

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



MODULO BIOMECÁNICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Unidad Didáctica D: ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

D.4. ¿Cómo es la valoración biomecánica normal de la columna lumbar?

OBJETIVOS

- Reconocer resultados normales de una valoración biomecánica lumbar.
- Familiarizarse con la interpretación de resultados obtenidos de la valoración lumbar en población normal.
- Familiarizarse con la interpretación de resultados obtenidos de la valoración de fuerza muscular lumbar en población normal.
- Aplicar conocimientos aprendidos a través de un caso clínico

CONTENIDOS

- Valoración funcional de la columna lumbar
- Valoración del rango de movimiento lumbar
- Valoración cinemática de la columna lumbar
- Valoración cinemática y cinética en las actividades de la vida diaria y dolor lumbar
- Valoración de la fuerza en la columna lumbar
- Ideas principales

Valoración funcional de la columna lumbar

FUNCIÓN VALORADA

TÉCNICA INSTRUMENTAL

RESULTADOS

MOVILIDAD

Amplitud de movimiento

Inclinómetros,
Electrogoniómetros

Amplitud de movimiento (°)

Características del movimiento

Fotogrametría
Inerciales
Plataforma dinamométrica

Amplitud de movimiento (°)
Velocidad (°/S) / Aceleración angular (°/S²)
Fuerza reacción/Asimetrías
Repetibilidad

FUERZA

Fuerza isocinética

Dinamómetro

Momento fuerza(Nm)

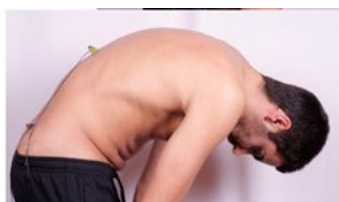
Actividad muscular

Electromiografía de superficie

Actividad muscular (fenómeno flex-relax)

Valoración del rango de movimiento lumbar

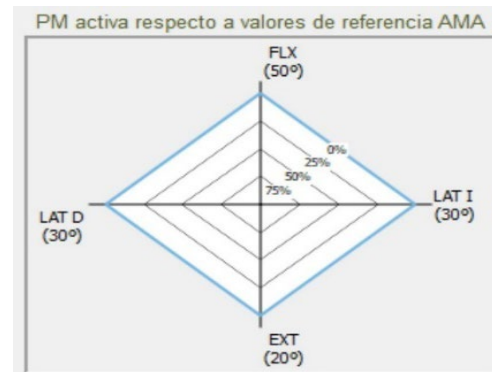
	Pos. Neutra (D12/SACRO)	Pos. Flexión (D12/SACRO)	Pos. Extensión (D12/SACRO)	Flexión	Criterio AMA	Extensión	Criterio AMA
1ª	-20.2° / 36.1°	70.3° / 65.4°	-40.5° / 23.5°	61.0°	OK	7.0°	> 5°
2ª	-27.6° / 23.4°	74.8° / 68.5°	-43.4° / 27.6°	57.0°	OK	20.0°	OK
3ª	-24.3° / 25.1°	74.2° / 69.3°	-41.7° / 28.4°	54.0°	OK	20.0°	OK
4ª	-21.8° / 27.4°	79.5° / 74.8°	-41.1° / 25.6°	53.0°	OK	17.0°	OK



Sistema de doble inclinometría electrónica, situada sobre las prominencias óseas correspondientes (D12-Sacro), para valoración de la amplitud articular máxima en el movimiento de flexo-extensión del raquis lumbar.

RESULTADOS: Amplitud de movimiento (°) y pérdida de movilidad (PM)

	Amplitud máxima	PM frente referencia AMA
Flexión	63°	0%
Extensión	35°	0%
Flexión Lateral Izquierda	42°	0%
Flexión Lateral Derecha	50°	0%



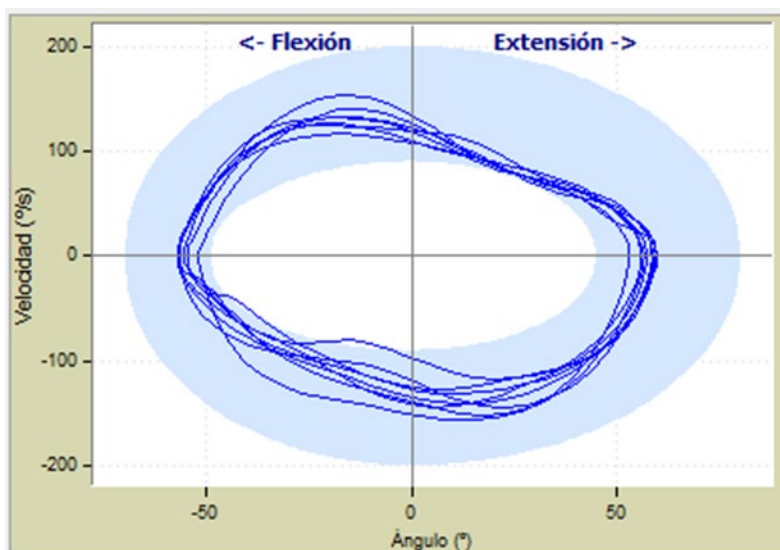
Valoración cinemática de la columna lumbar

EQUIPO DE MEDIDA: Fotogrametría, inerciales.

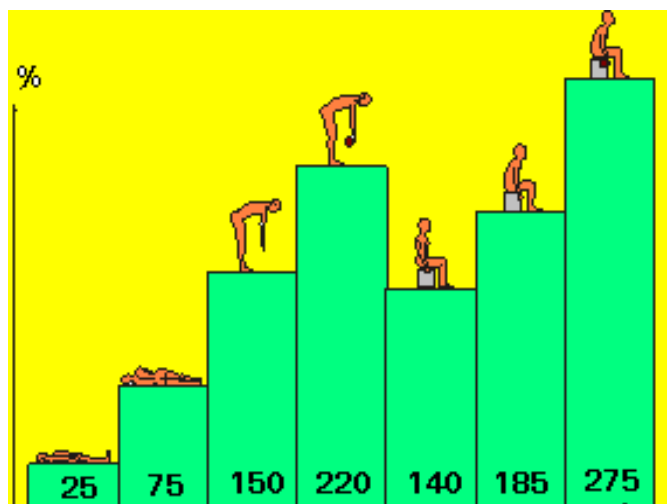
TIPO DE ANÁLISIS: Cinemático.

GRÁFICA: Velocidad angular ($^{\circ}/s$) del raquis lumbar frente a la amplitud de movimiento de flexo-extensión ($^{\circ}$). La banda azul representa valores normales de referencia tanto para velocidad como para amplitud de movimiento.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: Movimiento del raquis lumbar en el plano sagital con una velocidad normal y una amplitud dentro de valores de referencia).



Valoración cinemática y cinética en las actividades de la vida diaria y dolor lumbar



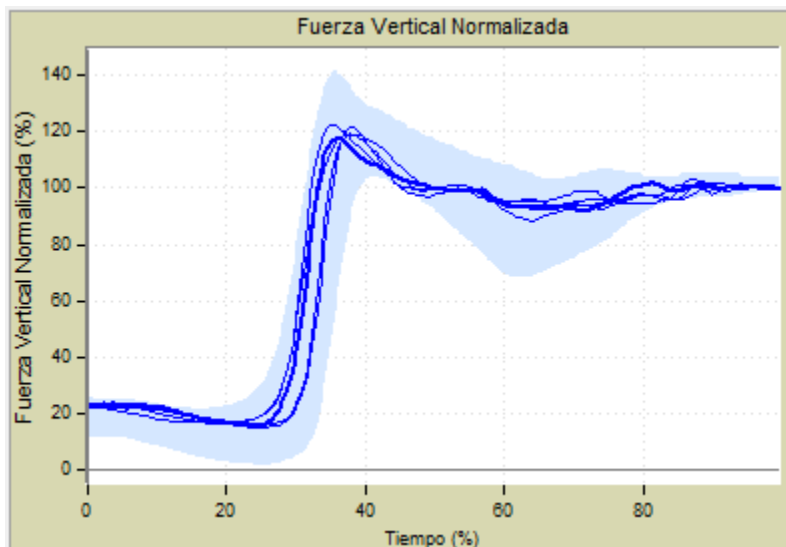
Graphical comparison of intradiscal pressures at L3-L4 during different activities (Image: Nachemson, A. L. (1976). The lumbar spine an orthopaedic challenge. *spine*, 1(1), 59-71)

En las personas con dolor lumbar, actividades como flexionar el tronco o levantar pesos están asociadas con importantes aumentos de la presión intradiscal, y por lo tanto con el dolor.

El análisis biomecánico de estas actividades permiten una definición más exacta de las mismas detectando alteraciones del movimiento que pueden ir asociadas a una patología o alteración funcional de columna.

Valoración cinemática y cinética en las actividades de la vida diaria y dolor lumbar

Actividad levantarse de una silla



EQUIPO DE MEDIDA: Plataforma dinamométrica

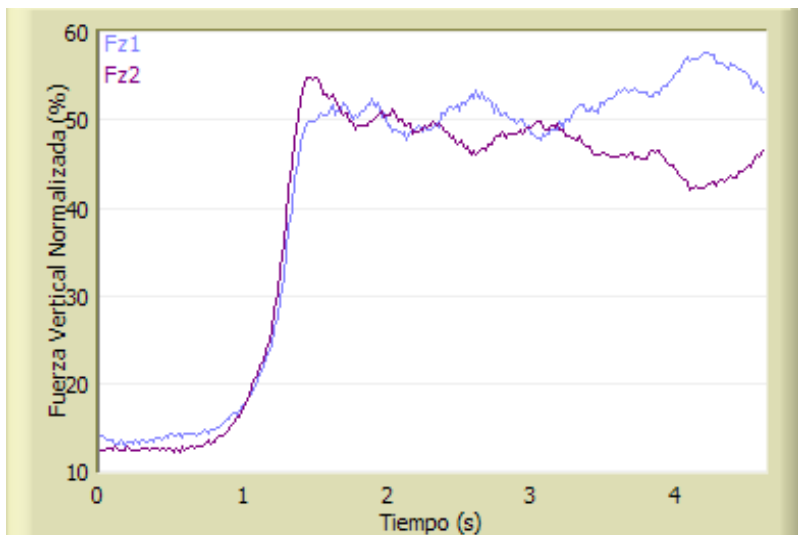
TIPO DE ANÁLISIS: Cinético.

GRÁFICA: Representa las diferentes repeticiones registradas de la fuerza de reacción durante la realización del gesto de levantarse de una silla. (banda azul representa el patrón normal de fuerza en este movimiento)

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: Patrón de fuerza de reacción repetible y normal, lo que significa impulso adecuado en la realización del gesto de levantarse de una silla (buena fuerza y coordinación de tronco y miembros inferiores).

Valoración cinemática y cinética en las actividades de la vida diaria y dolor lumbar

Actividad levantarse de una silla ASIMETRÍA FUERZAS



EQUIPO DE MEDIDA: 2 Plataformas dinamométricas

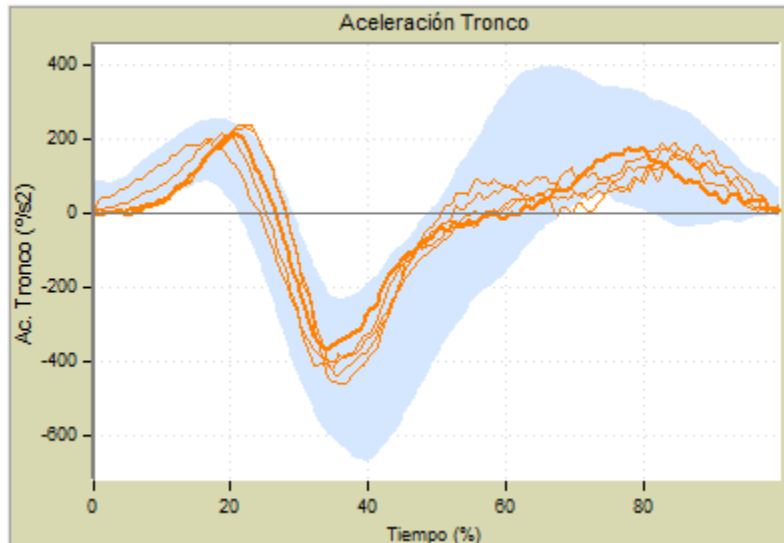
TIPO DE ANÁLISIS: Cinético.

GRÁFICA: Representa la fuerza de reacción generada por cada uno de los miembros inferiores durante la realización del gesto de levantarse de una silla.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: Patrón de fuerza simétrica. Carga similar en ambos miembros inferiores al realizar el gesto de levantarse de una silla.

Valoración cinemática y cinética en las actividades de la vida diaria y dolor lumbar

Actividad levantarse de una silla



EQUIPO DE MEDIDA: Sistema de fotogrametría o inerciales.

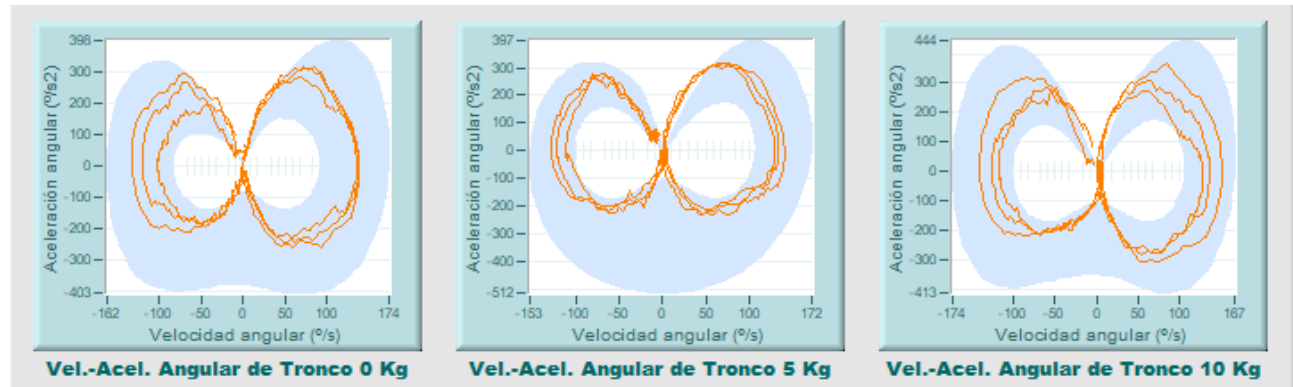
TIPO DE ANÁLISIS: Cinemático.

GRÁFICA: Representa la aceleración angular de columna ($^{\circ}/s^2$) en diferentes repeticiones registradas de la actividad de levantarse de una silla. La banda azul representa el patrón normal de aceleración en esta actividad.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: Aceleración angular de columna normal, lo que implica rapidez y efectividad en el movimiento ejecutado.

Valoración cinemática y cinética en las actividades de la vida diaria y dolor lumbar

Actividad levantar un peso



EQUIPO DE MEDIDA: Sistema de fotogrametría o inerciales

TIPO DE ANÁLISIS: Cinemático.

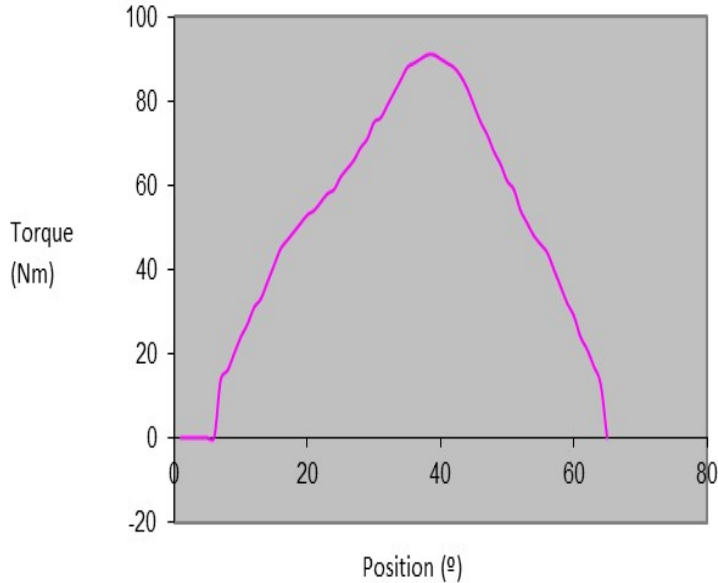
GRÁFICA: Representa la aceleración angular de tronco frente a su velocidad angular en diferentes repeticiones registradas del gesto de levantar peso. Se muestra el resultado para pesos de magnitud creciente. La banda azul representa el patrón normal de aceleración y velocidad en este gesto.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: Aceleración y velocidad angular de tronco normal para todos los pesos levantados, lo que implica buena movilidad y rapidez en el movimiento ejecutado. No se objetiva empeoramiento del movimiento al aumentar el peso levantado.

Valoración de la fuerza en la columna lumbar

EQUIPO DE MEDIDA: Dinamómetro isocinético

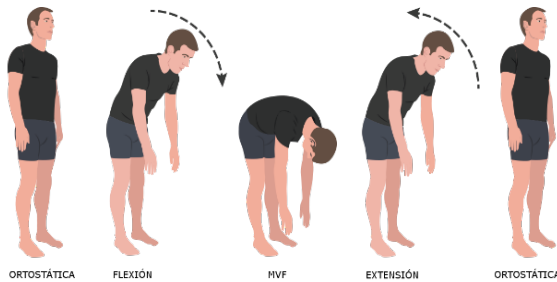
TIPO DE ANÁLISIS: Fisiológico (fuerza).



GRÁFICA: Curva de momento torsional isocinético concéntrico. El eje vertical refleja la cantidad de fuerza producida por el músculo. El eje horizontal es la amplitud de movimiento en el que se hace la valoración.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: Una pendiente elevada tanto al inicio como al final de la curva con lo que es capaz de producir fuerza y dejarla de producir. El pico máximo que alcanza, para una mejor interpretación, depende de los valores de fuerza máximo con los que estemos comparando.

Valoración de la fuerza en la columna lumbar

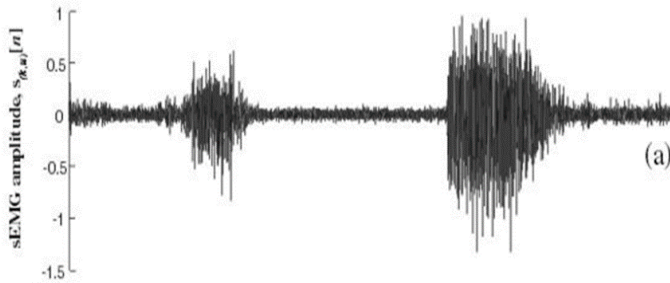


EQUIPO DE MEDIDA: Electromiografía de superficie

TIPO DE ANÁLISIS: Fisiológico

GRÁFICA: Representa la actividad muscular durante una prueba de flexión-extensión de columna lumbar.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO: La actividad de la musculatura para-espinal lumbar disminuye en relación al inicio de flexión y a la extensión de tronco, lo que es compatible con un fenómeno de flex-relax.



Ejemplo de resultados



[Esta foto](#)

[CC-BY-SA-NC](#)

A continuación se comentan los resultados de un caso tras realizar valoración funcional del raquis lumbar. Esta prueba analiza **cinética y cinemáticamente** el movimiento de la columna lumbar en actividades sencillas para detectar movimientos anómalos o no funcionales, secundarios a un cuadro doloroso lumbar.

Se ha utilizado el equipo de valoración **NEDLUMBAR/IBV** y la técnica de registro utilizada ha sido un equipo de fotogrametría y dos plataformas dinamométricas de fuerza.

Para llevar a cabo la valoración, este sistema compara los resultados obtenidos con los de un grupo de sujetos comparable a las características del paciente (bases de datos integradas por normales y patológicos segmentadas por edad y género).

El protocolo de valoración está estandarizado y consta de dos actividades:

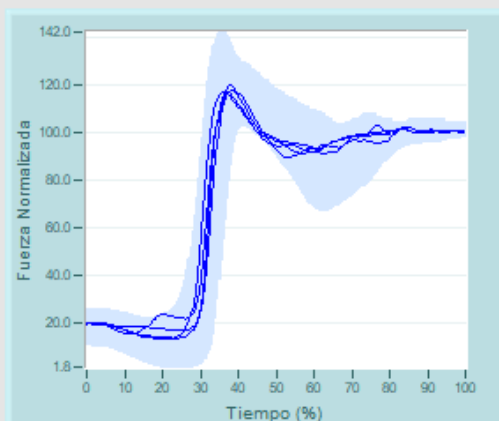
Actividad **levantarse de una silla.**

Actividad **levantar pesos.**

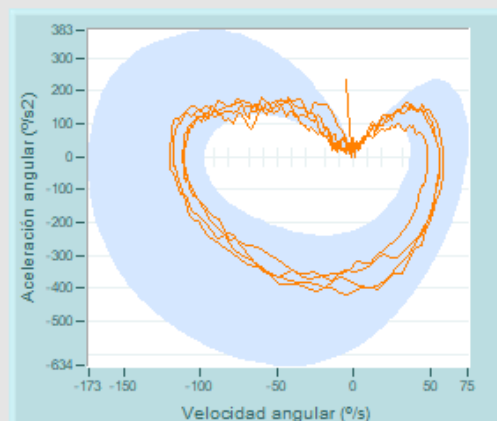
Los resultados que se obtienen informan del patrón de movimiento realizado a través de la información biomecánica de fuerza, movilidad, aceleración y repetibilidad del movimiento entre otros.

Al final, el estudio de la actividad queda resumida en un índice funcional. Si el resultado de este índice es mayor del 90% la capacidad de la persona valorada en realizar la actividad entra dentro de la normalidad.

Actividad levantarse de una silla



Fuerza Vertical Normalizada

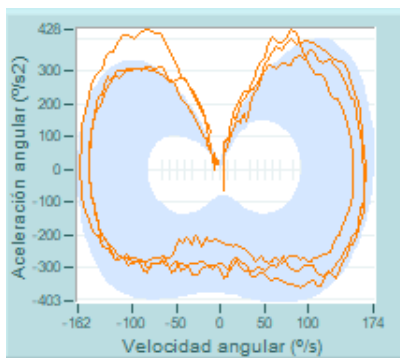


Velocidad-Aceleración Angular Tronco

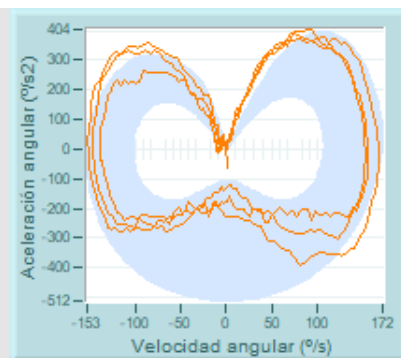
Valoración Global 98%

Tiempo total (s)	2.8	97%
Fase Inclinación (%)	29.3	100%
Fase Descarga (%)	4.1	100%
Fase Levantamiento (%)	66.5	95%
Fuerza Vertical Mínima (%)	14.9	90%
Fuerza Vertical Máxima (%)	117.8	100%
Asimetría de Fuerzas (%)	1.6	100%
Mayor Apoyo	IZQUIERDA	
Movilidad Lumbar (°)	23.9	81%
Inclinación Torácica (°)	36.0	94%
Rotación Torácica (°)	3.6	100%
Vel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s)	55.1	100%
Acel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s²)	127.2	100%
Vel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s)	-115.5	100%
Acel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s²)	-371.9	100%
Variabilidad		100%
Repetibilidad		100%

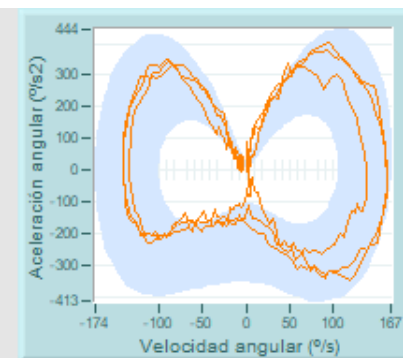
Actividad levantar un peso



Vel.-Acel. Angular de Tronco 0 Kg



Vel.-Acel. Angular de Tronco 5 Kg



Vel.-Acel. Angular de Tronco 10 Kg

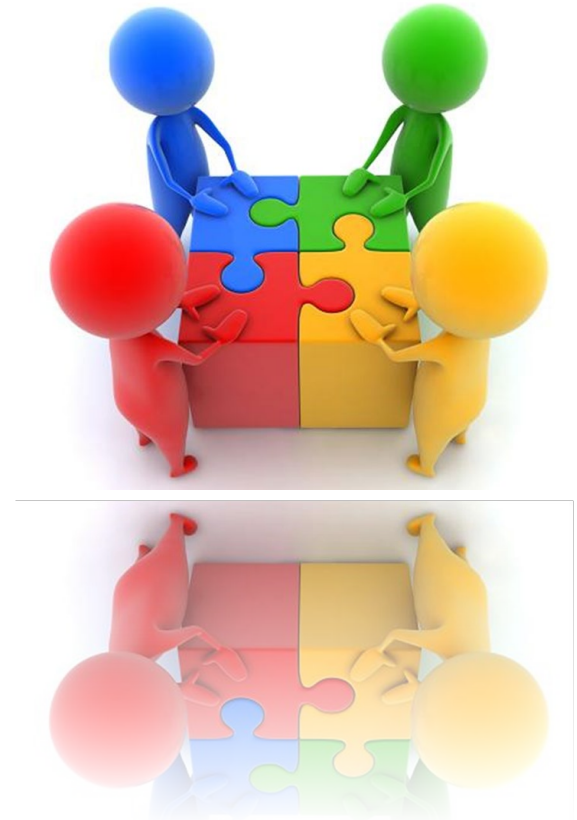
	0 Kg	5 Kg	10 Kg
Tiempo total (s)	1.5 100%	1.8 98%	1.9 100%
Fuerza Vertical Máxima (%)	131.9 100%	132.0 100%	132.0 100%
Asimetría de Fuerzas (%)	8.6 100%	7.7 100%	3.0 100%
Mayor Apoyo	DERECHA	DERECHA	DERECHA
Movilidad Lumbar (°)	40.0 100%	39.7 100%	42.2 100%
Inclinación Torácica (°)	67.8 100%	64.5 100%	72.8 100%
Rotación Torácica (°)	7.2 94%	7.8 80%	10.4 62%
Vel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s)	159.6 100%	158.6 100%	154.7 100%
Acel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s²)	390.8 100%	388.3 100%	372.4 100%
Vel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s)	-152.3 100%	-145.7 100%	-139.9 100%
Acel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s²)	-308.9 100%	-271.7 100%	-220.1 100%
Repetibilidad	100%	100%	100%



Valoración Global **91%**

Actividad de clase

Trabajando sobre un caso clínico
(Documento)



Guía de preguntas

¿Los registros obtenidos han sido válidos por su repetibilidad?

¿Ha sido necesaria una prueba de validez con la pierna elevada?

¿Cuál ha sido la amplitud máxima registrada en cada uno de los movimientos?

¿Se considera la movilidad registrada para cada uno de los ejes normal?

¿Qué valores se han tomado como referencia de normalidad?

¿Cuál es el movimiento más limitado o con mayor pérdida de movilidad? ¿Y el menos limitado?

La pérdida de movilidad registrada, ¿es significativa?

¿Se han encontrado asimetrías importantes en la lateralidad de los movimientos?

Solución caso

¿Los registros obtenidos han sido válidos por su repetibilidad? **Sí, cumplen los criterios de validez de las AMA y se obtienen tres repeticiones consecutivas cuyo valor máximo de flexión y extensión se diferencia menos de 5° de la media.**

¿Ha sido necesaria una prueba de validez con la pierna elevada? **No, porque la movilidad de flexo-extensión registrada en sacro con los inclinómetros ha sido mayor de 55°.**

¿Cuál ha sido la amplitud máxima registrada en cada uno de los movimientos?

Flexión: 25° Extensión: 5° Flexión lateral izquierda: 23° Flexión lateral derecha: 22°

¿Se considera la movilidad registrada para cada uno de los ejes normal?

No, porque hay pérdida de movilidad importante con respecto a los valores que se han tomado como referencia. Por ejemplo, hay una pérdida de movilidad del 75% para la extensión y del 50% para la flexión.

Solución caso

¿Qué valores se han tomado como referencia de normalidad?

Valores de movilidad de la Asociación Médica Americana

¿Cuál es el movimiento más limitado o con mayor pérdida de movilidad? ¿Y el menos limitado?

El más limitado ha sido la extensión, con un 75% de pérdida de movilidad. El menos limitado ha sido la flexión lateral izquierda con un 22% de pérdida de movilidad.

La pérdida de movilidad registrada, ¿es significativa?

Sí, en el caso de la flexo/extensión.

¿Se han encontrado asimetrías importantes en la lateralidad de los movimientos?

No. La asimetría en la lateralidad sólo la podemos ver en las flexiones laterales, y únicamente hay 1° de diferencia.

Ideas principales

- La movilidad se modifica con la edad perdiendo amplitud de movimiento al aumentar la misma. Es importante comparar valores obtenidos con los mismos protocolos y equipos de medida.
- Para medir el rango de movilidad de la columna y ser más exactos en las medidas, la American Medical Association (AMA) recomienda la utilización de inclinómetros como un método preciso para estimar el movimiento real de la columna vertebral.
- El dolor lumbar ocasiona limitaciones para realizar actividades, tan frecuentes y comunes de la vida diaria como sentarse y levantarse de una silla o coger y desplazar un peso tanto en tareas domésticas como laborales. El análisis cinemático y cinético de los movimientos citados permite una definición más precisa de los mismos a través del análisis del rango de movimiento (ROM), velocidad y aceleración angular con la que realiza el gesto, al igual que a través de otros parámetros como la fuerza de reacción y la repetibilidad de los gestos realizados
- Existen sistemas para medir la fuerza de la musculatura paravertebral. Entre los más utilizados se encuentran los sistemas isocinéticos que mantienen el movimiento con una velocidad angular constante durante todo el recorrido articular seleccionado.
- La actividad de los músculos del tronco puede estimarse indirectamente por medio de la electromiografía de superficie, por ello, suele ser una técnica empleada para la valoración de la zona lumbar, en concreto para realizar análisis del comportamiento muscular durante la realización de un movimiento como la flexo-extensión del tronco. En el caso de la patología lumbar se utiliza el análisis del silencio mioeléctrico.



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.

