

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



MODUL BIOMECHANIK DER WIRBELSÄULE

Didaktische Einheit D: INSTRUMENTELLE ANALYSE  
DER WIRBELSÄULE

D.4. Wie ist eine normale biomechanische Beurteilung der  
Lendenwirbelsäule?

## ZIELE

- Die normalen Ergebnisse einer lumbalen biomechanischen Beurteilung zu erkennen.
- Sich mit der Interpretation der Ergebnisse der lumbalen biomechanischen Beurteilung in einer normalen Population vertraut machen.
- Sich mit der Interpretation der Ergebnisse vertraut machen, die bei der Beurteilung der Lendenmuskelkraft in einer normalen Population erzielt werden.
- Das erworbene Wissen auf einen klinischen Fall anwenden.

## INHALT

- Funktionelle Beurteilung der Lendenwirbelsäule
- Beurteilung des lumbalen Bewegungsumfangs
- Kinematische Beurteilung der Lendenwirbelsäule
- Kinematische und kinetische Beurteilung bei täglichen Aktivitäten und Schmerzen im unteren Rückenbereich
- Kraftmessung an der Lendenwirbelsäule
- Wichtige Ideen

# Funktionelle Beurteilung der Lendenwirbelsäule

BEWERTUNGS-FUNKTION	INSTRUMENTAL-TECHNIK	OUTCOMES
<b>MOBILITÄT</b>		
Bewegungsbereich	Bewegungsbereich (°)	Neigungssensoren Elektrogoniometer
Merkmale der Bewegung	Bewegungsbereich (°)	Photogrammetrie Trägheitssysteme
	Winkelbeschleunigung (°/s <sup>2</sup> ) /Geschwindigkeit(°/s)	
	Reaktionskraft/Asymmetrien	Dynamometrische Plattform
<b>FORCE</b>		
	Reproduzierbarkeit	
Isokinetische Kraft		Dynamometer
	Drehmoment (Nw m)	
Muskelaktivität	Muskelaktivität (Flex-Relax-Phänomen)	Oberflächen-Elektromyographie

## Beurteilung des lumbalen Bewegungsumfangs

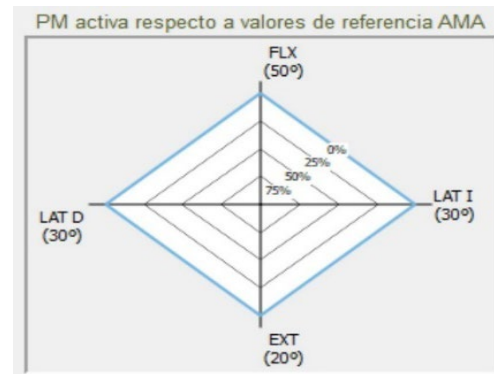
	Pos. Neutra (D12/SACRO)	Pos. Flexión (D12/SACRO)	Pos. Extensión (D12/SACRO)	Flexión	Criterio AMA	Extensión	Criterio AMA
1ª	-20.2° / 36.1°	70.3° / 65.4°	-40.5° / 23.5°	61.0°	OK	7.0°	> 5°
2ª	-27.6° / 23.4°	74.8° / 68.5°	-43.4° / 27.6°	57.0°	OK	20.0°	OK
3ª	-24.3° / 25.1°	74.2° / 69.3°	-41.7° / 28.4°	54.0°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



**Elektronisches duales Inklinometriesystem, das an den entsprechenden knöchernen Vorsprüngen (T12-Sakrum) platziert wird, um den maximalen Gelenkbereich bei der Flexions-Extensionsbewegung der Lendenwirbelsäule zu beurteilen.**

**OUTCOMES: Bewegungsumfang (°) und Mobilitätsverlust (ML)**

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



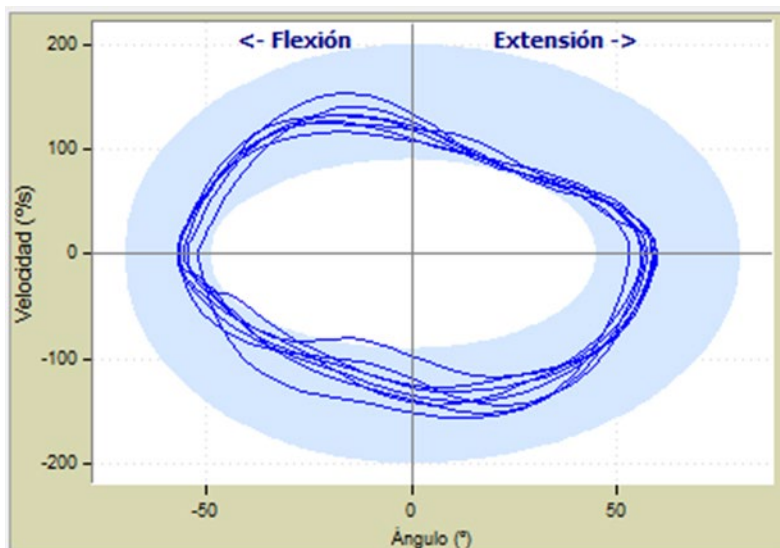
## Kinematische Beurteilung der Lendenwirbelsäule

**MESSGERÄTE:** Photogrammetrie, Inertialsysteme.

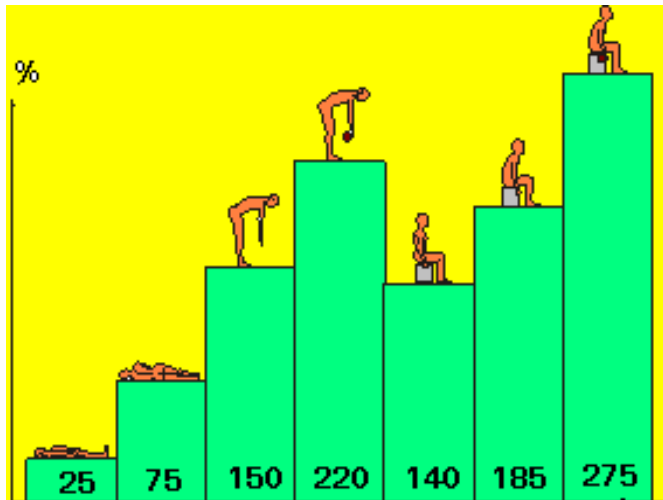
**ART DER ANALYSE:** Kinematisch.

**GRAFIK:** Winkelgeschwindigkeit ( $^{\circ}/s$ ) der Lendenwirbelsäule versus Flexions-Extensions-Bewegungsbereich ( $^{\circ}$ ). Das blaue Band stellt die normalen Referenzwerte für Geschwindigkeit und Bewegungsbereich dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Bewegung der Lendenwirbelsäule in der Sagittalebene mit normaler Geschwindigkeit und Bereich innerhalb der Referenzwerte.



## Kinematische und kinetische Beurteilung bei täglichen Aktivitäten



Grafischer Vergleich der intradiskalen Drücke an L3-L4 bei verschiedenen Aktivitäten (Bild: Nachemson, A. L. (1976). Die Lendenwirbelsäule eine orthopädische Herausforderung. *spine*, 1(1), 59-71)

Bei Menschen mit Schmerzen im unteren Rückenbereich sind Aktivitäten wie das Beugen des Rumpfes oder das Heben von Gewichten mit einem signifikanten Anstieg des intradiskalen Drucks und somit mit Schmerzen verbunden.

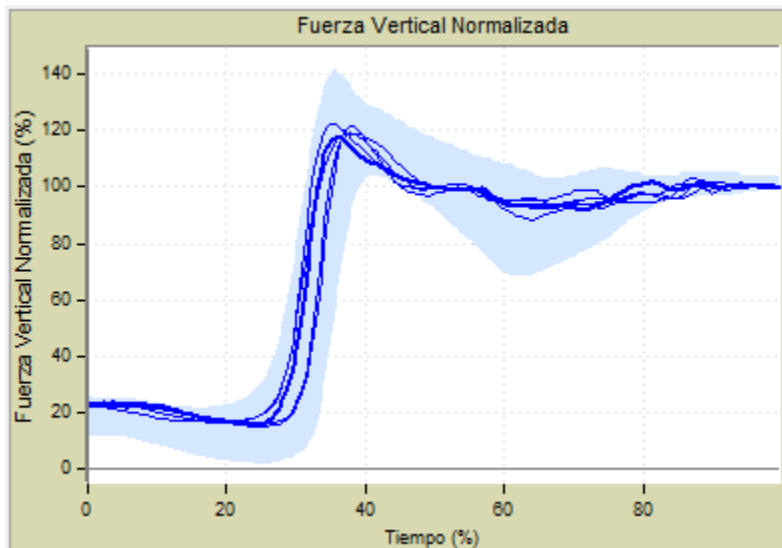
Durch die biomechanische Analyse dieser Aktivitäten können diese genauer definiert werden, um Bewegungsstörungen zu erkennen, die mit einer Pathologie oder einer funktionellen Veränderung der Wirbelsäule verbunden sein können.

# Kinematische und kinetische Beurteilung bei täglichen Aktivitäten

**MESSGERÄTE:** Dynamometrische Plattform.

**ART DER ANALYSE:** Kinetisch.

**Aktivität: Aufstehen von einem Stuhl**



**GRAFIK:** Sie stellt die verschiedenen aufgezeichneten Wiederholungen der **Reaktionskraft** während der Sitz-Steh-Bewegung dar. Das blaue Band stellt das normale Kraftmuster bei dieser Bewegung dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Wiederholbares und normales Reaktionskraftmuster, d. h. ausreichender Schwung zur Durchführung der Sitz-Steh-Bewegung (Kraft und Koordination von Rumpf und unteren Gliedmaßen).



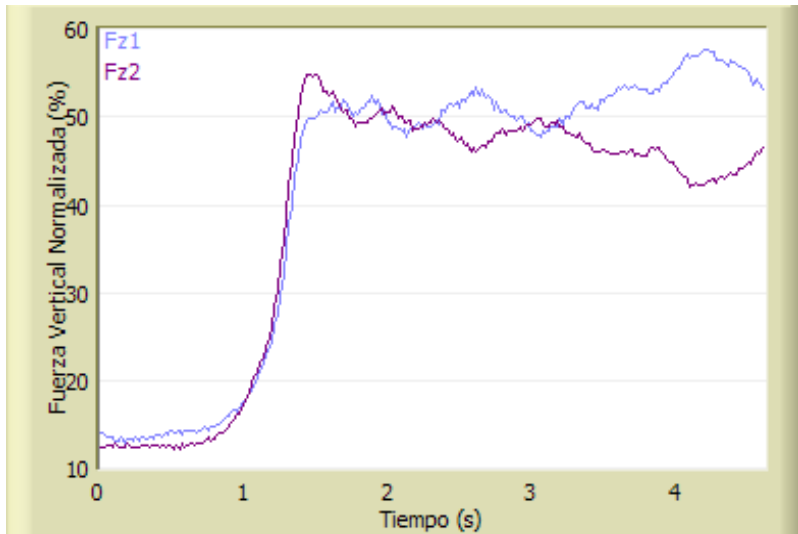
# Kinematische und kinetische Beurteilung bei täglichen Aktivitäten

**MESSGERÄTE:** 2 dynamometrische Plattformen.

**Aktivität:** Aufstehen von einem Stuhl  
**KRAFT-ASYMMETRIE**

**GRAFIK:** Sie stellt die Reaktionskraft dar, die von jeder unteren Extremität während der Sitz-Steh-Bewegung erzeugt wird.

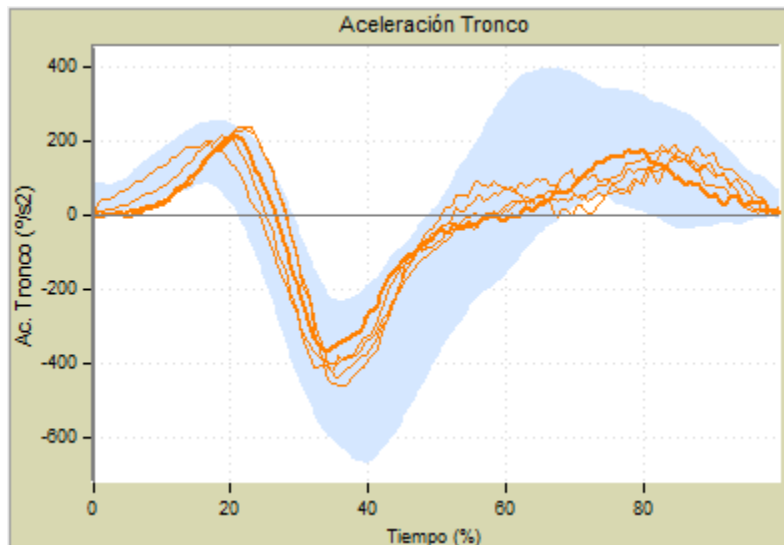
**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Symmetrisches Kraftmuster. Gleiche Gewichtsbelastung beider unterer Gliedmaßen bei der Ausführung der Sitz-Steh-Bewegung.



# Kinematische und kinetische Beurteilung bei täglichen Aktivitäten

**MESSEINRICHTUNG:** Photogrammetrie oder Inertialsystem.

**Aktivität: Aufstehen von einem Stuhl** **ART DER ANALYSE :** Kinematisch.



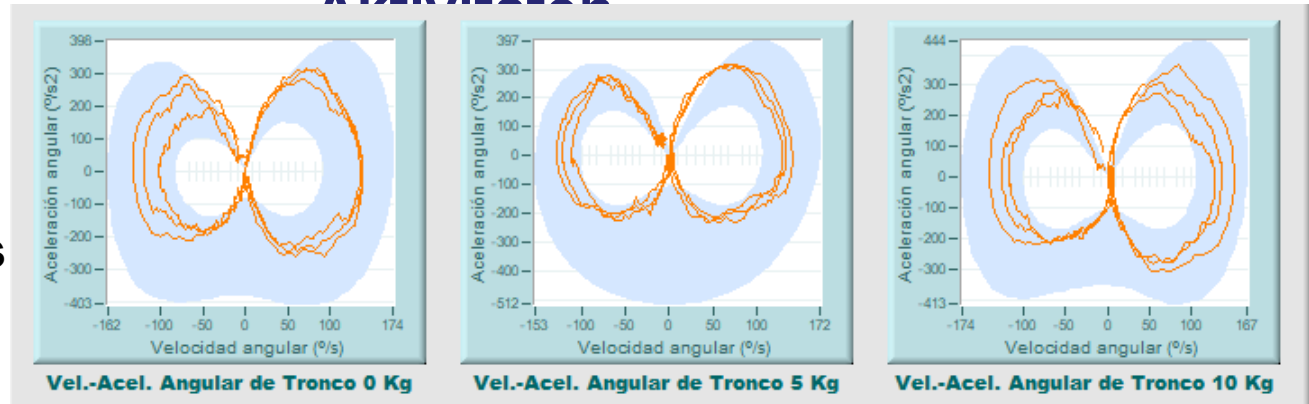
**GRAFIK:** Sie stellt die Winkelbeschleunigung der Wirbelsäule ( $^{\circ}/s^2$ ) in verschiedenen aufgezeichneten Wiederholungen der Sitz-Steh-Aktivität dar. Das blaue Band stellt das normale Muster der Beschleunigung bei dieser Aktivität dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Normale Winkelbeschleunigung der Wirbelsäule, die Geschwindigkeit und Effektivität in der ausgeführten Bewegung beinhaltet.

# Kinematische und kinetische Beurteilung bei täglichen

## Aktivitäten

**Aktivität:**  
**Heben eines Gewichts**



**MESSEINRICHTUNG:** Photogrammetrie oder Inertialsystem.

**ART DER ANALYSE:** Kinematisch.

**GRAFIK:** Sie stellt die Winkelbeschleunigung des Rumpfes gegenüber seiner Winkelgeschwindigkeit in verschiedenen aufgezeichneten Wiederholungen der Bewegung des Hebens eines Gewichts dar. Das Ergebnis ist für die drei ansteigenden Gewichte dargestellt. Das blaue Band stellt das normale Muster von Beschleunigung und Geschwindigkeit bei dieser Bewegung dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Die Winkelgeschwindigkeit und die Beschleunigung des Rumpfes sind bei allen angehobenen Gewichten normal, was eine gute Beweglichkeit und Geschwindigkeit in der ausgeführten Bewegung impliziert. Die Bewegung wird nicht schlechter, wenn das gehobene Gewicht erhöht wird.

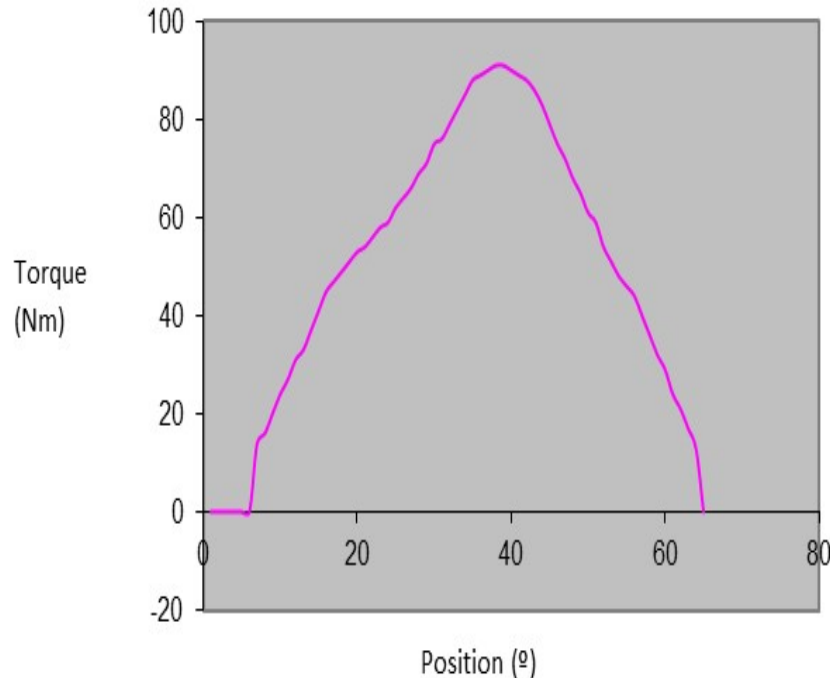
## Kraftmessung an der Lendenwirbelsäule

**MESSGERÄTE:** Isokinetisches Dynamometer.

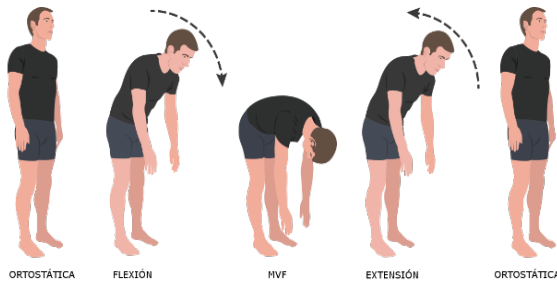
**ART DER ANALYSE:** Physiologisch (Stärke).

**GRAFIK:** Kurve des konzentrischen isokinetischen Moments der Torsion. Die vertikale Achse spiegelt den Betrag der vom Muskel erzeugten Kraft wider, die horizontale Achse den Bewegungsbereich, in dem die Bewertung durchgeführt wird.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Eine hohe Steigung sowohl am Anfang als auch am Ende der Kurve deutet darauf hin, dass die Testperson Kraft erzeugen und aufhören kann, sie zu erzeugen. Für eine genauere Interpretation hängt die maximale Spitze, die sie erreicht, von den maximalen Kraftwerten ab, mit denen wir vergleichen.



## Kraftmessung an der Lendenwirbelsäule

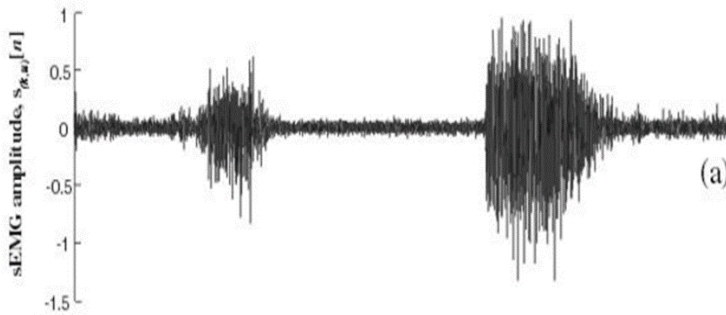


**MESSGERÄTE:** Oberflächen-Elektromyographie.

**ART DER ANALYSE:** Physiologisch.

**GRAFIK:** Sie stellt die Muskelaktivität während eines Lendenwirbelsäulen-Flexions-Extensionstests dar.

**INTERPRETATION DER ERGEBNISSE:** Die Aktivität der lumbalen paraspinalen Muskeln nimmt im Verhältnis zum Beginn der Rumpfbeugung und -streckung ab, was mit dem Flexions-Relaxations-Phänomen vereinbar ist.



## Beispiel für die Ergebnisse



[Dieses Foto](#)

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

Nachfolgend werden die Ergebnisse eines Falles nach Durchführung einer Funktionsprüfung der Lendenwirbelsäule besprochen. Dieser Test analysiert **kinetisch und kinematisch** die Bewegung der Lendenwirbelsäule bei einfachen Aktivitäten, um abnormale oder nicht-funktionelle Bewegungen sekundär zu lumbalen Schmerzen zu erkennen.

Das NEDLUMBAR/IBV-Bewertungssystem wurde zusammen mit Photogrammetrie und zwei kraftdynamometrischen Plattformen als Aufzeichnungstechniken verwendet.

Zur Durchführung der Bewertung vergleicht dieses System die erzielten Ergebnisse mit denen einer Gruppe von Probanden, deren Merkmale mit denen des Patienten vergleichbar waren (Datenbanken bestehend aus normalen und pathologischen Patienten, segmentiert nach Alter und Geschlecht).

Das Beurteilungsprotokoll ist standardisiert und umfasst zwei Aktivitäten:

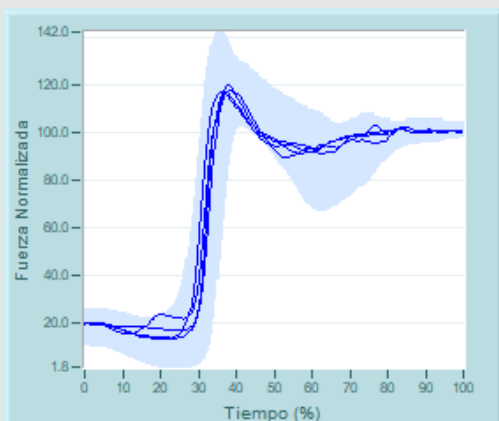
Aktivität des **Aufstehens von einem Stuhl.**

Aktivität des **Hebens von Gewichten.**

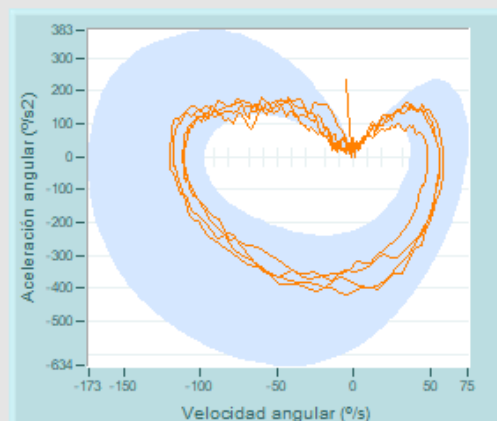
Die erhaltenen Ergebnisse liefern biomechanische Informationen über das ausgeführte Bewegungsmuster, wie z.B. Kraft, Beweglichkeit, Beschleunigung und Wiederholbarkeit der Bewegung.

Am Ende wird die Untersuchung der Aktivität in einem Funktionsindex zusammengefasst. Ist das Ergebnis dieses Indexes größer als 90 %, liegt die Fähigkeit der untersuchten Person, die Aktivität auszuführen, im normalen Bereich.

## Aktivität: Aufstehen von einem Stuhl



Fuerza Vertical Normalizada



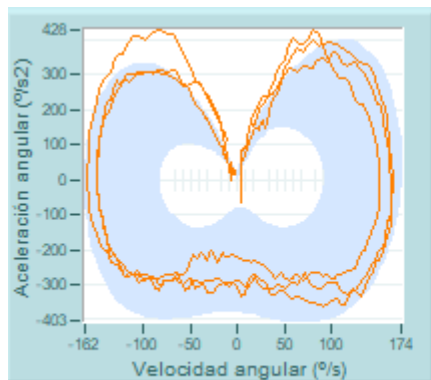
Velocidad-Aceleración Angular Tronco

**Valoración Global 98%**

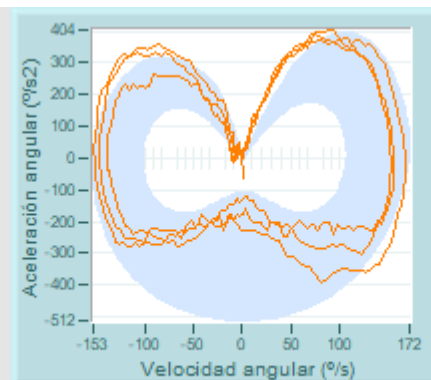
Tiempo total (s)	2.8	97%
Fase Inclinación (%)	29.3	100%
Fase Descarga (%)	4.1	100%
Fase Levantamiento (%)	66.5	95%
Fuerza Vertical Mínima (%)	14.9	90%
Fuerza Vertical Máxima (%)	117.8	100%
Asimetría de Fuerzas (%)	1.6	100%
Mayor Apoyo	IZQUIERDA	
Movilidad Lumbar (°)	23.9	81%
Inclinación Torácica (°)	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%



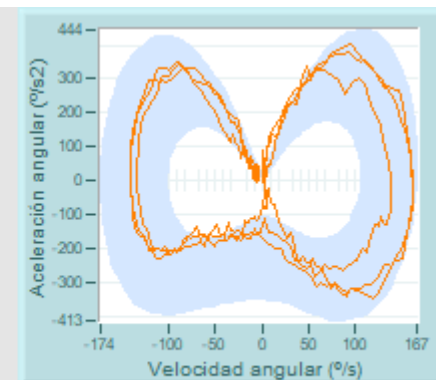
## Aktivität: Heben eines Gewichts



Vel.-Acel. Angular de Tronco 0 Kg



Vel.-Acel. Angular de Tronco 5 Kg



Vel.-Acel. Angular de Tronco 10 Kg

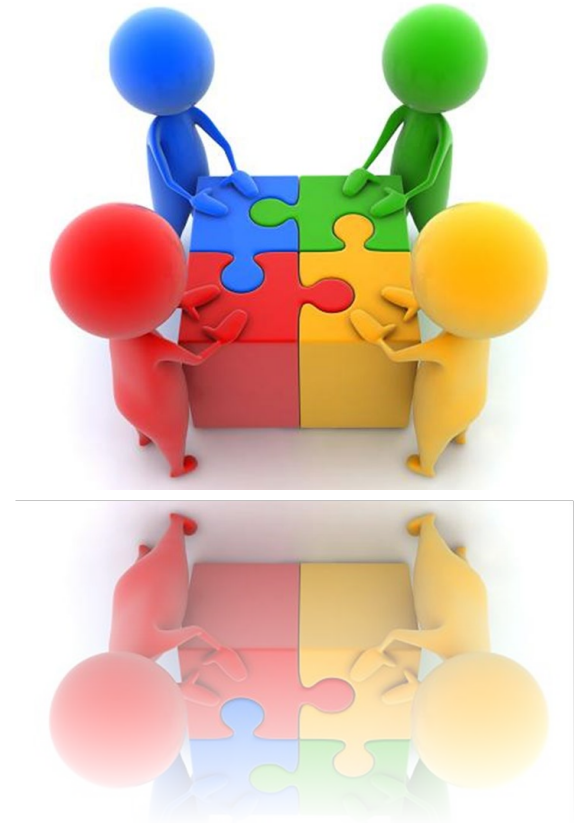
	0 Kg	5 Kg	10 Kg
Tiempo total (s)	1.5 <b>100%</b>	1.8 <b>98%</b>	1.9 <b>100%</b>
Fuerza Vertical Máxima (%)	131.9 <b>100%</b>	132.0 <b>100%</b>	132.0 <b>100%</b>
Asimetría de Fuerzas (%)	8.6 <b>100%</b>	7.7 <b>100%</b>	3.0 <b>100%</b>
Mayor Apoyo	DERECHA	DERECHA	DERECHA
Movilidad Lumbar (°)	40.0 <b>100%</b>	39.7 <b>100%</b>	42.2 <b>100%</b>
Inclinación Torácica (°)	67.8 <b>100%</b>	64.5 <b>100%</b>	72.8 <b>100%</b>
Rotación Torácica (°)	7.2 <b>94%</b>	7.8 <b>80%</b>	10.4 <b>62%</b>
Vel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s)	159.6 <b>100%</b>	158.6 <b>100%</b>	154.7 <b>100%</b>
Acel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s <sup>2</sup> )	390.8 <b>100%</b>	388.3 <b>100%</b>	372.4 <b>100%</b>
Vel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s)	-152.3 <b>100%</b>	-145.7 <b>100%</b>	-139.9 <b>100%</b>
Acel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s <sup>2</sup> )	-308.9 <b>100%</b>	-271.7 <b>100%</b>	-220.1 <b>100%</b>
Repetibilidad	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>



Valoración Global **91%**

## Aktivität der Klasse

Arbeiten an einem klinischen Fall  
(Dokument)



## Leitfaden für Fragen

Waren die erhaltenen Datensätze gültig in Bezug auf die Wiederholbarkeit?

War ein gültiger Straight Leg Raising Test notwendig?

Wie groß war der maximale Bereich, der für jede Bewegung aufgezeichnet wurde?

Wird die für jede Achse erfasste Beweglichkeit als normal angesehen?

Welche Werte wurden als Referenz für die Normalität genommen?

Was ist die am stärksten eingeschränkte Bewegung bzw. mit dem größten Verlust an Beweglichkeit? Und die am wenigsten eingeschränkte Bewegung?

Wird der Verlust der Mobilität signifikant erfasst?

Wurden wichtige Asymmetrien in der Lateralität der Bewegungen gefunden?

## Gehäuse-Lösung

Waren die erhaltenen Aufzeichnungen gültig in Bezug auf die Wiederholbarkeit?

Ja, sie erfüllen die Validitätskriterien der AMA; es werden drei aufeinanderfolgende Wiederholungen erhalten, deren maximaler Flexions- und Extensionswert innerhalb von  $5^\circ$  vom Mittelwert liegt.

War ein gültiger Straight Leg Raising Test notwendig? Nein, da die von den Inklinometern am Kreuzbein erfasste Flexions-Extensions-Mobilität größer als  $55^\circ$  war.

Wie groß war der maximale Bereich, der für jede Bewegung aufgezeichnet wurde?  
Flexion:  $25^\circ$  Extension:  $5^\circ$  Linke seitliche Flexion:  $23^\circ$  Rechte seitliche Flexion:  $22^\circ$

Wird die für jede Achse aufgezeichnete Beweglichkeit als normal angesehen?  
Nein, denn es besteht ein erheblicher Verlust an Beweglichkeit in Bezug auf die Werte, die als Referenz genommen wurden. Zum Beispiel gibt es einen Mobilitätsverlust von 75% für die Extension und 50% für die Flexion.

## Gehäuse-Lösung

Welche Werte wurden als Referenz für die Normalität genommen?

Die Mobilitätswerte der American Medical Association.

Was ist die am stärksten eingeschränkte Bewegung bzw. mit dem größten Verlust an Beweglichkeit? Und die am wenigsten eingeschränkte Bewegung?

Die am stärksten eingeschränkte Bewegung war die Extension mit 75 % des Mobilitätsverlustes. Die am wenigsten eingeschränkte Bewegung war die linke Lateralflexion, mit 22 % Mobilitätsverlust.

Wird der Verlust der Mobilität signifikant erfasst?

Es war im Fall von Flexion/Extension.

Wurden wichtige Asymmetrien in der Lateralität der Bewegungen gefunden?

Nein. Asymmetrie in der Lateralität kann nur bei lateralen Beugungen beobachtet werden, und der Unterschied beträgt nur 1°.

## Wichtige Ideen

- Die Mobilität verändert sich mit dem Alter, der Bewegungsumfang nimmt mit zunehmendem Alter ab. Es ist wichtig, die Werte zu vergleichen, die mit den gleichen Protokollen und Messgeräten ermittelt wurden.
- Um den Bewegungsumfang der Wirbelsäule genauer zu messen, empfiehlt die American Medical Association (AMA) die Verwendung von Inklinometern als genaue Methode zur Abschätzung der wahren Wirbelsäulenbewegung.
- Schmerzen im unteren Rückenbereich führen zu Einschränkungen bei der Ausführung häufiger und gängiger Aktivitäten des täglichen Lebens, wie z. B. beim Sitzen und Aufstehen von einem Stuhl oder beim Heben und Hantieren mit Gewichten sowohl bei häuslichen als auch bei beruflichen Aufgaben. Die kinematische und kinetische Analyse dieser Bewegungen ermöglicht es uns, sie durch die Analyse des Bewegungsumfangs (ROM), der Winkelbeschleunigung und Geschwindigkeit, mit der die Bewegung ausgeführt wird, und anderer Parameter wie der Reaktionskraft und der Wiederholbarkeit der Bewegung genauer zu definieren.
- Es gibt Systeme zur Messung der Kraft der paravertebralen Muskeln. Isokinetische Systeme, die die Winkelgeschwindigkeit der Bewegung über den gesamten gewählten Bewegungsbereich konstant halten, sind eines der am häufigsten verwendeten.
- Die Aktivität der Rumpfmuskulatur kann indirekt mit Hilfe der Elektromyographie abgeschätzt werden. Aus diesem Grund ist das Oberflächen-EMG eine häufig verwendete Technik zur Beurteilung des Lendenbereichs, speziell zur Analyse des Muskelverhaltens bei Bewegungen wie Rumpfbeugung/-streckung. Bei lumbalen Pathologien wird eine Analyse der myoelektrischen Stille durchgeführt.



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

