

Valoración y cuantificación de la espasticidad: revisión de los métodos clínicos, biomecánicos y neurofisiológicos

Julio Gómez-Soriano, Roberto Cano-de-la-Cuerda, Elena Muñoz-Hellín, Rosa Ortiz-Gutiérrez, Julian S. Taylor

Introducción. La espasticidad es un trastorno sensitivomotor que afecta a cerca del 85% de los pacientes con esclerosis múltiple y entre el 65-78% con lesión medular, entre otras patologías neurológicas. Aunque generalmente la hipertonía suele ser fácil de reconocer clínicamente, su cuantificación resulta bastante compleja. La gran cantidad de escalas clínicas existentes y su subjetividad, la discrepancia entre la espasticidad percibida por el paciente y la medición clínica, así como la falta de correlación general entre las medidas neurofisiológicas y la hipertonía, otorgan una especial dificultad metodológica a la hora de realizar una medición válida y fiable del grado de espasticidad presente.

Objetivo. Revisar los principales métodos de valoración de la espasticidad aparecidos en la literatura científica, realizando una descripción y análisis crítico de sus ventajas, limitaciones y propiedades métricas en pacientes con patología neurológica.

Desarrollo. Se revisan los diversos métodos descritos para la evaluación de la espasticidad, agrupándolos en tres grandes grupos, las escalas clínicas específicamente diseñadas a tal efecto, las pruebas biomecánicas, así como los métodos neurofisiológicos.

Conclusiones. Existe falta de consenso en la definición de la espasticidad, así como en la necesidad de formación y experiencia por parte de los evaluadores a la hora de evaluarla. Se recomienda utilizar una combinación entre los diferentes instrumentos de valoración, como son las escalas, métodos biomecánicos y medidas neurofisiológicas descritos en el presente trabajo, para realizar un diagnóstico general del grado de espasticidad presente en el paciente.

Palabras clave. Electromiografía. Escala de Ashworth modificada. Escalas clínicas. Espasticidad. Hiperreflexia. Hipertonía.

Introducción

La espasticidad es un trastorno sensitivomotor que afecta, entre otros, a cerca del 85% de los pacientes con esclerosis múltiple [1], alrededor del 35% de los sujetos con hemiplejía crónica [2] y entre el 65-78% de los sujetos con lesión medular [3]. La definición de espasticidad más utilizada y citada hace referencia a la empleada por Lance, en la que se afirma que 'la espasticidad es un trastorno motor caracterizado por un aumento dependiente de la velocidad de los reflejos tónicos de estiramiento (tono muscular), con reflejos osteotendinosos exagerados, que resulta de la hiperexcitabilidad del reflejo de estiramiento y es uno de los componentes del síndrome de la motoneurona superior' [4]. Sin embargo, esta definición hace referencia únicamente al fenómeno de hipertonía muscular, dejando en el olvido otros síntomas asociados, como, por ejemplo, la clonía o los espasmos [5]. De esta forma, aunque muchos autores mencionan en sentido estricto tener en cuenta la hipertonía, únicamente como un signo más de los incluidos como positivos del síndrome de la mo-

toneurona superior [6], se ha recomendado que, en el ámbito clínico, se pueda considerar la espasticidad como el conjunto de todos los síntomas positivos del síndrome de la motoneurona superior [7].

Debido a la prevalencia de otros trastornos asociados, como la fatiga, las caídas o la interferencia con las actividades de la vida diaria, la espasticidad puede llegar a ser incapacitante. Por otra parte, en ciertos casos este síndrome también incluye algunos aspectos beneficiosos para el paciente, dotando a los músculos de la tonicidad necesaria para la bipedestación, las transferencias o la marcha [8]. El equilibrio entre los signos beneficiosos y adversos producidos por la espasticidad, en general, establecerá en qué medida se produce un impacto sobre la vida diaria del sujeto. En este sentido, una adecuada valoración de todos los signos de la espasticidad cobra una vital importancia y resulta clave para la evaluación de la eficacia de los tratamientos antiespásticos, la optimización de un tratamiento individualizado, así como para entender el papel de los mecanismos fisiopatológicos que subyacen a este trastorno [7].

Grupo de Función Sensitivomotora; Hospital Nacional de Paraplégicos (J. Gómez-Soriano, J.S. Taylor). Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de Toledo; Universidad de Castilla-La Mancha (J. Gómez-Soriano); Toledo. Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física; Facultad de Ciencias de la Salud; Universidad Rey Juan Carlos; Madrid, España (R. Cano-de-la-Cuerda, E. Muñoz-Hellín, R. Ortiz-Gutiérrez).

Correspondencia:

Dr. Julio Gómez Soriano. Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de Toledo. Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Tecnológico Antigua Fábrica de Armas. Avda. Carlos III, s/n. E-45071 Toledo.

Fax:

+34 925 268 811.

E-mail:

julio.soriano@uclm.es

Financiación:

Consejería de Sanidad de Castilla-La Mancha, Fiscam (PI-2010/030), Mutua Madrileña 2010, Proyecto HYPER (Programa CONSOLIDER-INGENIO, ref. CSD2009-00067).

Aceptado tras revisión externa:

24.05.12.

Cómo citar este artículo:

Gómez-Soriano J, Cano-de-la-Cuerda R, Muñoz-Hellín E, Ortiz-Gutiérrez R, Taylor JS. Valoración y cuantificación de la espasticidad: revisión de los métodos clínicos, biomecánicos y neurofisiológicos. Rev Neurol 2012; 55: 217-26.

© 2012 Revista de Neurología

Tabla I. Comparación de la escala de Ashworth original con la escala de Ashworth modificada para la medición de la hipertonía.

	Original	Modificada
Grado 0	Sin aumento del tono	Sin aumento del tono muscular
Grado 1	Aumento ligero del tono, dando una sacudida cuando el miembro es flexionado o extendido	Aumento ligero del tono muscular, manifestado por una mínima resistencia al final del movimiento de flexión o extensión
Grado 1+		Aumento ligero del tono muscular, manifestado por una resistencia mínima en el resto (menos de la mitad) de la amplitud de movimiento
Grado 2	Aumento más pronunciado del tono, pero el miembro se flexiona con facilidad	Aumento más pronunciado del tono muscular en la mayoría de la amplitud del movimiento, pero la parte afectada se mueve con facilidad
Grado 3	Aumento considerable del tono; movimiento pasivo difícil	Aumento considerable del tono muscular; movimiento pasivo difícil
Grado 4	Miembro rígido en flexión o extensión	La parte afectada está rígida en flexión o extensión

Sin embargo, aunque generalmente la espasticidad suele ser fácil de reconocer, su cuantificación suele resultar bastante más compleja [9]. La gran cantidad de escalas clínicas existentes, así como su subjetividad, la discrepancia entre la espasticidad percibida por el paciente y la medida por las escalas tradicionales [10], y la falta de correlación entre las medidas neurofisiológicas y el grado de hipertonía [11], hacen que exista una dificultad metodológica importante a la hora de realizar un diagnóstico válido y fiable del grado de espasticidad presente. De esta forma, en el campo de la patología neurológica, resulta imprescindible el conocimiento, la información práctica sobre la aplicación, así como las ventajas y limitaciones de cada test, escala y método existente para la valoración de la espasticidad.

El objetivo del presente trabajo fue revisar los principales métodos de valoración de la espasticidad aparecidos en la literatura científica, realizando una descripción y análisis crítico de sus ventajas, limitaciones y propiedades métricas en pacientes con patología neurológica.

Desarrollo

En la actualidad existen diversos métodos de medida de la espasticidad [9]. Éstos pueden dividirse en tres grandes grupos, que se exponen a continuación.

Escalas clínicas para la valoración de la espasticidad

Dado que no se ha desarrollado aún un test que pueda ofrecer una valoración general y objetiva de la espasticidad, se utilizan frecuentemente en la clíni-

ca diversas pruebas y escalas con el fin de evaluar diferentes aspectos de la espasticidad. Sin embargo, la utilización de las escalas clínicas subjetivas viene dada por su rapidez y sencillez, además de no requerir instrumentación.

Escala de Ashworth y escala de Ashworth modificada

Aunque en la actualidad se utilizan para la valoración de la espasticidad secundaria a cualquier patología neurológica, la escala original se describió en 1964 para clasificar los efectos de un fármaco antiespástico en la esclerosis múltiple [12]. En ella, el examinador debe movilizar de forma manual la extremidad del paciente, en la totalidad del rango articular posible, y percibir la resistencia producida por el estiramiento de un músculo específico que se genera ante su movimiento pasivo. Está concebida como un examen cualitativo, con una gradación de valores ordinales en un rango de 0-4. La escala de Ashworth es, sin duda, la medida más extendida y utilizada para la cuantificación de la hipertonía de cualquier articulación (Tabla I) [13], aunque existen limitaciones metodológicas derivadas de su propio diseño conceptual, así como en los constructos de validez y fiabilidad, por lo que algunos autores recomiendan cautela en la interpretación de sus resultados [14].

Posteriormente, Bohannon y Smith crearon la escala de Ashworth modificada (EAM) (Tabla I), añadiendo a esta escala un nuevo ítem, con el fin de aumentar la sensibilidad en los grados inferiores [15]. De esta forma, el grado 1 fue dividido en dos subcategorías, en función de si la resistencia se producía al final del arco de movimiento (grado 1) o du-

rante la mitad final de éste (grado 1+). La EAM ha mostrado ser una herramienta con adecuada fiabilidad interobservador en varios estudios centrados en la valoración de la espasticidad del codo y la muñeca [15,16], pero con menor fiabilidad para el examen de los miembros inferiores [17]. La evidencia sugiere, además, que la fiabilidad interobservador de la EAM es mayor cuando se emplean en el examen extremidades menos pesadas (miembro superior) y músculos más distales [18]. En cuanto a la fiabilidad intraobservador, los resultados han sido bastante variables en función de la articulación valorada y la patología subyacente [19-21]. Debido a la variabilidad de estos resultados, una nueva versión de la EAM, denominada EAM-modificada, ha sido descrita recientemente; sus propiedades métricas están siendo estudiadas en la actualidad con resultados preliminares prometedores [22].

La mayor crítica a las escalas de Ashworth es la subjetividad de términos como 'ligero incremento', 'mínima resistencia' o 'considerable aumento' [9], así como el hecho de no definir la velocidad de la movilización, aunque en el ámbito clínico se utiliza habitualmente un segundo para realizar el recorrido articular completo [9]. Además, la valoración de la hipertonía dependiente de la velocidad de estiramiento resulta importante para la distinción de los componentes neurogénicos y mecánicos de la espasticidad [23].

Escala de Tardieu

La escala de Tardieu [24] se propuso como una alternativa a la escala de Ashworth con objeto de evaluar la hipertonía. Está basada en una evaluación de carácter ordinal del tono muscular, midiendo la intensidad de la reacción del músculo ante diferentes velocidades de estiramiento muscular, por lo que la intensidad, la duración, la velocidad y el ángulo serán las cuatro variables a tener en cuenta al evaluar la hipertonía [24,25].

Durante la realización de la prueba se mide el momento de resistencia a un estiramiento muscular a velocidad rápida, definido como 'R1'. El estiramiento lento del músculo, a lo largo de todo el arco de movimiento posible, se define como 'R2'. Según la escala de Tardieu, la relación entre R1 y R2 es más importante que las mediciones individuales. Una amplia diferencia entre R1 y R2 indica la presencia de un componente dinámico muscular, mientras que una pequeña diferencia significa la presencia de una contractura muscular predominantemente fija [24].

A diferencia de la escala de Ashworth y la EAM, se ha reconocido que esta escala se ajusta más a la

definición de Lance sobre la hipertonía, como signo de la espasticidad, habiéndose descrito su capacidad de diferenciación entre la hiperreflexia y la contractura muscular [26]. Además, algunos estudios han identificado que la escala de Tardieu parece ser más sensible que otras medidas ante los cambios producidos por el tratamiento con toxina botulínica en la musculatura espástica [27]. Sin embargo, aunque no existe un consenso general [28], se han mostrado buenos valores de reproducibilidad intra e interobservador, habiéndose propuesto una versión modificada con el fin de superar sus limitaciones métricas iniciales [29].

Escala de Oswestry

La escala de Oswestry mide el estadio, la distribución del tono muscular y la calidad de movimientos aislados, con una medida ordinal. La función se evalúa por el grado de movimiento, ya sea útil o inútil. También considera la influencia de la postura, los reflejos descendentes del tronco cerebral y medulares sobre el tono [30].

Escala del tono aductor de caderas

La escala del tono de los aductores [31] es una evaluación ordinal del tono muscular en un grupo de músculos específicos, los aductores de la cadera, apropiada para pacientes cuyo tratamiento se centra en reducir la posición de la pierna en aducción. La puntuación que se otorga depende de la facilidad de movimiento pasivo de la cadera en abducción.

Australian Spasticity Assessment

Este instrumento se basa en gran medida en la respuesta muscular al estiramiento pasivo, relacionada, a su vez, con la longitud del músculo [32]. Es una herramienta fiable, ya que permite categorizar al paciente, mediante criterios descriptivos y excluyentes entre sí, entre todas las posibilidades de estratificación. Es una escala inspirada en controlar ambigüedades de la escala de Ashworth, de su versión modificada y de la escala Tardieu.

Escalas de frecuencia de espasmos

Estas escalas valoran la frecuencia de espasmos en los pacientes, distribuyéndolos en un rango de 0 a 4 en función de su periodicidad (Tabla II). La escala de frecuencia de espasmos de Penn fue la original y valora los espasmos sufridos por el paciente en una hora [33]. La reproducibilidad test-retest de esta escala se consideró moderada y se ha demostrado su correlación con la funcionalidad en pacientes con lesión medular. Sin embargo, muestra una correlación muy baja con el grado de espasticidad percibida

Tabla II. Comparación de la escala de frecuencia de espasmos con la escala de Penn para la medición de la actividad muscular involuntaria.

	Escala de Penn	Escala de frecuencia de espasmos
Grado 0	Sin espasmos	Sin espasmos
Grado 1	Espasmos inducidos por estimulación	Un espasmo o menos al día
Grado 2	Espasmos espontáneos infrecuentes, que ocurren menos de una vez a la hora	Entre uno y cinco espasmos al día
Grado 3	Espasmos espontáneos que ocurren más de una vez a la hora	Entre cinco y nueve espasmos al día
Grado 4	Espasmos que ocurren más de 10 veces a la hora	Diez o más espasmos al día

por el paciente [10]. Posteriormente, se desarrolló una escala de frecuencia de espasmos alternativa, que contabiliza los espasmos a lo largo del día (Tabla II) [31]. Otras variables, como la gravedad de los espasmos o el grado de disconfort que éstos generan, no se han desarrollado sistemáticamente.

Escala NINDS

La valoración de los reflejos osteotendinosos se suele realizar con la escala del reflejo miotático del National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS), que valora entre 0 y 4 puntos la actividad del reflejo miotático, respecto a los valores normales [34]. Estudios como el de Litvan et al han demostrado una buena fiabilidad intraobservador y una moderada fiabilidad interobservador [35], aunque posteriores estudios, como el de Manschot et al, encontraron una menor fiabilidad [36]. En el estudio de Priebe et al, se utilizó una escala muy similar a la escala NINDS, y se observó una correlación moderada entre los reflejos aquileo, patelar y de aductores con la escala de Ashworth [10].

Escalas que miden el impacto sobre las actividades funcionales

Existen multitud de escalas que evalúan, en forma de cuestionario, la repercusión que tiene la espasticidad sobre la realización de actividades funcionales. Su principal ventaja es que ofrecen el punto de vista del paciente y pueden aportar información importante acerca de los síntomas que más interfieren en las actividades diarias de éste y determinar cuáles pueden tener un aspecto beneficioso. La *Santa Casa Evaluation Spasticity Scale* evalúa la espasticidad en función de la dificultad que ésta imprime en la realización de las actividades de la vida diaria,

habiendo demostrado su fiabilidad y reproducibilidad como herramienta de su uso diario en pacientes hemiparéticos [37]. La escala Prism evalúa el impacto de la espasticidad en la calidad de vida en pacientes con lesión medular. Esta herramienta presenta buena fiabilidad y validez, e incluye siete subescalas con un total de 65 ítems (incluso uno de ellos valora los aspectos beneficiosos de la hipertonia) [38]. Por último, la *Tone Assessment Scale* (escala de valoración del tono) se suministra como cuestionario al paciente y valora la presencia de hipertonia a través de 12 ítems que evalúan la postura y el descanso, la respuesta al movimiento pasivo y reacciones asociadas. La sección de la escala para la hipertonia asociada con la articulación del tobillo, así como los ítems de evaluación de la postura y la presencia de reacciones asociadas, han suscitado críticas [39].

Escalas específicas en función de la patología presente

Otras escalas se han diseñado de forma específica teniendo en cuenta las características concretas de cada patología. La escala MSSS-88 [40] fue concebida para la evaluación de la espasticidad en pacientes con esclerosis múltiple. Consta de 88 ítems que intentan cuantificar el impacto de la espasticidad en áreas clínicamente relevantes. Por otra parte, la *Spinal Cord Injury Spasticity Evaluation Tool* [8] es un cuestionario específico para la lesión medular que valora la repercusión, tanto beneficiosa como perjudicial, de la espasticidad sobre las actividades de la vida diaria. Su principal ventaja es que resulta rápida y sencilla de aplicar. Por último, aunque aún no está validada, se ha creado recientemente la *Spinal Cord Assessment Tool for Spastic Reflexes* [41], una prueba clínica que pretende ofrecer un enfoque global de la espasticidad en pacientes con lesión medular, basado en la medición de los reflejos. Para ello, divide la espasticidad en tres componentes, que evalúa de forma separada: clonía, espasmos flexores y espasmos extensores, lo que permite obtener una idea general del estado espástico del individuo.

A modo de conclusión, las escalas clínicas de valoración de la espasticidad son sencillas y rápidas de aplicar. Sin embargo, estas escalas pueden tener una reproducibilidad limitada a la hora de realizar comparaciones entre diferentes pacientes y diferir entre distintos examinadores. Además, la mayor parte de estas valoraciones clínicas tan sólo atienden a un síntoma o signo específico de la espasticidad, que difícilmente se suele correlacionar con la pre-

sencia de otros asociados [10]. Esto dificulta la obtención de datos sobre el estado espástico general del individuo, recomendándose para esto emplear diversas escalas de las anteriormente citadas, además de obtener otras medidas importantes sobre la debilidad muscular, la pérdida de función y su impacto en la realización de las actividades de la vida diaria [7].

Valoración biomecánica de la espasticidad

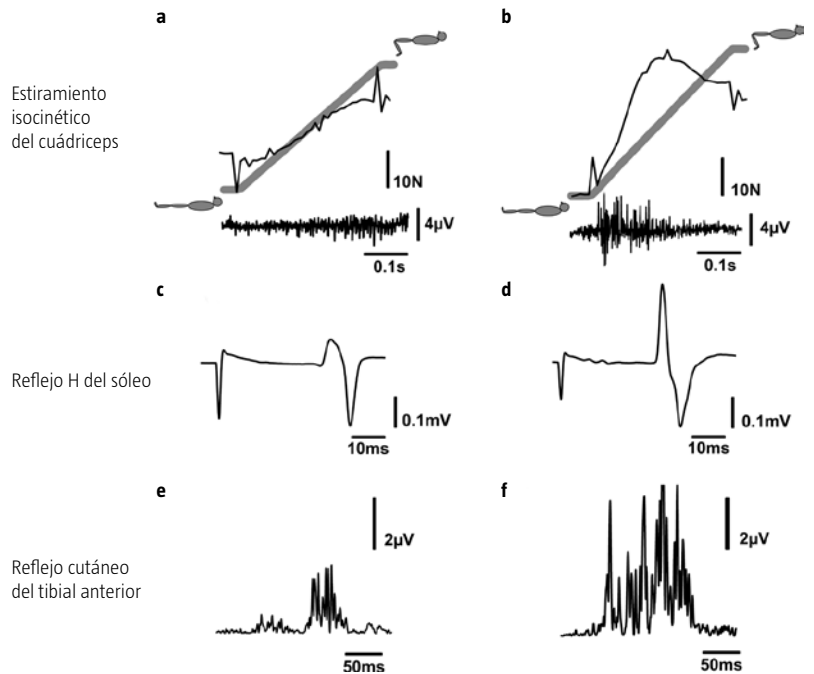
La medición biomecánica de la espasticidad nos ofrece una información objetiva y de alta reproducibilidad, útil de cara al ámbito de la investigación y a la evaluación de tratamientos. La ventaja del empleo de esta metodología reside en la posibilidad de proporcionar un examen más preciso durante el movimiento pasivo que las escalas clínicas tradicionales. A continuación se exponen los métodos de valoración biomecánica de la espasticidad más descritos en la literatura científica.

Dinamometría isocinética

Los dinamómetros isocinéticos permiten movilizar de forma pasiva y controlada una extremidad o el tronco del paciente a una velocidad constante, registrando de forma objetiva la resistencia ofrecida al movimiento (Figura, a y b). La buena reproducibilidad de este método ha sido evidenciada en múltiples estudios. Los estudios de Cano-de-la-Cuerda et al validaron esta herramienta, midiendo la rigidez axial (hipertonía extrapiramidal) del paciente con enfermedad de Parkinson y correlacionándola con la gravedad de la enfermedad, la funcionalidad y la calidad de vida, entre otras variables [42,43]. Boiteau et al [44] encontraron una alta reproducibilidad de este método midiendo la resistencia al movimiento pasivo de la dorsiflexión de tobillo en niños con parálisis cerebral espástica, tanto a velocidades lentas (10°/s) como a velocidades rápidas (190°/s). La fiabilidad y reproducibilidad de la dinamometría isocinética pasiva [44-47] también se ha puesto de manifiesto en otras articulaciones, como la rodilla (flexoextensión), la cadera (aproximación-separación) [48], el tronco (flexión y extensión) [42] o el codo (flexión) [49].

Además de su fiabilidad y reproducibilidad, es importante para la validación y consideración de estos métodos una buena correlación con las variables clínicas más utilizadas. De esta forma, se ha encontrado en múltiples estudios una correlación positiva entre la escala de Ashworth y diferentes medidas asociadas a la resistencia al movimiento pasivo [48,49], permitiendo la posibilidad de diferenciar

Figura. Registros recogidos con diferentes técnicas utilizadas para la medición biomecánica y electromiográfica de la espasticidad basados en el diagnóstico de hipertonía e hiperreflexia. a y b) Ejemplos de la medición de la resistencia (línea negra fina) ofrecida antes de la flexión pasiva de rodilla desde los 10 a los 120° de flexión a una velocidad constante de 30°/s, con el registro del ángulo de desplazamiento (línea gris) y de la actividad electromiográfica del recto anterior (línea negra gruesa). La combinación del registro de la fuerza, junto con la electromiografía, aporta información diagnóstica sobre la hipertonía y la actividad de los reflejos tónicos de estiramiento, y es una técnica sensible a la medición del componente pasivo muscular (a) y el componente neurogénico de la espasticidad (b); c y d) El reflejo H del sóleo evocado mediante la estimulación del nervio tibial es una medida indirecta de la excitabilidad de la motoneurona alfa. Múltiples estudios han detectado amplitudes del reflejo H aumentadas en pacientes con espasticidad (d), aunque en algunos pacientes con hipertonía muscular presentan valores de reflejos H normales (c); e y f) La medición de los reflejos cutáneos evocados mediante estimulación eléctrica de la planta del pie y registrados en el tibial anterior han demostrado tener unos valores elevados en pacientes con espasticidad (f) respecto de los voluntarios sanos y los pacientes sin espasticidad (e) [78]. Sin embargo, aún no se ha probado la posible aplicación de estos reflejos para la cuantificación de la espasticidad.



entre distintos grados de espasticidad [48,50]. En este sentido, la dinamometría isocinética se ha propuesto como una herramienta para la validación de otras técnicas en evaluación de la espasticidad [44,46].

Es importante destacar la aplicación de esta técnica para el diagnóstico de la hipertonía debida a cambios musculares pasivos (Figura, a) o a cambios neurogénicos (Figura, b) [7]. Asimismo, se deben combinar estas medidas con el registro electromiográfico del músculo a evaluar (Figura, a y b), con la intención de obtener la respuesta del reflejo de estiramiento y poder medir variables específicas asociadas con este reflejo, como la velocidad mínima, el ángulo al que se produce y su cuantificación. El

registro de la resistencia pasiva a diferentes velocidades es otra forma indirecta de poder valorar el componente reflejo de la espasticidad, atendiendo a la propiedad del fenómeno dependiente de la velocidad [4,47,51].

Otras consideraciones que se deben tener en cuenta en la utilización de este método son la postura y el alargamiento del músculo que hay que valorar, ya que una mayor posición de preestiramiento ofrecerá una medición más fiable de la espasticidad [45]. También se recomienda realizar al menos dos pruebas separadas en el tiempo para solventar la variabilidad diaria en la respuesta al estiramiento pasivo y para asegurar mediciones más fiables de la espasticidad presente [52]. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, en una misma sesión de valoración, un mayor número de repeticiones puede condicionar un descenso progresivo del grado de hipertonía registrado [51].

Dinamómetros de mano o miómetros

También se han utilizado dinamómetros de mano o miómetros con el fin de evaluar la resistencia al estiramiento con una buena reproducibilidad, como el dispositivo portátil desarrollado por Pandyan et al [53], o el dinamómetro manual desarrollado por Bernard et al para poder usarlo en un contexto clínico [54]. En esta línea, Boiteau et al [44] describieron un protocolo con el dinamómetro *Penny & Giles* para cuantificar el tono muscular en los músculos flexores plantares del tobillo a diferentes velocidades, permitiendo al investigador distinguir entre los componentes mecánicos y neurogénicos de la espasticidad.

Técnica del péndulo o de Wartenberg

Descrita por primera vez por Wartenberg [55], esta técnica describe el movimiento de la pierna después de su caída desde una posición horizontal, mientras se ordena al paciente que se relaje. La medición de la espasticidad se obtendrá teniendo en cuenta el número, el tiempo y la amplitud de las oscilaciones; y estará cuantificada a través de un electrogoniómetro, un tacómetro o un dinamómetro isocinético [56], los cuales obtienen un patrón sinusoidal del movimiento provocado. También identifica el ángulo que alcanza la extremidad al final de su rango normal de movimiento y el ángulo al cual el músculo espástico frena dicho movimiento [57].

El test del péndulo ha demostrado ser una medida más sensible, objetiva y menos dependiente del observador que la escala de Ashworth [58], ofreciendo una fiabilidad prueba-repetición alta en pacientes con accidente cerebrovascular [59], correlacionándose con la escala de Ashworth en pacientes

con lesión medular [60] y habiéndose validado en pacientes con parálisis cerebral infantil [61].

Una limitación de la prueba del péndulo es que sólo es posible su aplicación en algunos grupos musculares, no siendo el caso de los músculos del tronco o cuello. Otra limitación descrita es la dificultad de aplicación en casos de espasticidad grave. Además, los resultados del test pueden verse afectados por otros procesos patológicos de la articulación que se va a explorar.

Métodos funcionales

Existen métodos biomecánicos que se encargan de medir la espasticidad de una forma indirecta empleando técnicas cinéticas y cinemáticas, como los sistemas de análisis de movimiento, que estudian la ejecución de una determinada tarea funcional y detallan cómo ésta puede estar influida por la espasticidad. En este sentido, la tarea más estudiada ha sido la marcha, donde se puede evidenciar cómo la espasticidad puede producir patrones de marcha característicos en función de la musculatura espástica del individuo [62].

A modo de conclusión, los métodos biomecánicos empleados para la cuantificación de la espasticidad tienen un carácter preciso y objetivo que, en combinación con el registro electromiográfico, permiten además obtener información diagnóstica sobre el componente neurogénico de la espasticidad [9]. Sin embargo, estas mediciones suelen ser demasiado analíticas en cuanto a la articulación y al plano de movimiento examinado, no informando de otros signos de la espasticidad, como los espasmos, la clonía o la hiperreflexia. Además, la instrumentación del paciente y el análisis de los datos alejan estas técnicas de la práctica clínica diaria.

Valoración neurofisiológica de la espasticidad

La valoración neurofisiológica se basa en registrar la actividad eléctrica del músculo por medio de la electromiografía. Utilizando esta medida se pueden utilizar diversas técnicas, todas ellas basadas en la medición de la respuesta refleja del sistema neuromuscular ante la evocación de un estímulo (Figura). También es importante controlar la actividad electromiográfica basal del músculo [9]. Los estímulos más empleados para la evocación de reflejos medulares incluyen las modalidades eléctricas, mecánicas, propioceptivas y cutáneas.

Reflejo H

Debido a sus características, el reflejo H (Figura, c y d) ofrece información sobre la excitabilidad de la

motoneurona alfa, tras la activación de las aferencias tipo Ia. Se ha utilizado para investigar el papel de los mecanismos medulares, como la inhibición presináptica, la inhibición recíproca, la inhibición recurrente y los cambios de la actividad tónica (reflejo de estiramiento) en la espasticidad [63]. Diferentes parámetros del reflejo H se han utilizado como medidas indirectas de espasticidad [13]. La medición del reflejo H está influida por factores metodológicos, como la colocación de los electrodos y la postura [63]. Levin et al observaron en pacientes con hemiparesia espástica una latencia menor del reflejo H, comparado con sujetos sanos [64], aunque no se ha llegado a identificar ninguna correlación entre esta latencia con el grado de espasticidad. Se ha observado un aumento de la amplitud del reflejo H en algunos pacientes con espasticidad [65], pero no se suele correlacionar con variables clínicas [11]. La variación del reflejo H se ha detectado también en sujetos sanos [66], pudiendo depender, a su vez, de otros factores, como la posición del sujeto, la localización de los electrodos, el número de medidas recogidas o la actividad muscular basal [63].

Para evitar algunos problemas de variabilidad fisiológica, se calcula la *ratio* entre la amplitud máxima del reflejo H y la amplitud de la onda M máxima ($H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$) para analizar la excitabilidad de la motoneurona alfa, ofreciendo, además, información sobre el número de unidades motoras activadas a través de la activación del reflejo (influida por *inputs* inhibitorios o excitatorios) respecto del total de unidades motoras existentes [63]. Esta forma de normalización permite disminuir la variabilidad y facilitar la comparación entre sujetos y entre sesiones [9]. De esta forma, el cálculo de la razón de amplitud H/M ha demostrado ser mayor en sujetos con espasticidad, en comparación con sujetos voluntarios sanos de la misma edad y sexo [11,64], además de ser más sensible ante cambios inducidos por diferentes tratamientos [67]. Sin embargo, un trabajo parece haber mostrado una disminución en dicha razón H/M [68], no encontrándose correlaciones entre estas valoraciones y los resultados de los exámenes clínicos de la espasticidad [9,63].

Onda F

La onda F es una medida que refleja la conducción proximal del sistema nervioso periférico. Se registra mediante la estimulación supramáxima de un nervio mixto y la medición del músculo distal, aunque, al contrario que el reflejo H, el impulso eléctrico viaja de forma antidrómica por vías eferentes hacia el soma de las motoneuronas, descendiendo por la mis-

ma vía de forma ortodrómica, produciendo un potencial de acción compuesto muscular [69]. En pacientes con espasticidad, se ha observado un incremento de la amplitud de esta medida, que sugiere un aumento de la excitabilidad neuronal [70].

Reflejo tendinoso

El reflejo tendinoso es evocado por un estímulo mecánico que suele ser aplicado por el golpeteo del martillo sobre la parte distal del tendón, activando los receptores del huso muscular, que a su vez activa vías aferentes Ia. Se suele evocar con mayor frecuencia en la rodilla (reflejo rotuliano) y en el tobillo (reflejo aquileo) [63]. Se piensa que el reflejo tendinoso comparte algunos mecanismos centrales medulares similares a los del reflejo H, a excepción de que participan los receptores musculares y sólo se produce conducción ortodrómica. De esta forma, los parámetros asociados al reflejo tendinoso también pueden tener utilidad a la hora de valorar la excitabilidad de la motoneurona alfa [63], lo que se demuestra por un aumento de la amplitud [71] y una disminución del umbral [72] en pacientes espásticos, aunque las correlaciones de estas medidas objetivas con las variables clínicas son bajas [11,72].

Reflejo de estiramiento

El reflejo de estiramiento es evocado por un estímulo propioceptivo que suele ser un estiramiento pasivo del músculo. Su valoración es compleja y suele aplicarse a articulaciones como el tobillo, la rodilla y el codo [63]. La hiperexcitabilidad del reflejo de estiramiento puede ser medida por medio de diferentes variables. La disminución de la latencia de este reflejo podría estar asociada a un aumento en la excitabilidad de la motoneurona [73], siendo la amplitud del reflejo mayor en pacientes con espasticidad [74,75]. Se ha observado una correlación de este reflejo con la EAM [76]. Otras medidas importantes, asociadas a este reflejo, son la duración [63] y la razón de la amplitud del reflejo de estiramiento con la onda M, que podrían informar acerca de la excitabilidad de las motoneuronas en respuesta a un estiramiento [64]. Sin embargo, el mayor problema que presenta la medición del reflejo de estiramiento es su gran variabilidad intersujeto, dificultando la interpretación de los resultados y pudiendo enmascarar diferencias entre pacientes y controles.

Desarrollo de nuevas técnicas neurofisiológicas para la valoración de la espasticidad

Tradicionalmente, se le habían atribuido a la actividad de los reflejos cutáneos características específicas en los pacientes con la espasticidad [77]. Sin

embargo, tan sólo un estudio sistemático [78] ha mostrado un aumento significativo de la actividad de estos reflejos en pacientes con espasticidad (Figura, e y f), aunque sin correlación con las mediciones clínicas de hipertonía o frecuencia de espasmos. Por otra parte, la medición de la suma temporal de los reflejos cutáneos podría relacionarse con mecanismos de excitabilidad de las motoneuronas en pacientes con espasmos [79]. La medición de la coactivación de los antagonistas, aunque aún debe validarse, podría ser útil en el diagnóstico de la degradación de los sistemas medulares de control motor asociados a la espasticidad [80].

En conclusión, los estudios neurofisiológicos por sí solos no tienen una gran relevancia en la valoración de la espasticidad, debido, principalmente, a su variabilidad y a la ausencia de correlación con las escalas clínicas tradicionales [9]. Sin embargo, su utilidad como medida de los mecanismos fisiopatológicos implicados en la espasticidad puede ser interesante, en combinación con medidas electromiográficas y biomecánicas [9].

Conclusiones

La cuantificación de la espasticidad es un tema complejo, debido, entre otros factores, a la falta de consenso en la definición e inclusión de los signos relacionados con la espasticidad, a la variabilidad en los resultados en los estudios realizados, y a la necesidad de formación y experiencia por parte de los evaluadores. La valoración clínica de la espasticidad se realiza de forma rápida y sencilla sin la necesidad de instrumentación específica, pero tiene un carácter subjetivo y es necesaria la aplicación de diversas escalas que cuantifiquen los diferentes signos de la espasticidad para obtener una idea del grado global de este síndrome. Por otra parte, la medición biomecánica ofrece una visión objetiva de la hipertonía con una alta reproducibilidad, aunque tiene un carácter muy analítico y requiere una instrumentación que se aleja de la práctica clínica diaria. Por último, los métodos neurofisiológicos, utilizados de forma aislada, no tienen una correlación relevante con la valoración clínica, aunque son realmente importantes para el estudio de los mecanismos fisiopatológicos y pueden ser de gran utilidad en combinación con las técnicas biomecánicas. De esta forma, dependiendo de los signos de espasticidad presentes, así como del objetivo y el ámbito de aplicación, se utilizará un sistema de medida específico. Si, por el contrario, se pretende ofrecer una visión general del grado de espasticidad del pacien-

te, se recomienda utilizar una combinación de varios métodos descritos anteriormente. Aun así, también es necesario destacar la necesidad de desarrollar nuevos sistemas de medición que ayuden a profundizar en el conocimiento de los signos de la espasticidad, su patofisiología y la evaluación de posibles tratamientos.

Bibliografía

- Rizzo MA, Hadjimichael OC, Preiningerova J, Vollmer TL. Prevalence and treatment of spasticity reported by multiple sclerosis patients. *Mult Scler* 2004; 10: 589-95.
- Sommerfeld DK, Eek EU, Svensson AK, Holmqvist LW, Von Arbin MH. Spasticity after stroke: its occurrence and association with motor impairments and activity limitations. *Stroke* 2004; 35: 134-9.
- Maynard FM, Karunas RS, Waring WP 3rd. Epidemiology of spasticity following traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 566-9.
- Lance JW. The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg Lecture. *Neurology* 1980; 30: 1303-13.
- Nielsen JB, Crone C, Hultborn H. The spinal pathophysiology of spasticity –from a basic science point of view. *Acta Physiol (Oxf)* 2007; 189: 171-80.
- Sheean G. The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol* 2002; 9 (Suppl 1): S3-9.
- Burrige JH, Wood DE, Hermens HJ, Voerman GE, Johnson GR, Van Wijck F, et al. Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil* 2005; 27: 69-80.
- Adams MM, Ginis KA, Hicks AL. The spinal cord injury spasticity evaluation tool: development and evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 1185-92.
- Biering-Sorensen F, Nielsen JB, Klinge K. Spasticity-assessment: a review. *Spinal Cord* 2006; 44: 708-22.
- Priebe MM, Sherwood AM, Thornby JI, Kharas NF, Markowski J. Clinical assessment of spasticity in spinal cord injury: a multidimensional problem. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 713-6.
- Milanov I. Clinical and neurophysiological correlations of spasticity. *Funct Neurol* 1999; 14: 193-201.
- Ashworth B. Preliminary trial of carisoprodol in multiple sclerosis. *Practitioner* 1964; 192: 540-2.
- Gómez-Soriano J, Taylor J. Spasticity after a spinal cord injury: review of the pathophysiology mechanisms, diagnostic techniques and current physiotherapy treatments. *Fisioterapia* 2010; 32: 89-98.
- Fleuren JF, Voerman GE, Erren-Wolters CV, Snoek GJ, Rietman JS, Hermens HJ, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010; 81: 46-52.
- Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987; 67: 206-7.
- Ansari NN, Naghdi S, Arab TK, Jalaie S. The interrater and intrarater reliability of the Modified Ashworth Scale in the assessment of muscle spasticity: limb and muscle group effect. *Neurorehabilitation* 2008; 23: 231-7.
- Sloan RL, Sinclair E, Thompson J, Taylor S, Pentland B. Inter-rater reliability of the modified Ashworth Scale for spasticity in hemiplegic patients. *Int J Rehabil Res* 1992; 15: 158-61.
- Platz T, Eickhof C, Nuyens G, Vuadens P. Clinical scales for the assessment of spasticity, associated phenomena, and function: a systematic review of the literature. *Disabil Rehabil* 2005; 27: 7-18.
- 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: 25-34.

20. Haas BM, Bergstrom E, Jamous A, Bennie A. The inter rater reliability of the original and of the modified Ashworth scale for the assessment of spasticity in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord* 1996; 34: 560-4.
21. Craven BC, Morris AR. Modified Ashworth scale reliability for measurement of lower extremity spasticity among patients with SCI. *Spinal Cord* 2010; 48: 207-13.
22. Ghotbi N, Nakhostin-Ansari N, Naghdi S, Hasson S. Measurement of lower-limb muscle spasticity: intrarater reliability of modified Ashworth Scale. *J Rehabil Res Dev* 2011; 48: 83-8.
23. Pandyan AD, Johnson GR, Price CI, Curlless RH, Barnes MP, Rodgers H. A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clin Rehabil* 1999; 13: 373-83.
24. Tardieu G, Shentoub S, Delarue R. Research on a technic for measurement of spasticity. *Rev Neurol (Paris)* 1954; 91: 143-4.
25. Boyd NR, Graham HK. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *Eur J Neurol* 1999; 6: 223-35.
26. Patrick E, Ada L. The Tardieu Scale differentiates contracture from spasticity whereas the Ashworth Scale is confounded by it. *Clin Rehabil* 2006; 20: 173-82.
27. Haugh AB, Pandyan AD, Johnson GR. A systematic review of the Tardieu Scale for the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil* 2006; 28: 899-907.
28. Gracies JM, Burke K, Clegg NJ, Browne R, Rushing C, Fehlings D, et al. Reliability of the Tardieu Scale for assessing spasticity in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 421-8.
29. Waninge A, Rook RA, Dijkhuizen A, Gielen E, Van der Schans CP. Feasibility, test-retest reliability, and interrater reliability of the Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in persons with profound intellectual and multiple disabilities. *Res Dev Disabil* 2011; 32: 613-20.
30. Merello M. Fisiopatología, clínica y tratamiento de la espasticidad. *Archivos de Neurología, Neurocirugía y Neuropsiquiatría* 2008; 7: 29-62.
31. Snow BJ, Tsui JK, Bhatt MH, Varelas M, Hashimoto SA, Calne DB. Treatment of spasticity with botulinum toxin: a double-blind study. *Ann Neurol* 1990; 28: 512-5.
32. Love S. Better description of spastic cerebral palsy for reliable classification. *Dev Med Child Neurol* 2009; 49 (S109): S24-5.
33. Penn RD, Savoy SM, Corcos D, Latash M, Gottlieb G, Parke B, et al. Intrathecal baclofen for severe spinal spasticity. *N Engl J Med* 1989; 320: 1517-21.
34. Hallett M. NINDS myotatic reflex scale. *Neurology* 1993; 43: 2723.
35. Litvan I, Mangone CA, Werden W, Bueri JA, Estol CJ, Garcea DO, et al. Reliability of the NINDS Myotatic Reflex Scale. *Neurology* 1996; 47: 969-72.
36. Manschot S, Van Passel L, Buskens E, Algra A, Van Gijn J. Mayo and NINDS scales for assessment of tendon reflexes: between observer agreement and implications for communication. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 64: 253-5.
37. Pavan K, Marangoni BE, Shimizu WA, Mattos SE, Ferrari PP, Martins SR, et al. Validation of the Santa Casa evaluation of spasticity scale. *Arq Neuropsiquiatr* 2010; 68: 56-61.
38. Cook KF, Teal CR, Engebretson JC, Hart KA, Mahoney JS, Robinson-Whelen S, et al. Development and validation of Patient Reported Impact of Spasticity Measure (PRISM). *J Rehabil Res Dev* 2007; 44: 363-71.
39. Gregson JM, Leathley M, Moore AP, Sharma AK, Smith TL, Watkins CL. Reliability of the Tone Assessment Scale and the modified Ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 1013-6.
40. Hobart JC, Riazi A, Thompson AJ, Styles IM, Ingram W, Vickery PJ, et al. Getting the measure of spasticity in multiple sclerosis: the Multiple Sclerosis Spasticity Scale (MSSS-88). *Brain* 2006; 129: 224-34.
41. Benz EN, Hornby TG, Bode RK, Scheidt RA, Schmit BD. A physiologically based clinical measure for spastic reflexes in spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 52-9.
42. Cano-de-la-Cuerda R, Vela L, Miangolarra-Page JC, Macías-Macías Y, Muñoz-Hellín E. Valoración cuantitativa de la rigidez axial, estado funcional y calidad de vida relacionada con la salud en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Rev Neurol* 2010; 51: 193-200.
43. Cano-de-la-Cuerda R, Vela-Desojo L, Miangolarra-Page JC, Macías-Macías Y, Muñoz-Hellín E. Axial rigidity and quality of life in patients with Parkinson's disease: a preliminary study. *Qual Life Res* 2011; 20: 817-23.
44. Boiteau M, Malouin F, Richards CL. Use of a hand-held dynamometer and a Kin-Com dynamometer for evaluating spastic hypertonia in children: a reliability study. *Phys Ther* 1995; 75: 796-802.
45. Kakebeeke TH, Lechner H, Baumberger M, Denoth J, Michel D, Knecht H. The importance of posture on the isokinetic assessment of spasticity. *Spinal Cord* 2002; 40: 236-43.
46. Lamontagne A, Malouin F, Richards CL, Dumas F. Evaluation of reflex- and nonreflex-induced muscle resistance to stretch in adults with spinal cord injury using hand-held and isokinetic dynamometry. *Phys Ther* 1998; 78: 964-75.
47. Rabita G, Dupont L, Thevenon A, Linsel-Corbeil G, Perot C, Vanvelcenaher J. Quantitative assessment of the velocity-dependent increase in resistance to passive stretch in spastic plantarflexors. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005; 20: 745-53.
48. Akman MN, Bengi R, Karatas M, Kilinc S, Sozay S, Ozker R. Assessment of spasticity using isokinetic dynamometry in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord* 1999; 37: 638-43.
49. Starsky AJ, Sangani SG, McGuire JR, Logan B, Schmit BD. Reliability of biomechanical spasticity measurements at the elbow of people poststroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 1648-54.
50. Franzoi AC, Castro C, Cardone C. Isokinetic assessment of spasticity in subjects with traumatic spinal cord injury (ASIA A). *Spinal Cord* 1999; 37: 416-20.
51. Lee HM, Huang YZ, Chen JJ, Hwang IS. Quantitative analysis of the velocity related pathophysiology of spasticity and rigidity in the elbow flexors. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2002; 72: 621-9.
52. Teravainen H, Tsui JK, Mak E, Calne DB. Optimal indices for testing parkinsonian rigidity. *Can J Neurol Sci* 1989; 16: 180-3.
53. Pandyan AD, Price CI, Rodgers H, Barnes MP, Johnson GR. Biomechanical examination of a commonly used measure of spasticity. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001; 16: 859-65.
54. Bénard MR, Jaspers RT, Huijting PA, Becher JG, Harlaar J. Reproducibility of hand-held ankle dynamometry to measure altered ankle moment-angle characteristics in children with spastic cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2010; 25: 802-8.
55. Wartenberg R. Pendulousness of the legs as a diagnostic test. *Neurology* 1951; 1: 18-24.
56. Bohannon RW. Variability and reliability of the pendulum test for spasticity using a Cybex II isokinetic dynamometer. *Phys Ther* 1987; 67: 659-61.
57. Bajd T, Vodovnik L. Pendulum testing of spasticity. *J Biomed Eng* 1984; 6: 9-16.
58. Le Cavorzin P, Hernot X, Bartier O, Carrault G, Chagneau F, Gallien P, et al. Evaluation of pendulum testing of spasticity. *Ann Readapt Med Phys* 2002; 45: 510-6.
59. Bohannon RW, Harrison S, Kinsella-Shaw J. Reliability and validity of pendulum test measures of spasticity obtained with the Polhemus tracking system from patients with chronic stroke. *J Neuroeng Rehabil* 2009; 6: 30.
60. Nance PW, Bugaresti J, Shellenberger K, Sheremata W, Martínez-Arizala A. Efficacy and safety of tizanidine in the treatment of spasticity in patients with spinal cord injury. North American Tizanidine Study Group. *Neurology* 1994; 44 (Suppl 9): S44-51.
61. Nordmark E, Anderson G. Wartenberg pendulum test: objective quantification of muscle tone in children with spastic diplegia undergoing selective dorsal rhizotomy. *Dev Med Child Neurol* 2002; 44: 26-33.
62. Winters TF Jr, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 437-41.

63. Levin MF, Hui-Chan C. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity? *J Neurol* 1993; 240: 63-71.
64. Voerman GE, Gregoric M, Hermens HJ. Neurophysiological methods for the assessment of spasticity: the Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex. *Disabil Rehabil* 2005; 27: 33-68.
65. Little JW, Halar EM. H-reflex changes following spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66: 19-22.
66. Nielsen J, Crone C, Hultborn H. H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993; 66: 116-21.
67. Milanov IG. A comparison of methods to assess the excitability of lower motoneurons. *Can J Neurol Sci* 1992; 19: 64-8.
68. Schindler-Ivens SM, Shields RK. Soleus H-reflex recruitment is not altered in persons with chronic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 840-7.
69. Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: mechanisms and measurement. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 144-55.
70. Fisher MA. F/M ratios in polyneuropathy and spastic hyperreflexia. *Muscle Nerve* 1988; 11: 217-22.
71. Milanov I. A comparative study of methods for estimation of presynaptic inhibition. *J Neurol* 1992; 239: 287-92.
72. Zhang LQ, Wang G, Nishida T, Xu D, Sliwa JA, Rymer WZ. Hyperactive tendon reflexes in spastic multiple sclerosis: measures and mechanisms of action. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 901-9.
73. Powers RK, Marder-Meyer J, Rymer WZ. Quantitative relations between hypertonia and stretch reflex threshold in spastic hemiparesis. *Ann Neurol* 1988; 23: 115-24.
74. Toft E, Sinkjaer T, Andreassen S, Hansen HJ. Stretch responses to ankle rotation in multiple sclerosis patients with spasticity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1993; 89: 311-8.
75. Berardelli A, Sabra AF, Hallett M, Berenberg W, Simon SR. Stretch reflexes of triceps surae in patients with upper motor neuron syndromes. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983; 46: 54-60.
76. Lin FM, Sabbahi M. Correlation of spasticity with hyperactive stretch reflexes and motor dysfunction in hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 526-30.
77. Dimitrijevic MR, Nathan PW. Changes in the flexion reflex with repetitive cutaneous stimulation in spinal man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1969; 27: 721-2.
78. Gómez-Soriano J, Bravo-Esteban E, Ávila-Martín G, Galán-Arriero I, Taylor J. Modulación de reflejos cutáneos locales después de lesión medular: Implicaciones para la neurorehabilitación. *Trauma Fund Mapfre* 2011; 22: 256-64.
79. Hornby TG, Rymer WZ, Benz EN, Schmit BD. Windup of flexion reflexes in chronic human spinal cord injury: a marker for neuronal plateau potentials? *J Neurophysiol* 2003; 89: 416-26.
80. Gómez-Soriano J, Castellote JM, Pérez-Rizo E, Esclarín A, Taylor JS. Voluntary ankle flexor activity and adaptive coactivation gain is decreased by spasticity during subacute spinal cord injury. *Exp Neurol* 2010; 224: 507-16.

Evaluation and quantification of spasticity: a review of the clinical, biomechanical and neurophysiological methods

Introduction. Spasticity is a sensory-motor disorder that affects about 85% of the patients with multiple sclerosis and between 65-78% of those with spinal cord injury, among other neurological conditions. Although hypertonia is generally easy to recognise clinically, quantifying it is quite a complex matter. The large number of clinical scales that exist and their subjectivity, the discrepancy between the spasticity perceived by the patient and the clinical measurement, as well as the lack of a general correlation between the neurophysiological measures and hypertonia, all make it especially difficult, in methodological terms, to perform a valid, reliable measurement of the degree of spasticity presented by the patient.

Aims. To review the main methods of evaluating spasticity published in the scientific literature and to carry out a description and critical analysis of their advantages, shortcomings and metric properties in patients with a neurological pathology.

Development. The different methods described for evaluating spasticity are reviewed and classified in three broad groups, namely, clinical scales specifically designed for such a purpose, biomechanical tests and neurophysiological methods.

Conclusions. There is little agreement on the definition of spasticity and the need for the evaluators' training and experience when it comes to evaluating it. We recommend using a combination of the different evaluation instruments, such as the scales, biomechanical methods and neurophysiological measures reported in this study, to carry out a general diagnosis of the degree of spasticity present in the patient.

Key words. Clinical scales. Electromyography. Hyperreflexia. Hypertonia. Modified Ashworth Scale. Spasticity.