pudiéndose utilizar para el diagnóstico y tratamiento, motivando la retroalimentación visual.⁵⁰ Su fiabilidad ha sido igualmente determinada.²

En último término, señalar la existencia dispositivos creados para cuantificar la tensión muscular.^{51,52} Por ejemplo, Đorđević y cols.,⁵² son capaces de medir la tensión muscular por medio de un sensor mediante un novedoso método durante las contracciones musculares. El sensor se fija a la piel sobre el músculo, la punta del sensor aplica presión sobre la piel y causa un ligero sangrado, inmediatamente después aplica presión sobre músculo. En este momento es cuando se mide la fuerza sobre la punta del sensor. Esta fuerza es directamente proporcional a la tensión muscular. La medición es no invasiva y selectiva.

DISCUSIÓN

De la revisión de la literatura se deriva que la cuantificación del tono es una herramienta indispensable en la valoración del estado funcional muscular, así como para la determinación del efecto del tratamiento aplicado.² La actividad muscular, el espesor y la longitud muscular deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar el tono muscular.⁹

La evaluación de un determinado músculo (que podría modificarse debido a la fatiga o a un proceso patológico) se lleva normalmente a cabo por medio de

palpación. Según la bibliografía, esta evaluación es subjetiva e inapropiada para una correcta comparación de cambios que podrían darse en diferentes estadios de la terapia y según diversos terapeutas. La miotonometría se propone como una herramienta fiable para cuantificar las potenciales diferencias en lo antes indicado.⁴⁰

La miotonometría es un sistema útil para la vigilancia de los cambios mecánicos del músculo dependientes del tiempo, como sucede en los síndromes crónicos. La principal diferencia entre la miometría y otra forma de valorar el tono muscular reside en que es capaz de medir tres características del músculo, la frecuencia de oscilación natural, la frecuencia de oscilación natural, elasticidad y rigidez simultáneamente. La desproporción entre la rigidez y la elasticidad del tejido muscular en su proceso alterado de contracción y relajación se propone como un nuevo marcador de cambios patológicos en los tejidos.⁵

Las medidas miotonométricas representan una aproximación nueva y válida para una evaluación indirecta de la fuerza muscular. La rapidez y facilidad en la obtención de datos y en el análisis de los resultados obtenidos implica una clara ventaja sobre la electromiografía.

Entre las ventajas que tiene sobre la dinamometría se incluyen la habilidad para cuantificar cambios en el rendimiento muscular (*compliance*) de músculos aislados durante las mediciones de fuerza articular y no solo la fuerza total articular, las sustituciones musculares no son posibles, así como la portabilidad y fácil manejo del dispositivo.⁴³

Otra de las ventajas del uso del Myoton y de otros dispositivos es su habilidad para la medición de músculos aislados y para evitar la co-contracción de la musculatura antagonista, que influye enormemente a la rigidez muscular.⁶

CONCLUSIONES

De la presente revisión sistemática se puede concluir que la medición del tono muscular es una herramienta evaluadora de gran importancia, tanto que puede mostrarse como un factor pronóstico de la progresión de determinadas patologías. Los nuevos dispositivos empleados en la cuantificación del tono muscular suponen un paso más respecto a los métodos tradicionales de evaluación, ya que son capaces de medir tres características del músculo, como la frecuencia de oscilación natural, la elasticidad y la rigidez de forma simultánea. Además, estas medidas obtenidas con dispositivos como el Miotonómetro® representan una aproximación nueva y válida para una evaluación indirecta de la fuerza muscular.

Por todo lo planteado en la revisión, son muchos los autores que propugnan el uso de estos dispositivos, y proponen comparar su fiabilidad en los mismos individuos con la obtenida en otras mediciones clásicas, como la escala de Asworth modificada.⁴⁶

CONFLICTO DE INTERES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- Pisano F. Quantitative evaluation of normal muscle tone. *JNS*1996; 135:168-172.
- 2- Ylinen J, Teittinen L, Kainulainen V, Kautiainen H, Vehmaskoski K, Häkkinen A. Repeatability of a computerized muscle tonometer and the effect of tissue thickness on the estimation of muscle tone. *Physiol Meas* 2006; 27: 787-796.
- 3- Rätsep T, Asser T. Changes in viscoelastic properties of skeletal muscles induced by subthalamic stimulation in patients with Parkinson's disease. *Clin Biomech* 2011; 26: 213-17.
- 4- Chuang L, Lin K, Wu C, Chang C, Chen H, Yin H, Wang L. Relative and absolute reliabilities of the

Myotonometric measurements of hemiparetic arms in stroke patients. Arch Phys Med Rehabil 2012 (En prensa).

5- Viir R, Laiho K, Kramarenko J, Mikkelsen M. Repeatability of trapezius muscle tone assessment by a myometric method. J Mech Med Biol. 2006; 6(2): 215-228.

6- Chuang L, Wu C, Lin K. Reliability, validity and responsiveness of Myotonometric measurement of muscle tone, elasticity and stiffness in patients with stroke. Arch Phys Med Rehabil 2012; 9:532-40.

7- Leonard C, Stephens J, Stroppel S. Assessing the spastic condition of individuals with upper motoneuron involvement: validity of the Myotonometer. Arch Phys Med Rehabil. 2001; 82: 1416-20.

8- Rydahl S, Brouwer B. Ankle stiffness and tissue compliance in stroke survivors: a validation of Myotonometer measurements. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85: 1631-37.

9- Alamäki A, Häkkinen A, Mälkka E, Ylinen J. Muscle tone in different joint positions and at submaximal isometric torque levels. Physiol Meas 2007; 28: 793-802.

10- Jarocka E, Marusiak J, Kumorek M, Jaskólska A, Jaskólski A. Muscle stiffness at different force levels measured with two myotonometric devices. Physiol Meas 2012; 33: 65-78.

11- Ashina M, Bendtsen L, Jensen R, Sakai F, Olesen J. Muscle hardness in patients with chronic tension-type headache: Relation to actual headache state. Pain 1999, 79: 201-05.

12- Morisada M, Okada K, Kawakita K. Quantitative analysis of muscle stiffness in tetanic contractions induced by electrical stimulation in rats. Eur J Appl Physiol. 2006; 97: 681-86.

13- Andersen H, Ge H, Arendt-Nielsen L, Danneskiold-Samsøe B, Graven-Nielsen T. Increased trapezius pain sensitivity is not associated with increased tissue hardness. J Pain 2010; 11(5): 491-499.

14- Kato G, Andrew PD, Sato H. Reliability and validity of a device to measure muscle hardness. J Mech Med Biol. 2004; 4(2): 2313-25.

15- Murayama M, Watanabe K, Kato R, Uchiyama T, Yoneda T. Association of muscle hardness with muscle tension dynamics: a physiological property. European Journal Appl Physiol 2012; 112 (1):105-12.

16- Zinder S, Padua D. Reliability, validity and precision of a handheld Myometer for assessing in vivo muscle stiffness. Journal of Sport Rehabilitation 2011: 1-8.

17- Lacoukrapaille L, Hug F, Bouillard K, Hogrel J, Nordez A. Supersonic shear imaging provides a reliable measurement of resting muscle shear elastic modulus. Physiol Meas 2012; 33: 19-28.

18- Bizzini M, Mannon A. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. Clin Biomech 2003; 18: 459-61.

19- Kovac C, Krapf M, Ettlin T, Mennet P, Stratz T, Muller W. Methods of proving variations in muscle tonus. Zeitschrift fur Rheumatologie. 1994; 53(1): 26-36.

20- Blackburn M, van Vliet P, Mockett SP. Reliability of measurements obtained with the Modified Ashworth Scale in the lower extremities of people with stroke. Phys Ther 2002; 82(1): 25-34.

21- Smith AW, Jamshidi M, Lo SK. Clinical measurement of muscle tone using a velocity-corrected modified Asworth scale. Am J Phys Med Rehabil 2002; 81(3): 202-6.

- 22- Lindberg PG, Gaverth J, Islam M, Fagergren A, Borg J. Validation of a New Biomechanical Model to Measure Muscle Tone in Spastic Muscles. *Neurorehabil Neural Repair* 2011; 25(7): 617-25.
- 23- Takeuchi N, Kuwabara T, Usuda S. Development and evaluation of a new measure for muscle tone of ankle plantar flexors: The ankle plantar flexors tone scale. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 2054-61.
- 24- Lin CC, Ju MS, Lin CW. The pendulum test for evaluating spasticity of the elbow joint. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 69-74.
- 25- Lin CC, Ju MS, Huang HW. Muscle tone in diabetic polyneuropathy evaluated by the quantitative pendulum test. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 368-73.
- 26- Simons D, Mense S. Understanding and measurement of muscle tone as related to clinical muscle pain. *Pain*. 1998; 75: 1-17.
- 27- Gurfinkel V, Cacciatore T, Cordo P, Horak F. Method to measure tone of axial and proximal muscle. *J Vis Exp* 2011; (58): 3677.
- 28- Murayama M, Nosaka K, Yoneda T, Minamitani K. Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise. *European Journal Appl Physiol*. 2000; 82: 361-67.
- 29- Horikawa M, Ebihara S, Sakai F, Akiyama M. Non-invasive measurement method for hardness in muscular tissues. *Med Biol Eng Comput*. 1993; 31: 623-27.
- 30- Gubler-Hanna C, Marx BJ, Leonard CT. Comparison of the Myotonometer with SEMG and isokinetic during dynamometry as measures of strength during isometric knee extension. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005; 85(1): A85-A86
- 31- Arokoski JPA, Surakka J, Kokari P, Jurvelin J. Feasibility of the use of a novel soft tissue stiffness meter. *Physiol Meas*. 2005; 26: 215-28.
- 32- Gevlich GI, Grigoryeva LS, Boyko MI, Kozlovskaya IB. Evaluation of skeletal muscle tone by recording lateral rigidity. *Kosm Biol Aviakosm Med*. 1983; 17: 86-9.
- 33- Carter RR, Crago PE, Gorman PH. Nonlinear stretch reflex interaction during cocontraction. *J Neurophysiol*. 1993; 69(3): 943-52.
- 34- Lan N, Crago P. Optimal control of antagonistic muscle stiffness during voluntary movements. *Biol Cybern*. 1994; 71: 123-35.
- 35- Chuang L, Wu C, Lin K, Lur S. Quantitative mechanical properties of the relaxed biceps and triceps brachii muscles in patients with subacute stroke: a reliability study of the Myoton-3 Myometer. *Stroke Res Treat* 2012; 617694.
- 36- Arrestad DD, Williams MD, Fehrer SC, Mikhailenok E, Leonard CT. Intra- and Interrater reliabilities of the Myotonometer when assessing the spastic condition of children with cerebral palsy. *J Child Neurol*. 2004; 19: 894-901.
- 37- Coon T, Ikeda ER, Lamb T, Sebastian D. Effects of strain-counterstrain on muscle hardness and tenderness in subjects with neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002, 32(1): A-29-A-30.
- 38- Gavronski G, Veraksits A, Vasar E et al. Evaluation of viscoelastic parameters of the skeletal muscles in junior triathletes. *Physiol Meas* 2007; 28: 625-37.
- 39- Janecki D, Jarocka E, Jaskólska A, marusiak J, Jaskólski A. Muscle passive stiffness increases less

after the second bout of eccentric exercise compared to the first bout. *J Sci Med Sport* 2011; 14: 338-343.

40- Leonard CT, Brown JS, Price TR, Queen S A, Mikhailenok EL. Comparison of surface electromyography and myotonometric measurements during voluntary isometric contractions. *J Electromyograph Kinesiol.* 2004; 14(6): 709-14.

41- Ditto KB, Fischer MS, Fehrer SC, Leonard CT. Myotonometer assessment of changes in the triceps surae musculotendinous unit following a stretching intervention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002; 32(1): A-33-A34.

42- Leonard CT, Deshner WP, Romo JW, Suoja ES, Fehrer SC, Mikhailenok EL. Myotonometer Intra-and Interrater Reliabilities. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84: 928-32.

43- Gubler-Hanna C, Laskin J, Marx BJ, Leonard CT. Construct validity of myotonometric measurements of muscle compliance as a measure of strength. *Physiol Meas* 2007; 28: 913-924.

44- Lidström A, Ahlsten G, Hirchfeld H, Norrlin S. Intrarater and interrater reliability of Myotonometer measurements of muscle tone in children. *J Child Neurol* 2009; 24: 267-74.

45- Aird L, Samuel D, Stokes M. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males. Reliability and symmetry using the Myoton Pro. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012; 55: e31-e39.

46- Ianieri G, Saggini R, Marvulli R, Tondi G, Aprile A, Ranieri M et al. New approach in the assesment of the tone, elasticity and the muscular resistance: nominal scales vs myoton. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2009; 22(3 Suppl): 21-4.

47- Marusiak J, Kisiel-Sajewicz K, Jaskólska A, Jaskólski A. Higher muscle passive stiffness in Parkinson's disease patients than in controls measured by myotonometry. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 800-2.

48- Watts RL, Wiegner AW, Young RR. Elastic properties of muscles measured at the elbow in man: II. Patients with parkinsonian rigidity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1986; 49: 1177-81.

49- Marusiak J, Jaskólska A, Koszewicz M, Budrewicz S, Jaskólski A. Myometry revealed medication-induced decrease in resting skeletal muscle stiffness in Parkinson's disease patients. *Clin Biomech* 2012; 27: 632-35.

50- Thiele E. Functional measuring of muscle tone. *Int J Orofacial Myology* 1996; 22:4-7.

51- O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, Jones DA, Maganaris CN. In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. *Exp Physiol.* 2010; 95(1): 202-10.

52- Đorđević S, Stančin S, Meglič A, Milutinović V, Tomažič S. MC Sensor: A novel method for measurement of muscle tension. *Sensors* 2011; 11(10): 9411-25

ISSN on line: 2173-9242

© 2012 – Eur J Ost Rel Clin Res - All rights reserved

www.europeanjournalosteopathy.com

info@europeanjournalosteopathy.com