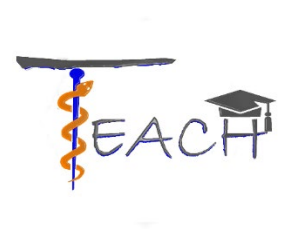


# Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



## MÓDULO DE BIOMECÁNICA DE COLUMNA

### Unidad didáctica C: ¿CÓMO VALORO LA COLUMNA?

C.1. ¿Qué métodos puedo aplicar para valorar adecuadamente la función de la columna?

Parte II: Función de medición en la columna: dispositivos y escalas clínicas más extendidos



## Índice

1. OBJETIVOS	2
<b>2. FUNCIÓN DE MEDICIÓN EN LA COLUMNA: LOS DISPOSITIVOS MÁS EXTENDIDOS</b>	<b>3</b>
2.1. Medición de parámetros cinemáticos .....	3
Goniometría .....	3
Electrogoniometría .....	6
Inclinometría .....	6
Otros métodos: fotogrametría .....	12
Otros métodos: sistema MCU (Multi Cervical Unit).....	13
2.2. Medición de parámetros cinéticos y fisiológicos .....	15
Plataformas dinamométricas .....	15
Sistemas de dinamometría.....	15
Electromiografía de superficie .....	17
3. FUNCIÓN DE MEDICIÓN EN LA COLUMNA: ESCALAS CLÍNICAS	19
3.1. Columna cervical.....	19
3.2. Columna lumbar .....	19
4. IDEAS CLAVE	20
5. REFERENCIAS	21

## 1. Objetivos

---

- - Aprender la metodología de valoración de la movilidad del raquis con diferentes instrumentos, destacando el uso de goniometría clásica e inclinometría manual.
- - Conocer el Sistema de valoración de la deficiencia de la American Medical Association basado en la pérdida de movilidad del segment evaluado.
- - Conocer otros instrumentos que pueden ser utilizados para la medida de movimiento, fuerza y actividad muscular en el raquis.
-

## 2. Función de medición en la columna: los dispositivos más extendidos

---

### 2.1. Medición de parámetros cinemáticos

#### Goniometría

Los goniómetros clásicos, consistentes en dos brazos móviles articulados a través de un eje, son una metodología aceptada y ampliamente extendida para la medida de la movilidad del raquis, proporcionando el valor angular de cada arco de movimiento. La única excepción sería la movilidad dorsal, y especialmente la rotación toracolumbar, para cuya medida el uso del goniómetro clásico no resultaría adecuado<sup>1</sup>.

Medida de la movilidad cervical con goniometría clásica<sup>2</sup>:

#### Flexoextensión cervical

Patient is instructed in desired motion, flexing or extending cervical spine in each case.

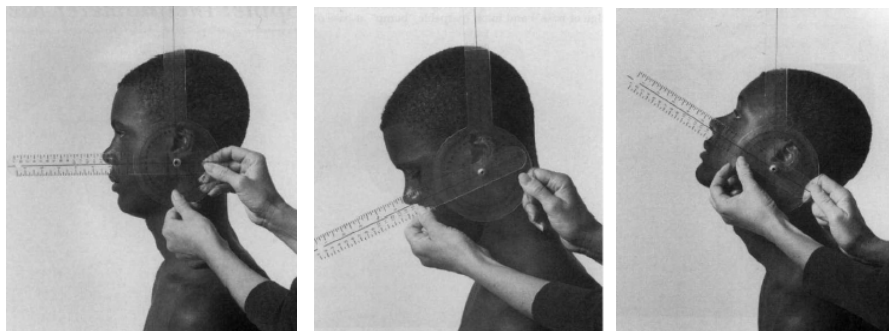


Figura 1. Colocación del goniómetro para la medida de la flexoextensión cervical. El brazo fijo queda perpendicular al plano del suelo, con el eje a nivel del lóbulo de la oreja. El brazo móvil, queda paralelo al suelo, siguiendo la línea entre el lóbulo auricular y la base de la nariz. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### Flexión lateral cervical

Se le indica al paciente que realice inclinación lateral a lados derecho e izquierdo, sin movilizar tronco ni hombros, e intentando llegar con la oreja a tocar el hombro.

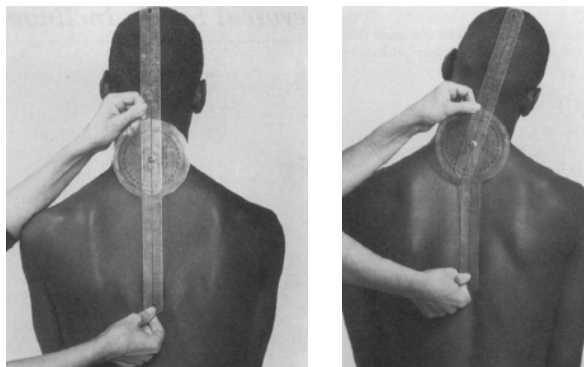


Figura 2. Colocación del goniómetro para la medida de la flexión lateral cervical. El brazo fijo queda perpendicular al plano del suelo, alineado con el raquis, y con el eje a la altura de C7. El brazo móvil, perpendicular al suelo al inicio, alineado con la línea media posterior del cráneo. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### Rotación cervical

Se le indica al paciente que realice rotación cervical hacia lados derecho e izquierdo, sin movilizar tronco ni hombros, e intentando situar el mentón a la altura del hombro.

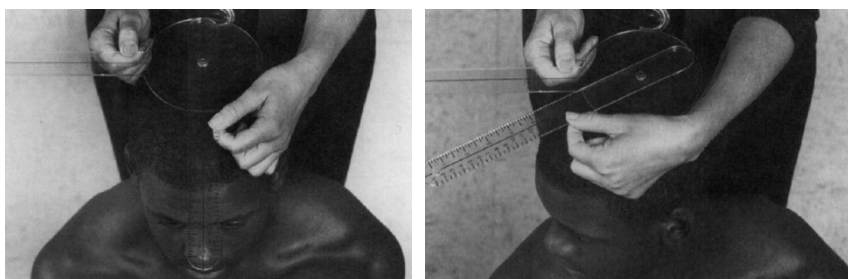


Figura 3. Colocación del goniómetro para la medida de la rotación cervical. El brazo fijo queda alineado, con la línea imaginaria que uniría los dos acromiones del sujeto, con el eje situado sobre la parte más alta de la cabeza. El brazo móvil alineado con la nariz. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

## Medida de la movilidad lumbar con goniometría clásica:

### **Flexión lumbar**

Patient is instructed in desired motion, flexing spine as far as possible with knees extended, in order to reach the floor with their finger tips. Then patient returns to standing position<sup>2</sup>.

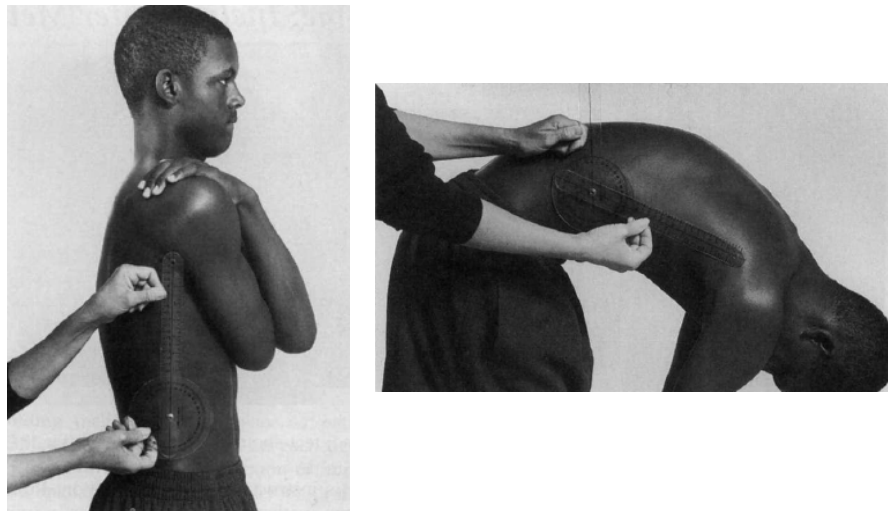


Figura 4: alineación del goniómetro durante la medida de la flexión lumbar. El brazo fijo queda perpendicular al plano del suelo, con el eje a nivel de la última costilla. El brazo móvil, sigue el torso del paciente, siguiendo la línea media axilar. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### **Extensión lumbar**

Patient is instructed in desired motion, in this case placing hands on opposite shoulders and bending backwards while keeping knees extended<sup>2</sup>.

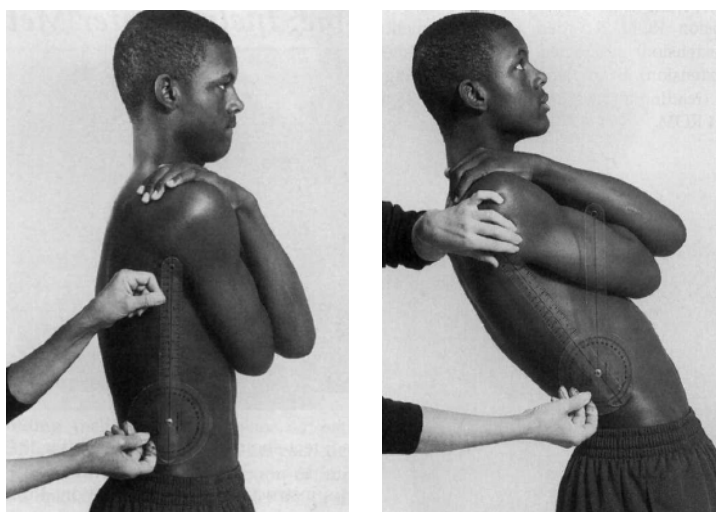


Figura 5: alineación del goniómetro durante la medida de la extensión lumbar, equivalente a la indicada para la flexión de este segmento. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### Flexión lateral lumbar

Patient is instructed in desired motion. Running hand down side of leg, patient laterally flexes spine as far as possible. Patient keeps knees extended and does not bend trunk forward or backward while performing movement<sup>2</sup>.

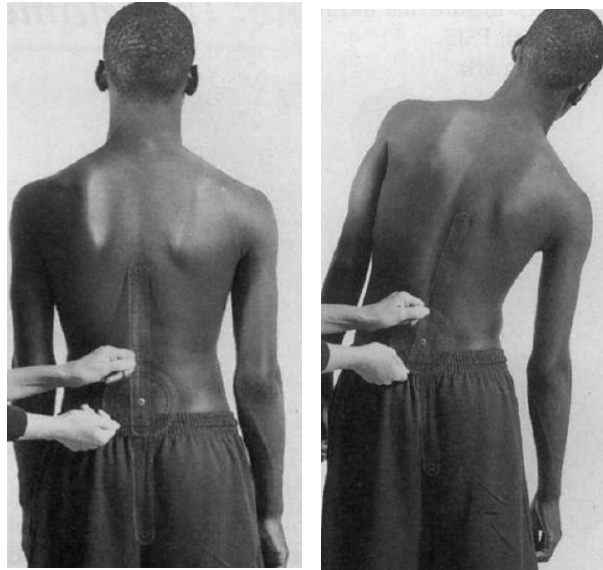


Figura 6: alineación del goniómetro durante la medida de la flexión lumbar lateral. El brazo fijo queda perpendicular al plano del suelo, a la altura de la línea interglútea. El brazo móvil alineado con el raquis. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### Electrogoniometría

Además de los mencionados goniómetros clásicos, de usar electrogoniómetros para medir los rangos de movilidad cervical. No obstante, este método también plantea algunas limitaciones: enecesario considerar una posición de referencia que sea repetible, lo que en ocasiones es difícil ya que depende de las características antropométricas de la persona; esto a su vez puede dar lugar a errores del orden de grados. Por ello es fundamental contar con un protocolo de instrumentación muy preciso.

### Inclinometría

Medida de la movilidad cervical con inclinómetros<sup>2</sup>:

#### Flexoextensión cervical

Aunque es posible realizar esta medida con un solo inclinómetro (que permita calcular y mostrar movimientos articulares compuestos) es más recomendable usar dos para la medida



de este arco. En tal caso, se debe colocar uno de los inclinómetros sobre la apófisis espinosa T1 y alineado en el plano sagital, sujetando el segundo inclinómetro sobre el occipucio. Al inicio de la medida la cabeza debe estar en posición neutral<sup>1</sup>.

Desde aquí, se le solicitará al sujeto que flexione al máximo el cuello. Se anotarán los dos ángulos que indican los dos inclinómetros, y se restará el ángulo obtenido en T1 al obtenido por el otro inclinómetro. Para la extensión cervical el proceso será igual pero solicitándole al paciente que realice extensión máxima en lugar de flexión.

Se recomienda realizar 3 medidas para cada rango, calculando el valor final como una media de estos tres.

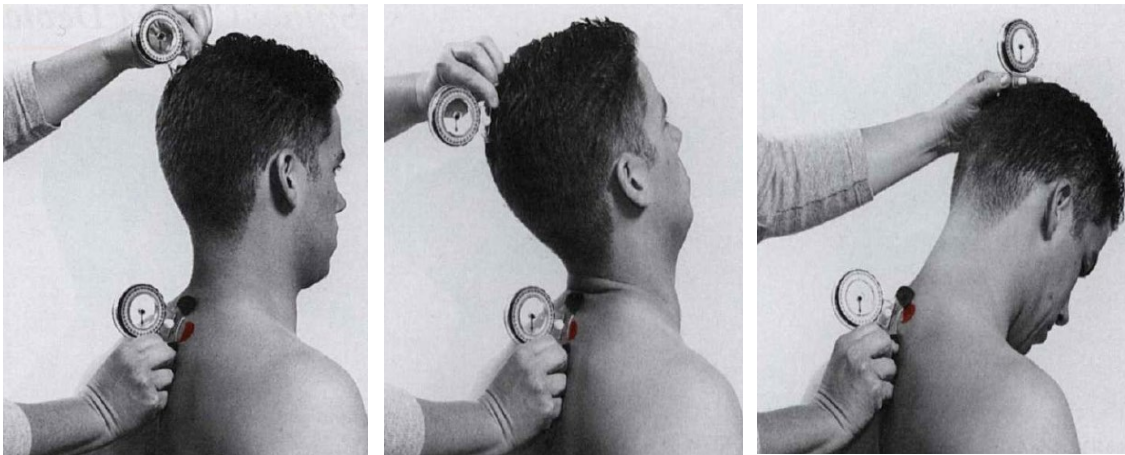


Figura 7: colocación de ambos inclinómetros durante la medida de flexoextensión cervical. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### Flexión lateral cervical

Al igual que para la flexoextensión, en el caso de la flexión lateral se podría utilizar un solo inclinómetro, pero es más recomendable usar dos. En el caso de usar dos, la colocación es igual a la colocación usada para medir la flexoextensión de este segmento<sup>1</sup>, sólo que el plano con el que quedan alineados es el frontal o coronal.

En este caso, le solicitamos al paciente que incline la cabeza hacia la izquierda al máximo, y de nuevo restamos el ángulo medido por el inclinómetro de T1 al obtenido por el del occipucio. Realizamos la misma medida con inclinación hacia la derecha.



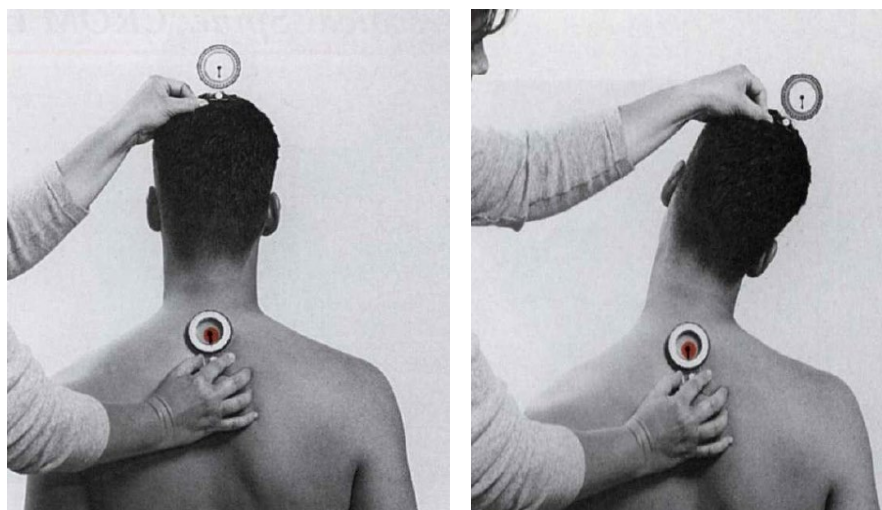


Figura 8: colocación de ambos inclinómetros durante la medida de flexión lateral cervical. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

### Rotación cervical

En este caso, la técnica para la evaluación incluye la estabilización de los hombros en decúbito supino, por lo que sólo se necesita un inclinómetro<sup>1</sup>.

Para ello, se tumba al sujeto en decúbito supino sobre la camilla de exploración, con los hombros descubiertos para controlar que no exista rotación de los mismos. El inclinómetro se sitúa sobre la frente en el plano coronal.

Se solicita al sujeto que rote hacia la derecha lo máximo que pueda y se anota el ángulo. Se realiza el procedimiento para la rotación izquierda. En cada caso se recomiendan al menos tres medidas.

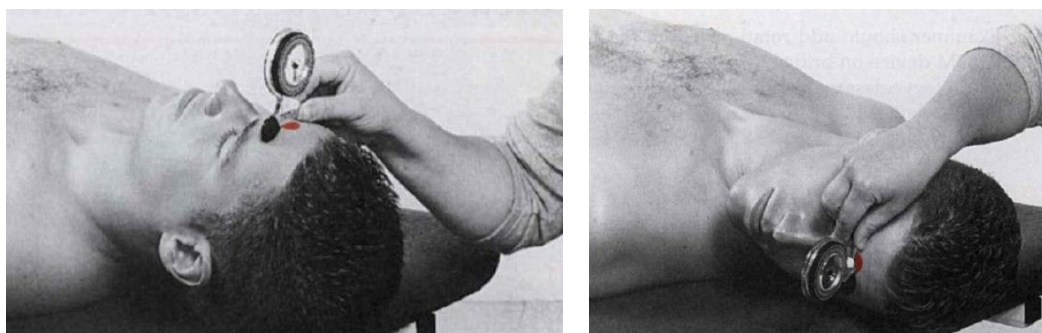


Figura 9: colocación de ambos inclinómetros durante la medida de rotación cervical. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

## Medida de la movilidad dorsal y lumbar con inclinómetros:

### **Flexoextensión dorsal**

Aunque es posible realizar esta medida con un solo inclinómetro (que permita calcular y mostrar movimientos articulares compuestos) es más recomendable usar dos para la medida de este arco. En este caso los inclinómetros se sitúan sobre las apófisis espinosas T1 y T12, con su base alineada con la región axial del raquis<sup>1</sup>.

Desde aquí, se le solicitará al sujeto que flexione o extienda al máximo la dorsal. Se anotarán los dos ángulos que indican los dos inclinómetros, y se restará el ángulo obtenido a nivel del T12 al obtenido a nivel de T1 (T1-T12)<sup>2</sup>.

Se recomienda realizar 3 medidas para cada rango, calculando el valor final como una media de estos tres.

### **Rotación dorsal**

Aunque es posible realizar esta medida con un solo inclinómetro (que permita calcular y mostrar movimientos articulares compuestos) es más recomendable usar dos para la medida de este arco. En este caso los inclinómetros se sitúan sobre las apófisis espinosas T1 y T12, con su base perpendicular al eje del raquis<sup>1</sup>.

El sujeto ha de situarse en una flexión de tronco inicial de aproximadamente paralela al suelo. Desde aquí, se le solicitará al sujeto rote la zona dorsal al máximo, tratando, con los brazos cruzados, de apuntar con el codo del lado valorado hacia el techo. Se anotarán los dos ángulos que indican los dos inclinómetros, y se restará el ángulo obtenido a nivel del T12 al obtenido a nivel de T1 (T1-T12)<sup>1</sup>.

Se recomienda realizar 3 medidas para cada rango, calculando el valor final como una media de estos tres.

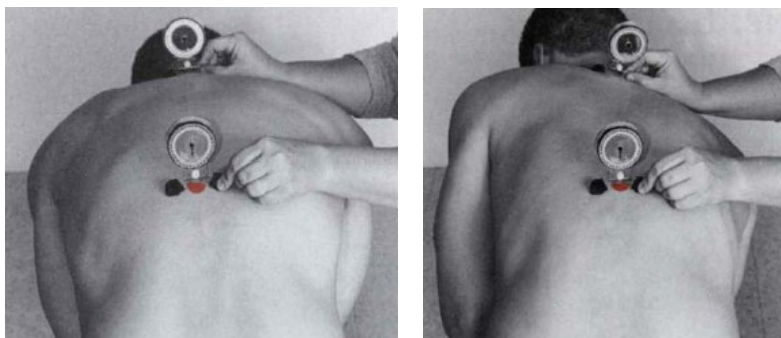


Figura 10: colocación de ambos inclinómetros durante la medida de rotación cervical. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

## Flexoextensión lumbar

Aunque es posible realizar esta medida con un solo inclinómetro (que permita calcular y mostrar movimientos articulares compuestos) es más recomendable usar dos para la medida de este arco. En tal caso, se debe colocar uno de los inclinómetros sobre la apófisis espinosa T12, alineado en el plano sagital, y el segundo sobre el sacro (aproximadamente en su punto medio)<sup>1</sup>.

Desde aquí, se le solicitará al sujeto que flexione o extienda al máximo la zona lumbar. Se anotarán los dos ángulos que indican los dos inclinómetros, y se restará el ángulo obtenido a nivel del sacro al obtenido a nivel de T12 (T12-sacro)<sup>1</sup>.

Se recomienda realizar 3 medidas para cada rango, calculando el valor final como una media de estos tres.



Figura 11: colocación de ambos inclinómetros durante la medida de flexoextensión lumbar. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

## Flexión lateral lumbar

Los inclinómetros se situarán a la misma altura que para la flexoextensión, pero en este caso alineados con el plano coronal o frontal. A partir de ahí se le solicitará al sujeto que se incline lateralmente hacia uno u otro lado, anotando los dos ángulos que indican los inclinómetros, y restando el ángulo obtenido a nivel del sacro al obtenido a nivel de T12 (T12-sacro)<sup>1</sup>.

Se recomienda realizar 3 medidas para cada rango, calculando el valor final como una media de estos tres.

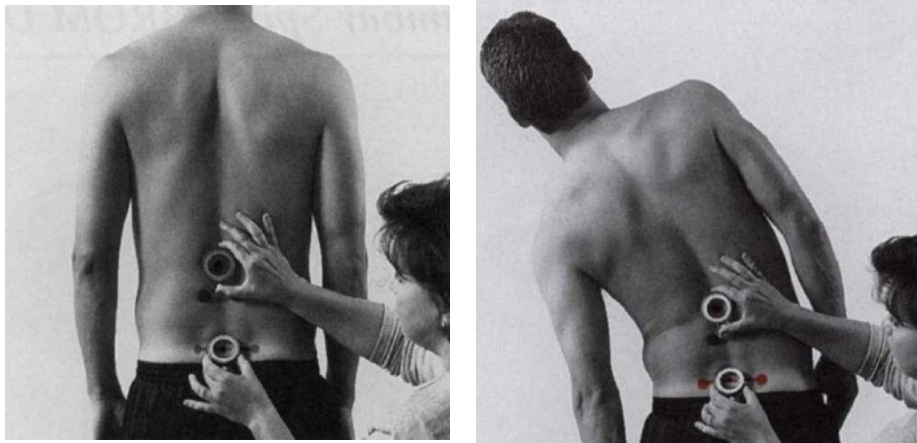


Figura 12: colocación de ambos inclinómetros durante la medida de flexión lateral lumbar. Imagen extraída de Berryman-Reese N. et al, 2002<sup>2</sup>.

Además de los inclinómetros clásicos, existe la posibilidad de utilizar **inclinómetros electrónicos** realizando los mismos protocolos expuestos, pero con un proceso de instrumentación más sencillo y la posibilidad de contar con un software asistente que agilice el registro de los ángulos.

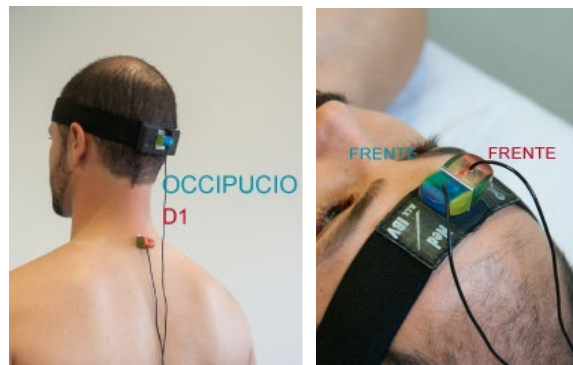


Figura 13: Colocación de ambos inclinómetros electrónicos para la medida de la flexoextensión y flexión lateral cervical (izquierda) y rotación cervical (derecha). Sistema NedRangos/IBV (fuente: Instituto de Biomecánica de Valencia).

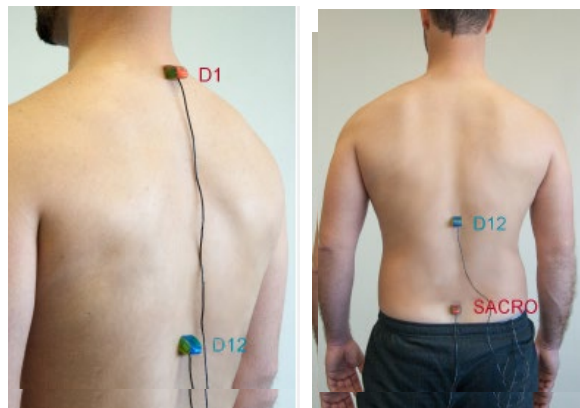




Figura 14. Colocación de ambos inclinómetros electrónicos para la medida de la movilidad dorsal (izquierda) y lumbar (derecha). Sistema NedRangos/IBV (fuente: Instituto de Biomecánica de Valencia).

### Otros métodos: fotogrametría

Las técnicas de fotogrametría permiten analizar el movimiento y diferentes propiedades del mismo (velocidad, aceleración, amplitud angular) gracias a la grabación a través de una serie de cámaras de marcadores colocados sobre el sujeto, siguiendo una estructura determinada por el modelo biomecánico utilizado. Se trata de una técnica muy precisa, que elimina fuentes de error relacionadas con el valorador en comparación con otras como la goniometría clásica. Su gran versatilidad ha hecho de ella una técnica muy extendida, particularmente adecuada en la realización de análisis globales o que impliquen movimientos combinados de numerosas articulaciones como es el caso de la columna vertebral. Su potencial en la valoración funcional de discapacidades motóricas es incuestionable. En la Figura 15 puede observarse una gráfica con el componente de aceleración y velocidad angular de tronco obtenido mediante fotogrametría durante la realización de una actividad como levantar un peso.

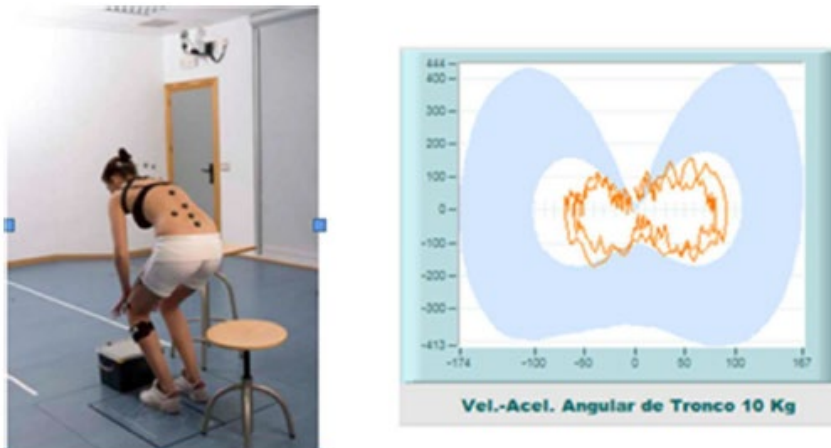


Figura 15: Medida del gesto de levantar una caja (izquierda) y gráfico fasorial (velocidad del tronco frente a aceleración) durante el gesto (derecha). Sistema NedLumbar/IBV (fuente: Instituto de Biomecánica de Valencia).

Al igual que esta actividad, podríamos medir el patrón de movimiento del raquis lumbar en otras actividades como sentarse y levantarse de una silla, agacharse, o flexionarse al máximo en bipedestación.



Figura 16: Medida del gesto levantarse de una silla. Sistema NedLumbar/IBV (fuente: Instituto de Biomecánica de Valencia).

### Otros métodos: sistema MCU (Multi Cervical Unit)

The MCU has a computerized interface that records real-time cervical spine movement and isometric strength in all three planes of motion. This eliminates the subjectivity of manual testing. Plus, the dynamic strengthening protocol compliments manual therapy – while it maintains objectivity for the progression of cervical spine rehab.



Figura 17. Sistema MCU. Información e imagen extraídas de <https://www.btetechnologies.com/rehabilitation/mcu/><sup>3</sup>

**Nota: Para más información sobre dispositivos y análisis instrumentalizados utilizados para medir fuerzas, movimiento, presiones, signos fisiológicos, parámetros antropométricos y morfométricos, consulte los contenidos incluidos en las Unidades Educativas D y E del MÓDULO BIOMECÁNICA: FUNDAMENTOS DE LA BIOMECÁNICA APLICADA AL LOCOMOTOR SISTEMA**

Si en la parte I de la presente Unidad Didáctica vimos cómo las guías para la evaluación de las deficiencias permanentes de la American Medical Association establecen niveles de deficiencia según el “Modelo de la lesión”, a continuación, veremos cómo, según el llamado “Modelo de la amplitud de movimiento”, la AMA también propone un sistema de clasificación de la deficiencia. De esta manera:



Tabla 1. Deficiencia Corporal Global (DFC) según el “Modelo de la amplitud de movimiento” de la AMA para la columna cervical<sup>1</sup>

Flexión		Extensión		Flexión lateral		Rotación	
Grados(°)	% DFC	Grados(°)	% DFC	Grados(°)	% DFC	Grados(°)	% DFC
0	5	0	5	0	4	0	6
15	4	20	4	15	2	20	4
30	2	40	2	30	1	40	2
50	0	60	0	45	0	60	1
						80	0

Tabla 2. Deficiencia Corporal Global (DFC) según el “Modelo de la amplitud de movimiento” de la AMA para la columna dorsal<sup>1</sup>

Flexión		Rotación	
Grados(°)	% DFC	Grados(°)	% DFC
0	4	0	3
15	2	10	2
30	1	20	1
60	0	30	0

Tabla 3. Deficiencia Corporal Global (DFC) según el “Modelo de la amplitud de movimiento” de la AMA para la columna cervical<sup>1</sup>

Flexión (con ángulo de cadera >45°)		Extensión		Flexión lateral	
Grados(°)	% DFC	Grados(°)	% DFC	Grados(°)	% DFC
60+	0	0	7	0	5
45	2	10	5	10	3
30	4	15	3	15	2
15	7	20	2	20	1
0	10	25	0	25	0

## 2.2. Medición de parámetros cinéticos y fisiológicos.

### Plataformas dinamométricas

La utilización de plataformas dinamométricas en la valoración del raquis permite el análisis tridimensional de la fuerza de reacción contra el suelo de las extremidades inferiores durante la realización de diferentes actividades en las que participa el tronco o musculatura paravertebral como es el caso de alcanzar la bipedestación desde la posición de sentado en una silla o el levantar un peso con las extremidades superiores. Ofrece información sobre cómo es el apoyo, y las posibles anomalías en la fuerza realizada por una extremidad inferior en caso de dolor (por ejemplo, por ciatalgia unilateral).

Habitualmente se manifiesta por una asimetría en el reparto de fuerza entre las dos piernas. Es una magnífica herramienta para valorar la estrategia de movimiento ante diferentes patologías que se asocian a dolor o déficits de fuerza.

### Sistemas de dinamometría

Tradicionalmente tratan de medir la fuerza de raquis que el sujeto genera bajo condiciones isométricas, isocinéticas e isodinámicas. En estas pruebas se requiere la realización de contracciones voluntarias máximas contra resistencia para supuestamente conseguir la máxima fuerza.

Se han desarrollado sistemas, a veces muy sofisticados, para medir la fuerza de la musculatura paravertebral. Las principales técnicas empleadas en la valoración muscular son:

-Isométricas: incluyen test manuales de los músculos, utilización de muelles y galgas extensiométricas, así como dinamómetros. Las ventajas de los sistemas isométricos son su bajo coste (aunque existen equipos muy sofisticados), la sencillez de los ensayos y la facilidad de interpretación de los datos.



Figura 18. Sistema de dinamometría isométrica manual sencillo. Imágenes extraídas de <https://tienda.fisaude.com/dinamometro-evaluacion-musculo-esqueletica-microfet2-p-39680.html><sup>4</sup>

-Isotónicas: pueden basarse en el uso de pesas libres en un sistema de movimientos controlados o en el uso de sistemas que van adaptando la resistencia durante el movimiento. La mayoría de las valoraciones isotónicas son concéntricas. La valoración se realiza a lo largo del rango de movimiento, aunque suelen presentarse problemas de fiabilidad de las medidas y de familiarización con el tipo de ejercicio por parte del paciente.

-La valoración isocinética requiere que el sujeto mueva el cuerpo (tronco o miembros) a una velocidad controlada y preseleccionada por el examinador. Los sistemas se controlan a través de un dinamómetro, que tiene una función pasiva, permitiendo sólo ejercicios concéntricos, o activa, admitiendo tanto ejercicios concéntricos como excéntricos. Existe un gran número de equipamientos comerciales. La ventaja de los equipos isocinéticos es que valoran todo el rango de movimiento y a diferentes velocidades.



Figura 19. Equipo de valoración isocinética (fuente: documentos internos Instituto de Biomecánica de Valencia).

-Isoinerciales (o isodinámicos): La contracción isoinercial es aquella durante la cual la resistencia contra la que el movimiento se realiza es constante. Ésta se puede valorar utilizando un dispositivo dinamométrico triaxial que registra la posición angular, la velocidad angular, los momentos de fuerza en torno a los tres ejes primarios de la región lumbar, así como el trabajo y la potencia. La diferencia con respecto a los isocinéticos es que analizan el rendimiento muscular en tres ejes al mismo tiempo, y además mide la aceleración del tronco.

### Electromiografía de superficie

La actividad de los músculos del tronco puede estimarse indirectamente por medio de la electromiografía. Este es el motivo por el que la EMG de superficie suele ser una técnica muy empleada para la valoración de la zona lumbar, en concreto para realizar análisis del comportamiento muscular durante la realización de un movimiento como la flexoextensión del tronco (análisis del fenómeno de flexión-relajación lumbar). También puede ser utilizada en cualquier otro segmento del raquis, siendo también conocido el fenómeno de flexión-relajación a nivel cervical, aunque en este caso la respuesta muscular es menos evidente<sup>5</sup>.

Flexion-relaxation (FR) refers to a pattern of muscle activity during trunk or cervical spine flexion, in which the muscles initially contract, but ultimately relax, at what appears to be a distinct point in the flexion range of motion (ROM)<sup>6</sup>.

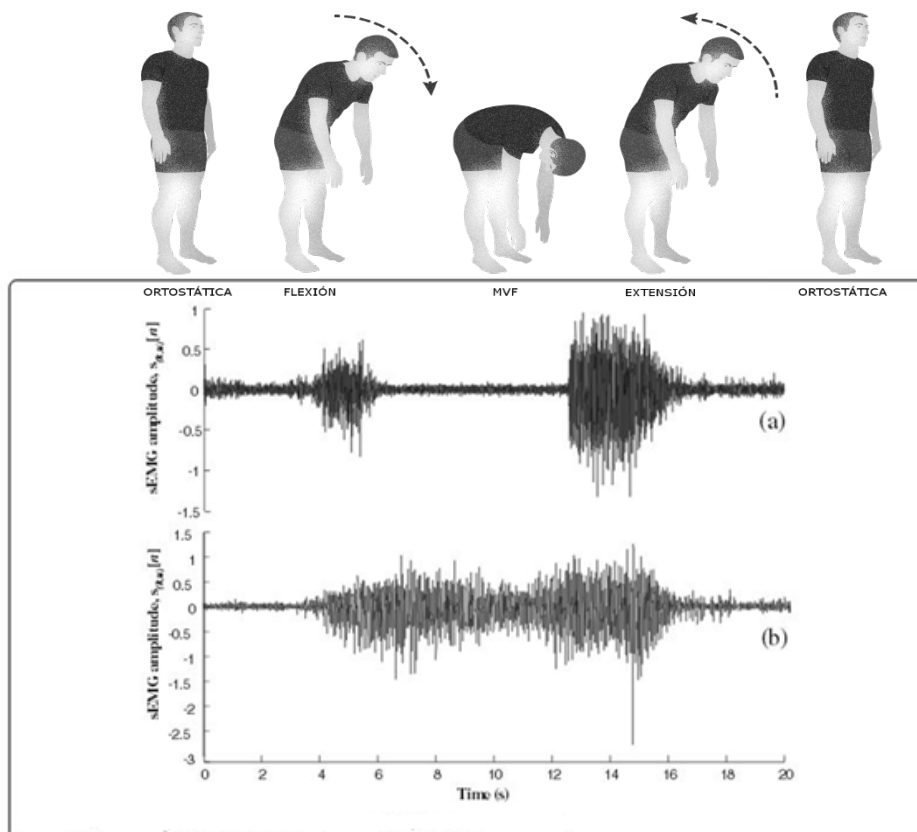


Figura 20. Señal EMG de un paciente sano (arriba) y paciente con dolor lumbar (abajo) durante la flexión y extensión de tronco. Extraído de Nougrou et al. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2012, 2012:151 <http://asp.erasipjournals.com/content/2012/1/151><sup>7</sup>

***Nota: Para más información sobre protocolos y dispositivos para realizar un análisis biomecánico de la columna, así como para aprender a interpretar los resultados obtenidos en sujetos sanos y patológicos, consultar los contenidos incluidos en la Unidad Educativa D (1 a 6) de este muy módulo.***

### 3. Función de medición en la columna: escalas clínicas

---

Las escalas clínicas son una fuente de información clínica obtenida a través de cuestionarios estandarizados.

#### 3.1. Columna cervical

Las escalas más extendidas para evaluar la columna cervical son el Índice de Discapacidad del Cuello (NDI)<sup>8</sup>, la Escala de Dolor y Discapacidad de Cuello (NPDA)<sup>9</sup> y el Cuestionario de Dolor de Cuello de Northwick Park (NPQ)<sup>10</sup>.

#### 3.2. Columna lumbar

Las escalas más extendidas para evaluar la columna lumbar son el Oswestry Disability Index (ODI)<sup>11</sup> y el Roland-Morris Questionnaire (RMQ)<sup>12</sup>.

**. Nota: Para más información sobre las escalas clínicas utilizadas en la valoración del cuello y la columna lumbar, consulte los contenidos incluidos en la Unidad Educativa C.2. en este mismo módulo.**



## 4. Ideas clave

---

- Uno de los aspectos fundamentales para valorar la función y el déficit a nivel del raquis es la valoración de la movilidad. Ésta puede ser valorada visualmente, o a través de determinados test que requieren tan sólo el uso de cinta métrica.
- No obstante, los métodos anteriores plantean una serie de limitaciones, por lo que en muchos casos se recomienda el uso de otros instrumentos, de menor a mayor grado de precisión y sofisticación: goniometría clásica, inclinómetros manuales, inclinómetros electrónicos o fotogrametría.
- Para valorar otros aspectos a nivel del raquis, como la fuerza y la actividad muscular, existen otros instrumentos disponibles, como los dinamómetros de diferentes tipos (isométricos, isotónicos, isocinéticos) o la electromiografía de superficie.
- Otro tipo de instrumento útil para la valoración de la discapacidad y el déficit percibido por el paciente en el contexto de patología de raquis son las escalas clínicas.

## 5. Referencias

---

- [1] Dr. Theodore C. Doege, Dr. Thomas P. Houston. (Ed.). (1994). *Guides to the Evaluation of Permanent Impairment*. American Medical Association, Spanish version. Madrid, España: Editorial ARTEGRAF, S.A.
- [2] Berryman-Reese N. Bandy WD. (2002). *Joint Range of Motion and Muscle Length Testing*. Editorial W.B. SAUNDERS COMPANY
- [3] Página web: <https://www.btetechnologies.com/rehabilitation/mcu/>
- [4] Página web: <https://tienda.fisaude.com/dinamometro-evaluacion-musculo-esqueletica-microfet2-p-39680.html>
- [5] Pialasse JP, Lafond D, Cantin V, Descarreaux M. Load and speed effects on the cervical flexion relaxation phenomenon. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:46. doi: 10.1186/1471-2474-11-46.
- [6] Nebblet et al. Quantifying the Lumbar Flexion–Relaxation Phenomenon. Theory, Normative Data, and Clinical Applications. *Spine*, Volume 28, Number 13, pp 1435–1446.
- [7] Nougrou et al. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2012, 2012:151.
- [8] Vernon H, Mior S. The neck disability index: A study of reliability and validity. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 1991, 14:409-15
- [9] Bremerich FH, Grob D, Dvorak J, Mannion AF. The Neck Pain and Disability Scale: cross-cultural adaptation into German and evaluation of its psychometric properties in chronic neck pain and C1-2 fusion patients. *Spine*. 2008;33(9):1018-27. (level of evidence B)
- [10] Leak AM, Cooper J, Dyer S, Williams KA, Turner-Stokes L, Frank AO. Northwick park neck pain questionnaire, devised to measure neck pain and disability. *Rheumatology*, Volume 33, Issue 5, May 1994, Pages 469–474.
- [11] Mehra A, Baker D, Disney S, Pynsent PB. Oswestry Disability Index scoring made easy. *Ann R Coll Surg Engl*. 2008 Sep;90(6):497-9.
- [12] Roland M, Fairbank J. The Roland–Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine* (Phila Pa 1976). 2000 Dec 15;25(24):3115-24.



El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

