

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.5. Wie interpretiere ich einen Bericht über eine biomechanische instrumentelle Analyse in einem Fall von Wirbelsäulenpathologie?

## ZIELE

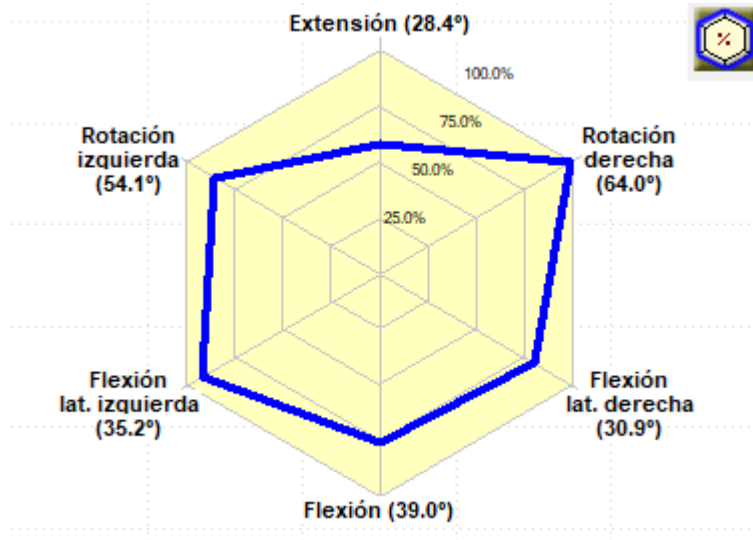
- Lernen, wie man die Ergebnisse einer zervikalen kinematischen Beurteilung in einer pathologischen Population interpretiert.
- Erlernen der Interpretation der Ergebnisse einer Beurteilung der zervikalen Muskelkraft in einer pathologischen Population.
- Lernen, wie die Ergebnisse einer lumbalen kinematischen Beurteilung in einer pathologischen Population zu interpretieren sind.
- Um zu lernen, wie die Ergebnisse der Beurteilung der Lendenkraft in einer pathologischen Population zu interpretieren sind.
- Die Ergebnisse der zervikalen und/oder lumbalen biomechanischen Beurteilung anhand klinischer Fälle zu diskutieren.

# INHALT

- Pathologische Ergebnisse einer Untersuchung der Halswirbelsäule
- Pathologische Ergebnisse einer Lendenwirbelsäulenuntersuchung
- Zervikale biomechanische Beurteilung. Klinischer Fall
- Lumbale biomechanische Beurteilung. Klinischer Fall
- Wichtige Ideen

## Beurteilung des zervikalen Bewegungsumfangs

### Bewegungsumfang der Halswirbelsäule



**MESSGERÄTE:** Photogrammetriesystem oder Neigungsmesser.

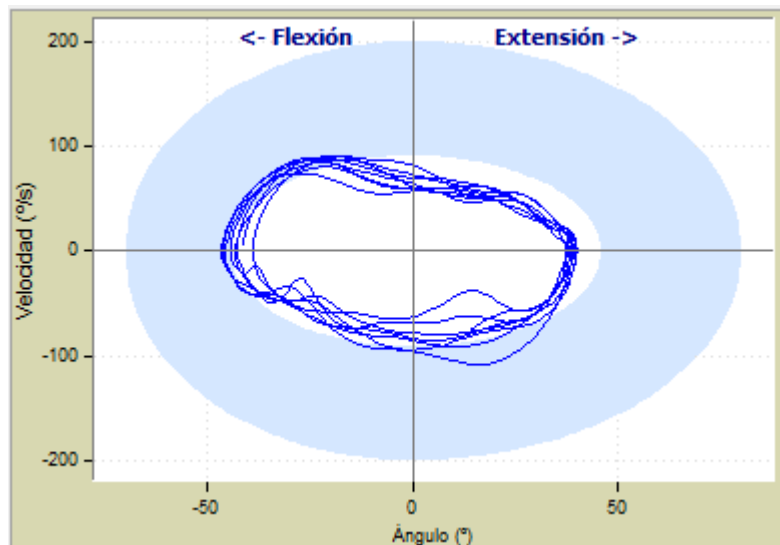
**ART DER ANALYSE:** Kinematisch.

**GRAFIK:** Bewegungsumfang der Halswirbelsäule in den drei Ebenen. Der äußere Rand der Grafik stellt die Normalitätszone dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Eingeschränkte Mobilität (°) der Halswirbelsäule in verschiedenen Bewegungsachsen. Besonders auffällig ist die Begrenzung der Flexion-Extension, gefolgt von der Linksrotation, bei der auch eine deutliche Asymmetrie gegenüber der Rechtsrotation besteht.

## Kinematische Beurteilung der Halswirbelsäule

### Beweglichkeit der Halswirbelsäule



**MESSGERÄTE:** Photogrammetrie-System.

**ART DER ANALYSE:** Kinematisch.

**GRAFIK:** Winkelgeschwindigkeit (°/s) der Halswirbelsäule gegenüber dem Bereich der Flexions-Extensionsbewegung (°).

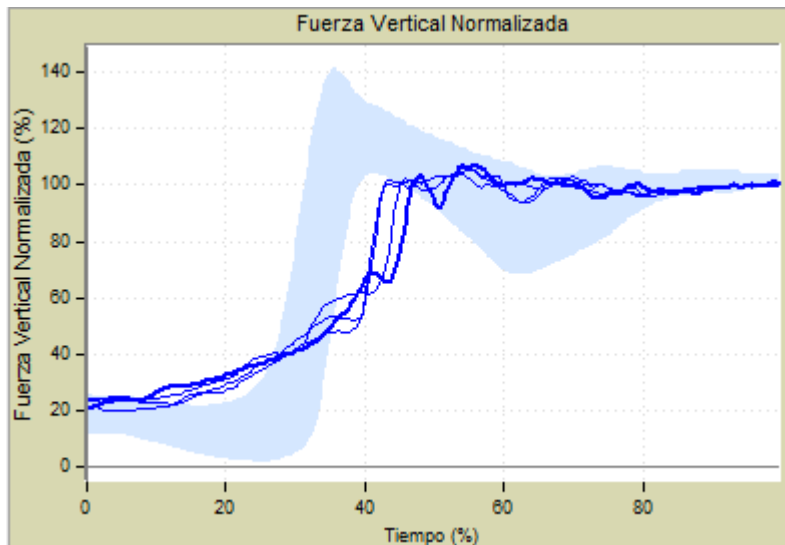
**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Langsame Bewegung mit Einschränkung der Halswirbelsäulen-Extension, während die Flexion nahe an den Normalitätsgrenzen liegt.

## Funktionelle Beurteilung der Lendenwirbelsäule

**MESSMITTEL:** Dynamometrische Plattform

**ART DER ANALYSE:** Kinetisch.

### Aktivität: Aufstehen von einem Stuhl

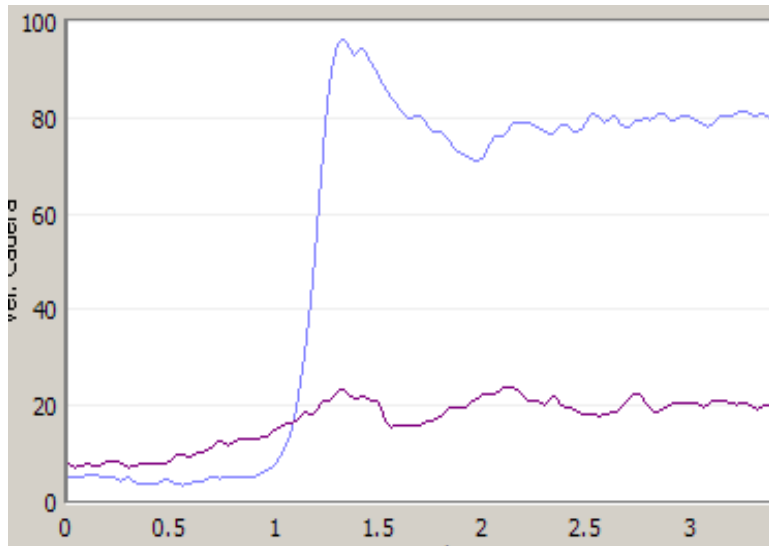


**GRAFIK:** Sie stellt die verschiedenen aufgezeichneten Wiederholungen der Reaktionskraft während der Sitz-Steh-Bewegung dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Wiederholbarer, aber veränderter Kraftverlauf. Die Steigung der Kurve ist horizontal, wobei die maximale Spitze der Kurve niedriger und zeitlich verzögert ist. Dies bedeutet, dass der erzeugte Schwung nicht ausreicht, um aufzustehen, was mit Schmerzen, Kraftdefizit oder mangelnder Koordination verbunden sein kann.

## Funktionelle Beurteilung der Lendenwirbelsäule

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



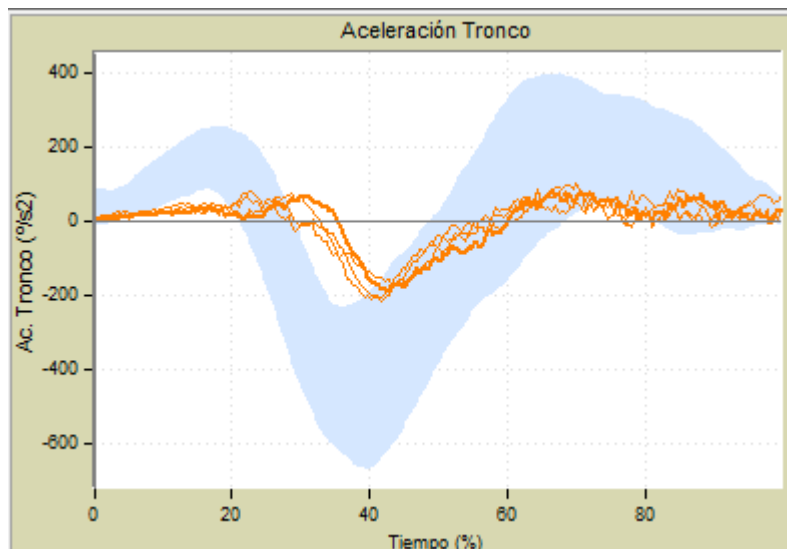
**MESSMITTEL:** Dynamometrische Plattform  
**ART DER ANALYSE:** Kinetisch.

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

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Asymmetrisches Kraftmuster. Erhöhte Gewichtsbelastung der unteren rechten Extremität während des Aufstehens, was eine asymmetrische Bewegung impliziert.

## Funktionelle Beurteilung der Lendenwirbelsäule

### Aktivität: Aufstehen von einem Stuhl



**MESSGERÄTE** Photogrammetrie, Inertialsysteme.

**ART DER ANALYSE:** Kinematisch.

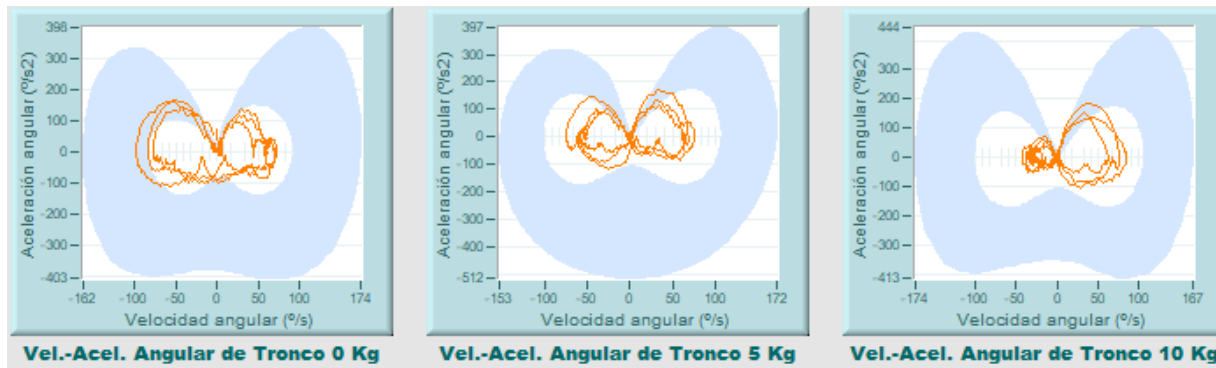
**GRAFIK:** Sie stellt die Winkelbeschleunigung des Rumpfes in verschiedenen aufgezeichneten Wiederholungen der Sitz-Steh-Bewegung dar.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Niedrige Beschleunigungen, was eine langsame Rumpfbewegung bei der Ausführung der Bewegung impliziert.



# Funktionelle Beurteilung der Lendenwirbelsäule

## Aktivität: Heben eines Gewichts



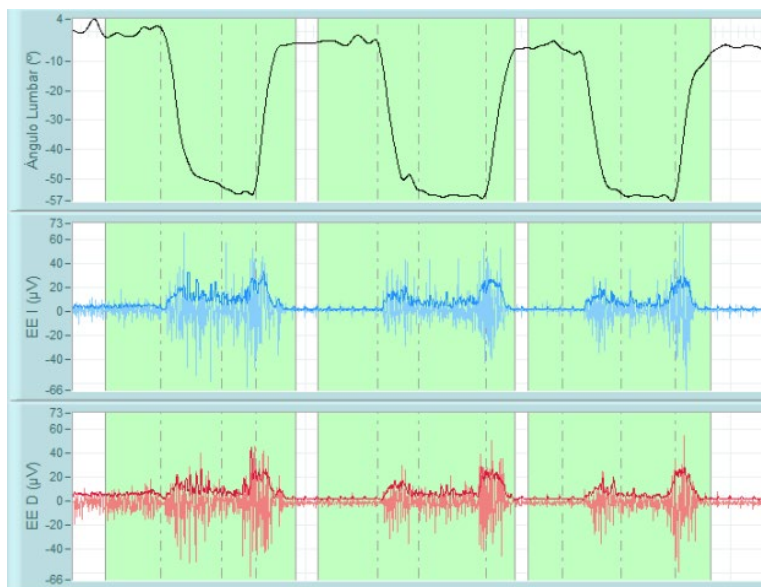
**MESSGERÄTE:** Photogrammetrie, Inertialsysteme.

**ART DER ANALYSE:** Kinematisch.

**GRAFIK:** Sie stellt die Winkelbeschleunigung des Rumpfes gegen seine Winkelgeschwindigkeit in verschiedenen aufgezeichneten Wiederholungen der Bewegung des Hebens eines Gewichts dar. Das Ergebnis wird für steigende Gewichte dargestellt.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Geringe Beschleunigung und Geschwindigkeit bei allen Bewegungen, die eine langsame Rumpfbewegung beinhalten. Langsamere Bewegungen werden beobachtet, wenn das Gewicht zunimmt, daher wird die Bewegung schlechter, wenn die gehandhabte Last zunimmt.

## Bewertung des Flexions-Relaxations-Phänomens



**MESSGERÄTE:** Oberflächen-Elektromyographie (sEMG).

**GRAFIK:** Kinematische und EMG-Ergebnisse während des Flexions-Relaxations-Tests der Lendenwirbelsäule.

**INTERPRETATION DES ERGEBNISSES:** Bei maximaler Wirbelsäulenflexion wird keine myoelektrische Stille beobachtet.

## Beispielergebnis



[Dieses Foto](#)

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

## Zervikaler klinischer Fall

30-jährige Patientin.

Sie arbeitet als Sachbearbeiterin.

Sie hatte vor 2 Wochen einen Auffahrunfall.

Schmerzen in der Halswirbelsäule.

Behandlung: zervikale Ruhigstellung und Analgetika.

Nach Aufhebung der Ruhigstellung (eine Woche nach dem Unfall) berichtet die Patientin über eingeschränkte Mobilität aufgrund von Schmerzen.

Sie wird in das Biomechanik-Labor überwiesen, um die zervikale Mobilität zu beurteilen und eine Rehabilitationsbehandlung zu verordnen.

Bei der **körperlichen Untersuchung** fällt vor allem die eingeschränkte aktive Beweglichkeit in den letzten Graden aller Bewegungen auf, bei erhaltener passiver Beweglichkeit, die jedoch schmerzhaft ist. Bei der Palpation: symmetrischer Muskeltonus mit schmerzhaften Punkten in der linken Schläfenregion und im rechten Trapezium.

Die Ergebnisse der in einem Fall durchgeführten funktionellen Beurteilung der Halswirbelsäule werden im Folgenden besprochen. Dieser Test analysiert **kinematisch** die Bewegung der Halswirbelsäule bei einfachen Aktivitäten, um abnormale oder nicht-funktionelle Bewegungen sekundär zu Halswirbelsäulenschmerzen zu erkennen.

Es wurde das NEDCERVICAL/IBV-Beurteilungsgerät verwendet und die Aufzeichnungstechnik war Photogrammetrie.

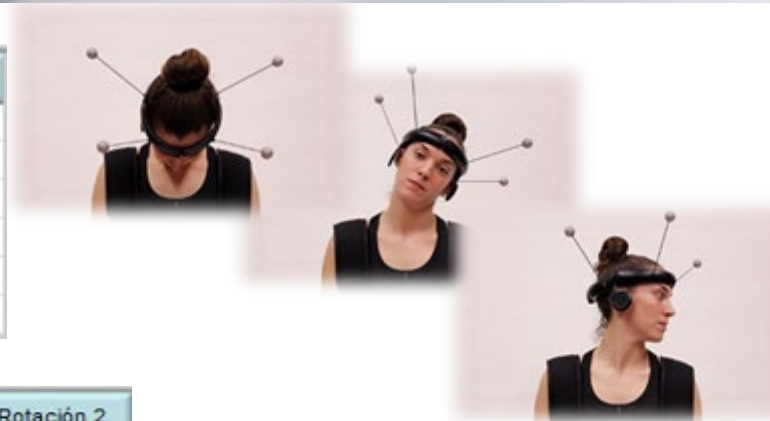
Zur Durchführung der Beurteilung vergleicht das System die erhaltenen Parameter mit denen einer Gruppe von Probanden, deren Eigenschaften mit denen des Patienten vergleichbar sind (Datenbanken, die aus normalen und pathologischen Probanden bestehen, segmentiert nach Alter und Geschlecht).

Das Bewertungsprotokoll ist standardisiert und besteht aus zwei Bewegungen:

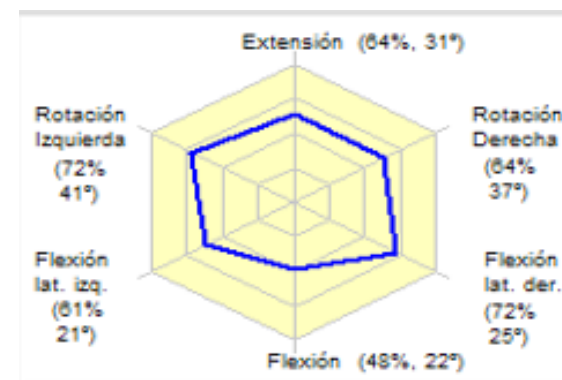
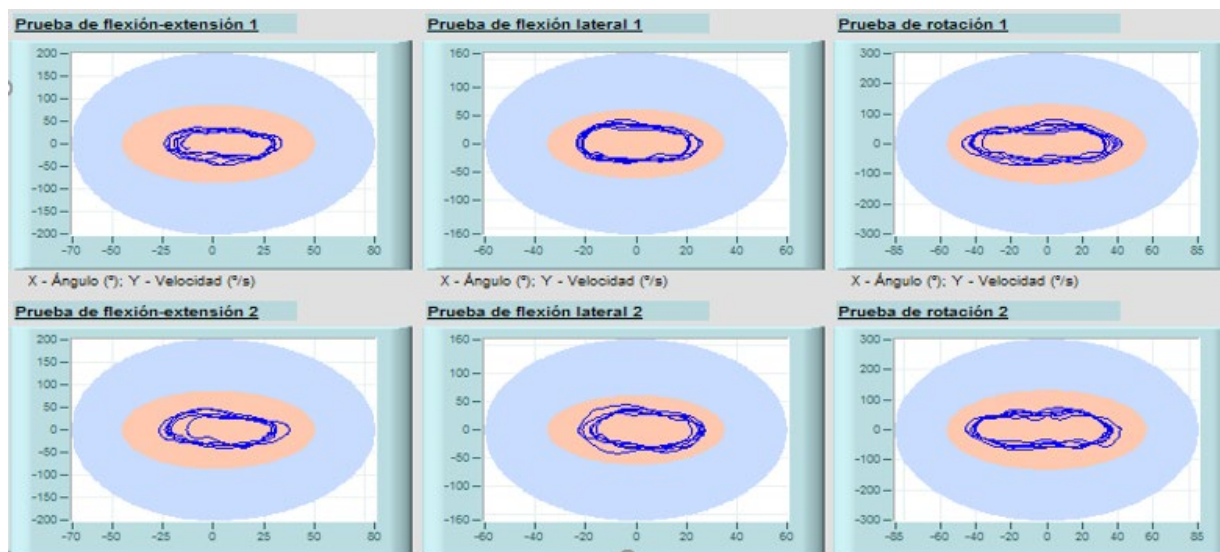
**Limit-Test:** Er analysiert die funktionellen Grenzen der Bewegung in jeder Raumrichtung.

**Funktionstest (oder Lampentest):** er analysiert die Bewegung der Halswirbelsäule, während die Patientin ihren Blick auf die an der Decke angebrachten Lampen richtet.

	Rango	Vel. máx.	Acel. máx.	Armonía	Rep. intraprueba
Flex.-ext. 1	52.1	33.5	28.3	100.0	56.7
Flex.-ext. 2	54.5	37.9	26.8	100.0	57.6
Flex. lat. 1	68.3	48.1	44.9	100.0	81.0
Flex. lat. 2	69.9	46.4	34.8	100.0	62.7
Rotación 1	73.1	45.4	31.1	100.0	50.4
Rotación 2	69.8	45.5	34.3	100.0	59.7



	Flex.-ext. 1	Flex.-ext. 2	Flex. lat.1	Flex. lat. 2	Rotación 1	Rotación 2
Valoración	55.9	57.0	69.3	65.4	64.2	64.8
Rep. interprueba	95.5		89.8		94.1	







Prueba 1 (lámpara 1):



X - Tiempo (s); Y - Ángulo (°)

Flex.-extensión Flex. lateral Rotación

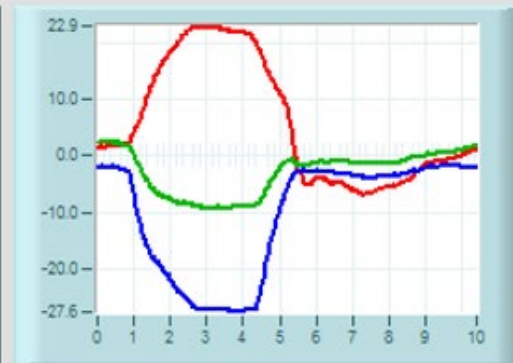
Prueba 2 (lámpara 2):



X - Tiempo (s); Y - Ángulo (°)

Flex.-extensión Flex. lateral Rotación

Prueba 3 (lámpara 3):



X - Tiempo (s); Y - Ángulo (°)

Flex.-extensión Flex. lateral Rotación

	Rango		Velocidad máxima		Aceleración máxima		Valoración
	Flex.-ext.	Rotación	Flex.-ext.	Rotación	Flex.-ext.	Rotación	
Prueba 1 (izq.)	54.0	39.4	39.9	19.8	29.1	18.2	33.4
Prueba 2 (central)	43.1	-	36.8	-	31.9	-	37.3
Prueba 3 (der.)	67.9	56.9	43.2	33.0	32.8	24.7	43.1

### Valoración Final

Índice de Normalidad:  56%

Geändert

Die untersuchte Funktion gilt als normal, wenn der Index der Normalität zwischen 90 und 100 % liegt.

Je niedriger der Index der Normalität ist, desto größer ist der Grad der Funktionsveränderung.



## Lumbaler klinischer Fall

60-jähriger Patient.

Lkw-Fahrer.

Er stürzte vom Lastwagen, was zu einer Keilfraktur von L1 führte.

Er wurde mit einer konservativen Behandlung der Fraktur behandelt.

Die Rückenstütze wurde 3 Monate später entfernt.

Vier Monate nach der Fraktur berichtete er weiterhin über Schmerzen im unteren Rücken, die in die rechte untere Extremität ausstrahlten.

Bei der körperlichen Untersuchung: Schmerzen im unteren Rückenbereich, aber keine Muskelkontraktionen bei der Palpation. Lumbale Flexion ist schmerzhaft. Negative Lasègue und Bragard. Gute Muskelfunktion.

Die durchgeführte MRT zeigt, dass die vordere Keilfraktur des Wirbelkörpers L1 konsolidiert ist und nicht beobachtet werden kann. Es gibt degenerative Anzeichen im Bandscheibenraum von L4-L5 und L5-S1 ohne Beeinträchtigung der beiden Verbindungslöcher.

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 als Folge von Halswirbelsäulenschmerzen zu erkennen.

Es wurde das NEDLUMBAR/IBV-Beurteilungsgerät verwendet und die Aufzeichnungstechnik bestand aus Photogrammetrie und zwei dynamometrischen Plattformen.

Um die Bewertung durchzuführen, vergleicht dieses System die erhaltenen Ergebnisse mit denen einer Gruppe von Probanden, deren Eigenschaften mit denen des Patienten vergleichbar sind (Datenbanken, die aus normalen und pathologischen Patienten bestehen, die nach Alter und Geschlecht segmentiert sind).

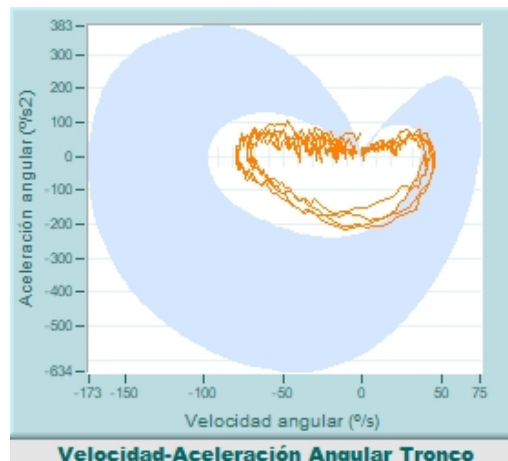
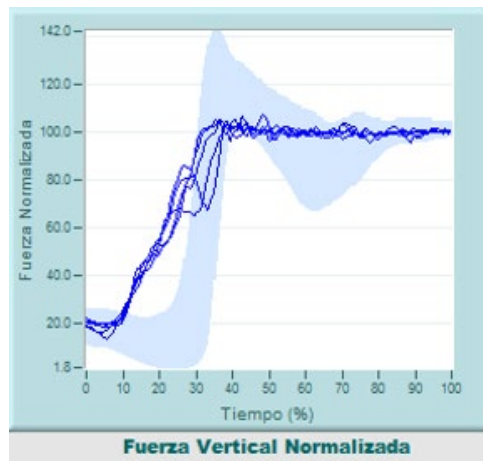
Das Bewertungsprotokoll ist standardisiert und besteht aus zwei Bewegungen:

Aktivität des **Aufstehens von einem Stuhl.**

Aktivität des **Hebens von Gewichten.**

Die erhaltenen Ergebnisse geben Aufschluss über das ausgeführte Bewegungsmuster durch biomechanische Informationen über Kraft, Beweglichkeit, Beschleunigung und Wiederholbarkeit der Bewegung, unter anderem.

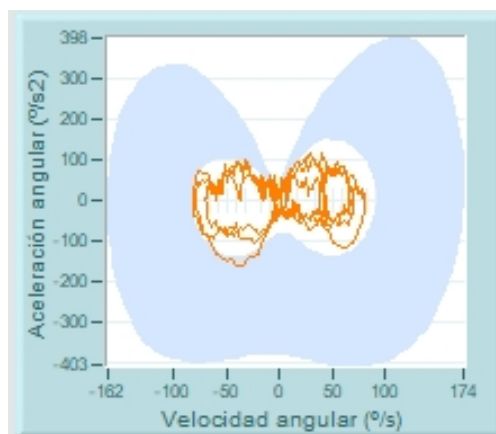
Am Ende wird die Untersuchung der Aktivität in einem Funktionsindex zusammengefasst. Wenn das Ergebnis dieses Index höher als 90 % ist, liegt die Fähigkeit der untersuchten Person, die Aktivität auszuführen, im Bereich der Normalität.



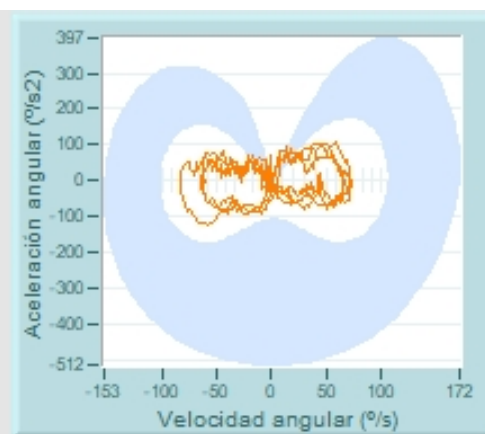
Prueba de Silla

**Valoración Global** 71%

Tiempo total (s)	4.9	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">56%</span>
Fase Inclinación (%)	26.8	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">95%</span>
Fase Descarga (%)	13.1	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">63%</span>
Fase Levantamiento (%)	60.2	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">100%</span>
Fuerza Vertical Mínima (%)	17.9	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">75%</span>
Fuerza Vertical Máxima (%)	110.3	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">96%</span>
Asimetría de Fuerzas (%)	11.5	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">78%</span>
Mayor Apoyo	<b>IZQUIERDA</b>	
Movilidad Lumbar (°)	33.5	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">100%</span>
Inclinación Torácica (°)	43.8	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">77%</span>
Rotación Torácica (°)	7.3	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">83%</span>
Vel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s)	43.5	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">80%</span>
Acel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s <sup>2</sup> )	60.8	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">48%</span>
Vel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s)	-75.9	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">80%</span>
Acel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s <sup>2</sup> )	-188.6	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">65%</span>
Variabilidad	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">100%</span>	
Repetibilidad	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px 10px;">80%</span>	



**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)	3.5 <b>48%</b>	4.3 <b>42%</b>	
Fuerza Vertical Máxima (%)	109.0 <b>45%</b>	114.6 <b>58%</b>	
Asimetría de Fuerzas (%)	3.4 <b>100%</b>	11.5 <b>98%</b>	
Mayor Apoyo	IZQUIERDA	IZQUIERDA	
Movilidad Lumbar (°)	45.3 <b>100%</b>	43.4 <b>100%</b>	
Inclinación Torácica (°)	64.8 <b>100%</b>	66.7 <b>100%</b>	
Rotación Torácica (°)	8.0 <b>85%</b>	8.2 <b>77%</b>	
Vel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s)	72.5 <b>54%</b>	70.1 <b>57%</b>	
Acel. Ang. Máx. Tronco en Flexión (°/s²)	105.5 <b>37%</b>	111.0 <b>45%</b>	
Vel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s)	-76.6 <b>65%</b>	-70.7 <b>63%</b>	
Acel. Ang. Máx. Tronco en Extensión (°/s²)	-117.9 <b>51%</b>	-105.4 <b>52%</b>	
Repetibilidad	<b>100%</b>	<b>82%</b>	

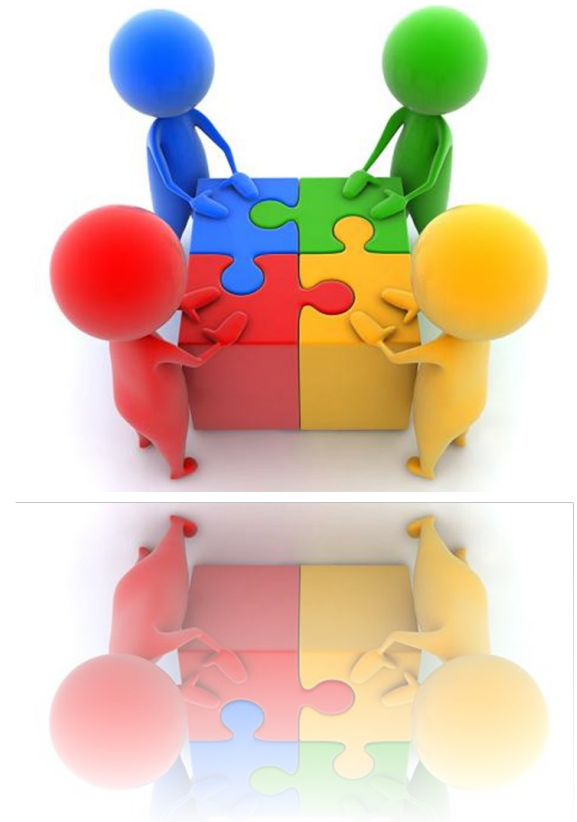


Prueba de Peso

**Valoración Global** **65%**

## Aktivität Klasse

Arbeiten an klinischen Fällen  
(Dokumente)



## Fragenkatalog für den zervikalen Fall

Besteht eine Einschränkung der zervikalen Beweglichkeit?

Welches ist die am meisten eingeschränkte Bewegung?

Führt er schnelle Nackenbeugungs- und -streckungsbewegungen aus?

Gibt es eine Asymmetrie in der Bewegung?

Führt er anhand der Grafik wiederholbare Bewegungen aus?

Gibt es eine Verbesserung in der zweiten Sitzung zur biomechanischen Beurteilung?

## Gehäuse-Lösung

Liegt bei der Erstbeurteilung eine Einschränkung der zervikalen Mobilität vor? **Ja**

Welche ist die am meisten eingeschränkte Bewegung? **Flexion**

Führt er schnelle Nackenflexions-Extensionsbewegungen aus? **Nein.**  
**Sie sind langsam.**

Gibt es eine Asymmetrie in der Bewegung? **Nein**

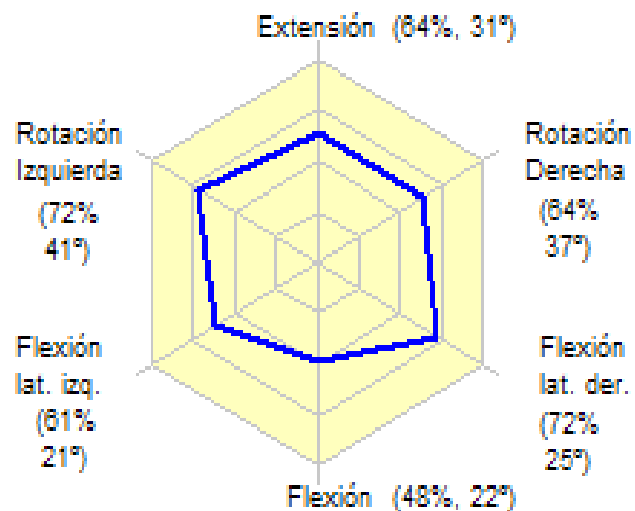
Führt er anhand der Grafik wiederholbare Bewegungen aus? **Zum Beispiel bei Rotationen. Ja**

Gibt es eine Verbesserung in der zweiten biomechanischen Bewertungssitzung? **Ja**



## Lösungen:

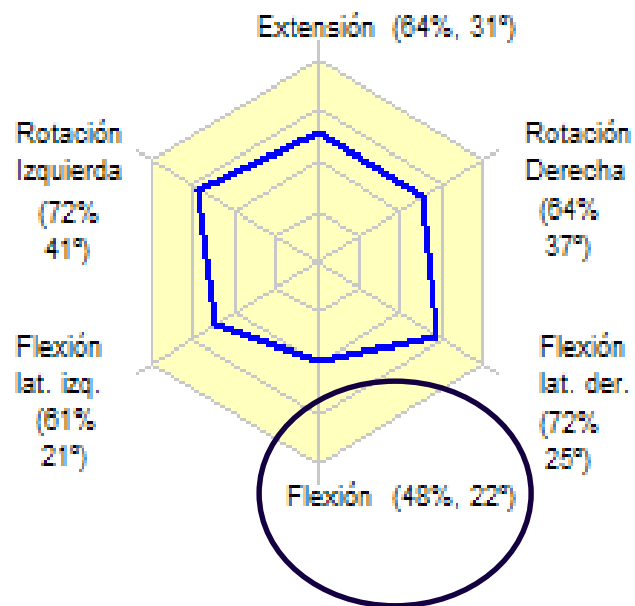
Liegt bei der Erstbeurteilung eine Einschränkung der zervikalen Mobilität vor?





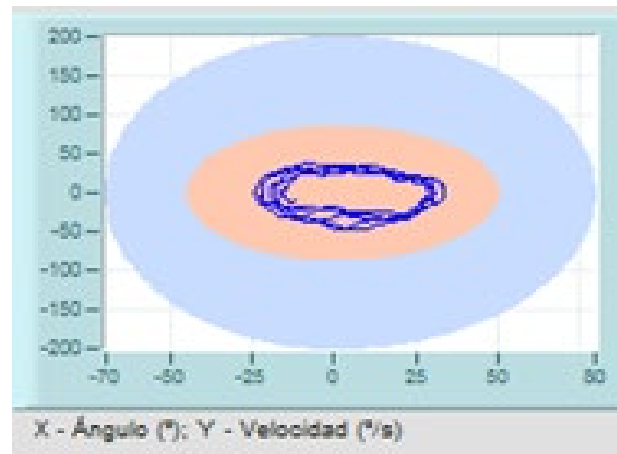
## Lösungen:

Welches ist die am meisten eingeschränkte Bewegung?



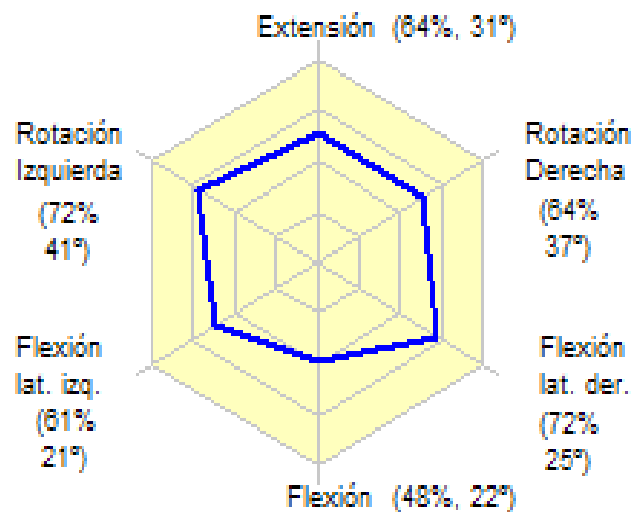
## Lösungen:

Führt er schnelle Nackenbeugungs- und -streckungsbewegungen aus?



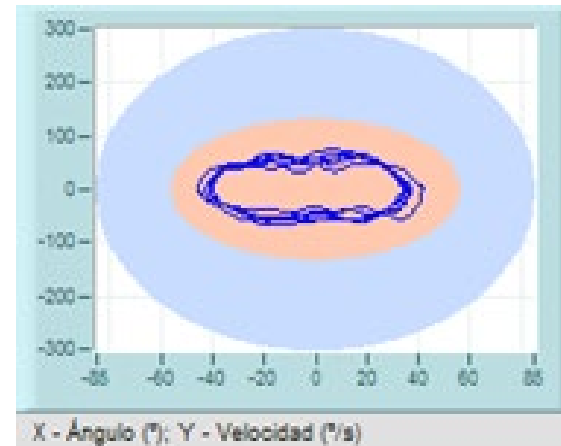
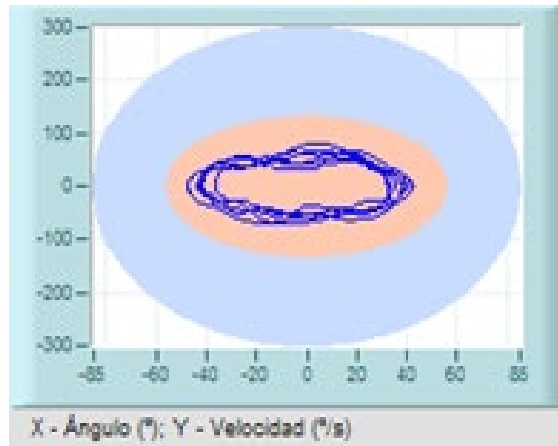
## Lösungen:

Gibt es eine Asymmetrie in der Bewegung?



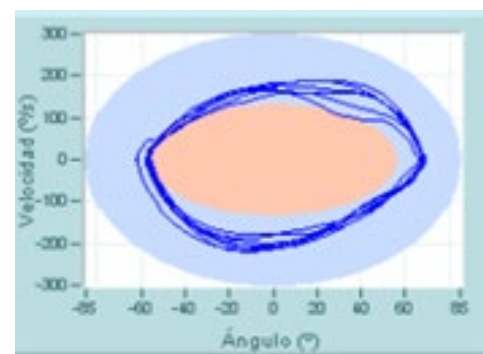
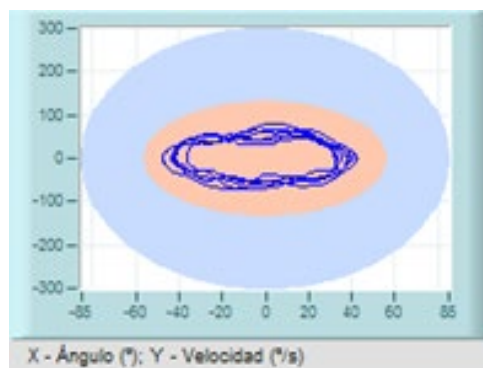
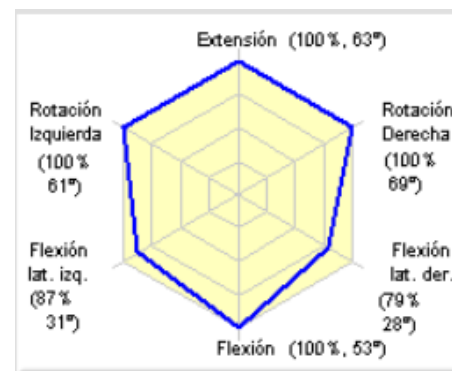
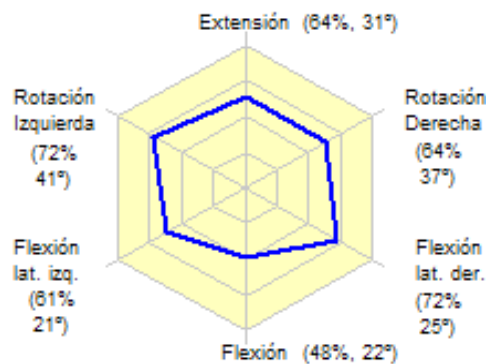
## Lösungen:

Führt er anhand der Grafik wiederholbare Bewegungen aus? Zum Beispiel in Rotationen.



## Lösungen:

Gibt es eine Verbesserung in der zweiten Sitzung zur biomechanischen Beurteilung?



## Fragenkatalog des Lumbalkoffers

Erhöht sich die Zeit, die für die Ausführung der einzelnen Aktivitäten benötigt wird?

Gibt es ein Element in den Graphen des Aufstehens, das Sie mit Schwierigkeiten bei der Ausführung einer solchen Bewegung in Verbindung bringen können? Warum? (Diskutieren Sie mit der Lehrkraft)

Glauben Sie, dass die Geschwindigkeit der Bewegung des Rumpfes schnell ist und einer normalen Bewegung entspricht?

Können Sie bei der Durchführung der Aktivität eine Asymmetrie in der Abstützung feststellen?

Hat sich der Patient im Vergleich zur vorherigen Sitzung verbessert? Warum? (Diskutieren Sie mit der Lehrkraft)

## Gehäuse-Lösung

Erhöht sich der Zeitaufwand für die Durchführung der einzelnen Aktivitäten? **Ja**

Gibt es ein Element in den Graphen des Aufstehens, das Sie mit Schwierigkeiten bei der Ausführung einer solchen Bewegung in Verbindung bringen können? Warum? (Diskutieren Sie mit der Lehrkraft) **Ja**

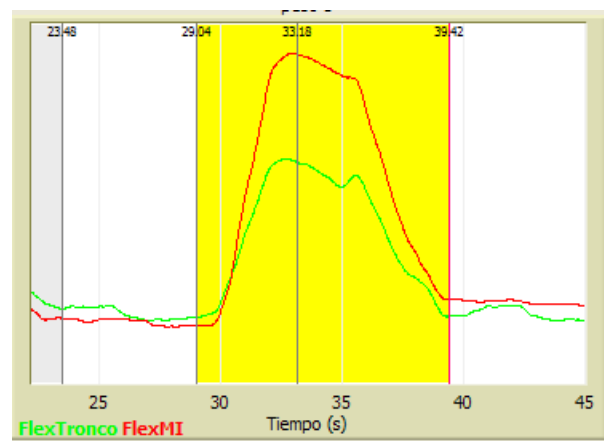
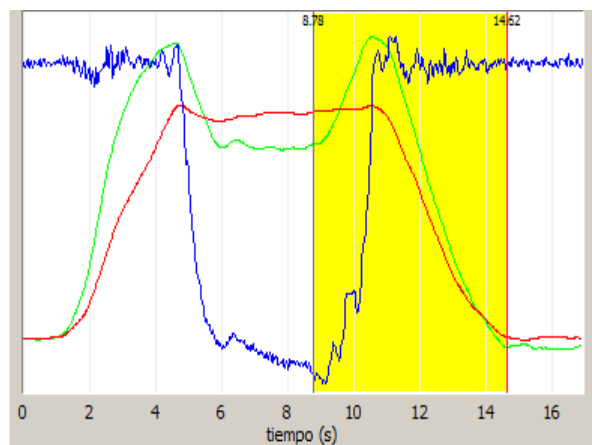
Glauben Sie, dass die Bewegungsgeschwindigkeit des Rumpfes schnell ist und einer normalen Bewegung entspricht? **Nein**

Können Sie bei der Durchführung der Aktivität eine Asymmetrie der Stütze feststellen? **Ja**

Hat sich der Patient im Vergleich zur vorherigen Sitzung verbessert? Warum?

## Lösungen:

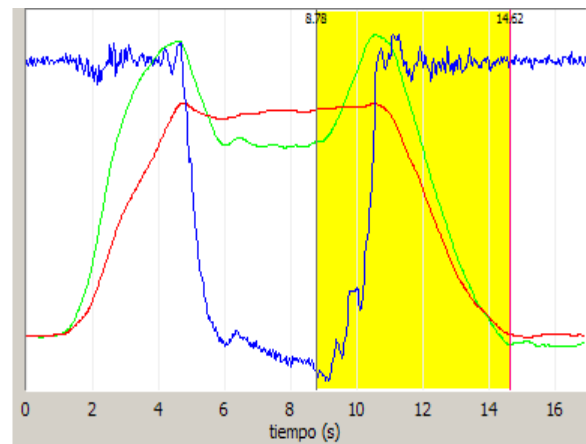
Erhöht sich die Zeit, die für die Ausführung der einzelnen Aktivitäten benötigt wird?





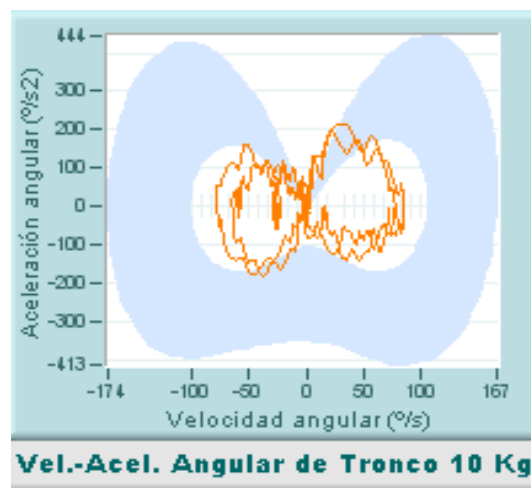
## Lösungen:

Gibt es ein Element in den Graphen des Aufstehens, das Sie mit Schwierigkeiten bei der Ausführung einer solchen Bewegung in Verbindung bringen können?



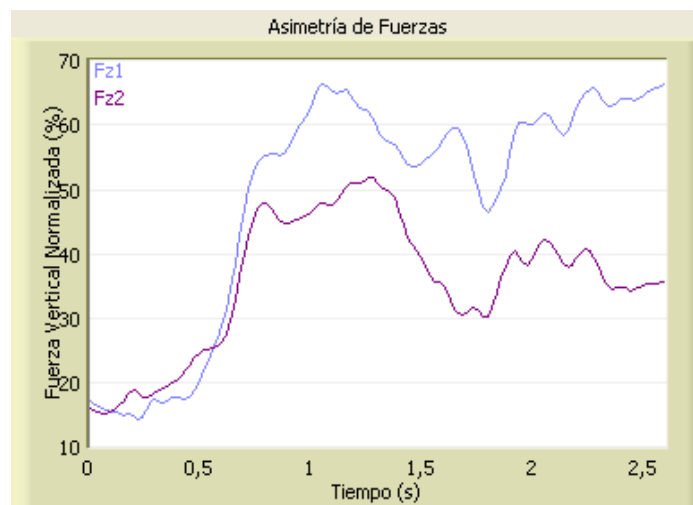
## Lösungen:

Glauben Sie, dass die Geschwindigkeit der Bewegung des Rumpfes schnell ist und einer normalen Bewegung entspricht?



## Lösungen:

Können Sie eine Asymmetrie in der Unterstützung der beiden unteren Gliedmaßen bei der Ausführung der Aktivität feststellen?



**Hat sich der Patient im Vergleich zur vorherigen Sitzung verbessert?**

**Diskutieren Sie in der Gruppe, warum**

## Wichtige Ideen

Die biomechanischen Analysetechniken, die es uns ermöglichen, die Festigkeit und Beweglichkeit der Wirbelsäule zu kennen, liefern objektive Informationen über ihre Funktionalität.

Der Bewegungsumfang sowohl der Lendenwirbelsäule als auch der Halswirbelsäule kann mit biomechanischen Analyseverfahren analysiert werden. Eingeschränkte Bewegungsbereiche sind ein häufiges Ergebnis bei Menschen mit Schmerzen.

Die Kraft kann auch bei Personen mit Schmerzen im unteren Rückenbereich beurteilt werden, hauptsächlich mit isokinetischen Systemen. Zu den häufigsten Ergebnissen gehören eine Abnahme der Kraft zusammen mit Veränderungen im Verhältnis zwischen Agonist und Antagonist der Muskeln.

Ein weiterer Test, der sich auf die Muskelaktivität bei Menschen mit Schmerzen im unteren Rücken bezieht, ist die Flexions-Relaxations-Analyse. Das Ergebnis dieses Tests ist normalerweise verändert, da das als myoelektrische Stille bekannte Phänomen verschwindet.

Die Bewegungsmuster bei Aktivitäten des täglichen Lebens können auch bei Menschen mit Kreuzschmerzen beurteilt werden. Die Ergebnisse dieser biomechanischen Analyse messen die funktionelle Veränderung und dienen als Leitfaden zur Überwachung des Patientenfortschritts.

Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, erfordern all diese Tests hoch standardisierte Messprotokolle und eine gute Beherrschung der angewandten Aufzeichnungstechniken.



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.

