

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



MODUŁ BIOMECHANIKA KRĘGOSŁUPA

Jednostka dydaktyczna D: ANALIZA INSTRUMENTALNA  
KRĘGOSŁUPA

D.5. Jak zinterpretować raport z analizy biomechanicznej w przypadku patologii kręgosłupa?

## CELE

- Zdobyć umiejętności interpretacji wyników oceny kinematycznej odcinka szyjnego kręgosłupa w populacji patologicznej.
- Zdobyć umiejętności interpretacji wyników oceny siły mięśniowej odcinka szyjnego kręgosłupa w populacji patologicznej.
- Zdobyć umiejętności interpretacji wyników oceny kinematycznej odcinka lędźwiowego kręgosłupa w populacji patologicznej.
- Nauczenie się interpretacji wyników oceny siły mięśni lędźwiowych w populacji patologicznej.
- Omówienie wyników oceny biomechanicznej odcinka szyjnego i/lub lędźwiowego kręgosłupa na podstawie przypadków klinicznych.

# ZAWARTOŚĆ

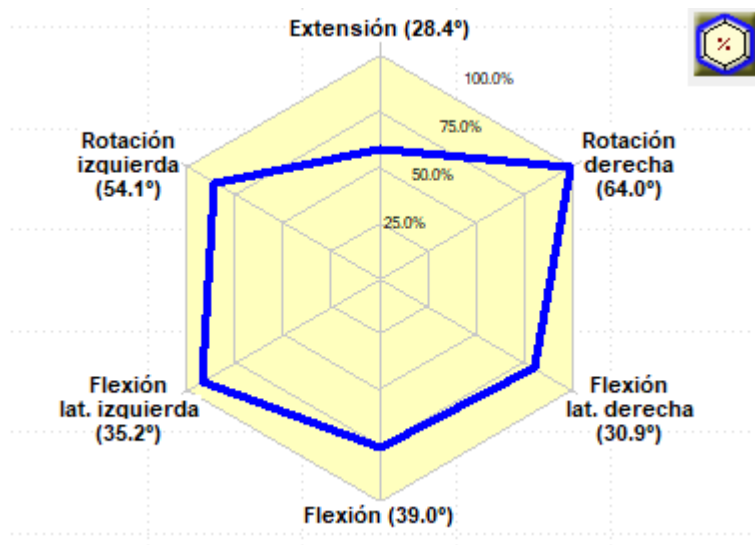
- Wyniki patologiczne oceny kręgosłupa szyjnego
- Patologiczne wyniki oceny kręgosłupa lędźwiowego
- Ocena biomechaniczna kręgosłupa szyjnego. Przypadek kliniczny
- Ocena biomechaniczna odcinka lędźwiowego. Przypadek kliniczny
- Kluczowe zagadnienia

## Ocena zakresu ruchu odcinka szyjnego kręgosłupa

**Technika pomiarowa:** Fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry.

### Cervical range of motion

**Typ analizy:** Kinematyczna.

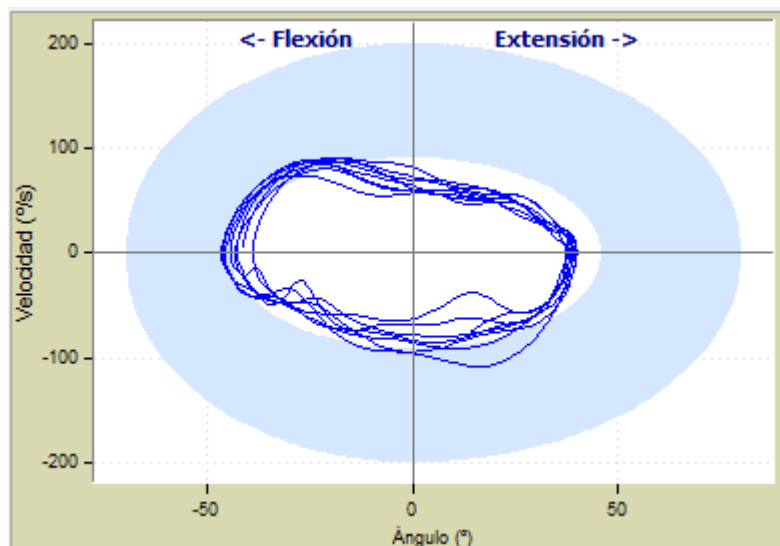


**Przedstawienie graficzne:** Zakres ruchu odcinka szyjnego kręgosłupa w trzech płaszczyznach. Zewnętrzna krawędź wykresu reprezentuje strefę normalności.

**Interpretacja wyników:** Ograniczenie ruchomości kręgosłupa szyjnego w różnych osiach. Szczególnie widoczne jest ograniczenie zgięcia-wyprostu, a następnie zgięcia boczego prawego i rotacji lewej, przy czym ta ostatnia wykazuje znaczną asymetrię w stosunku do rotacji prawej.

## Ocena kinematyczna kręgosłupa szyjnego

### Ruchomość kręgosłupa szyjnego



**SPRZĘT POMIAROWY:** System fotogrametryczny.

**TYP ANALIZY:** Kinematyczna.

**WYKRES:** Prędkość kątowna (°/s) kręgosłupa szyjnego na tle zakresu ruchu zgięcia-wyprostu (°).

**INTERPRETACJA WYNIKU:** Ruch powolny z ograniczeniem wyprostu kręgosłupa szyjnego, natomiast zgięcie zbliżone do granic normalności.

## Ocena funkcjonalna kręgosłupa lędźwiowego

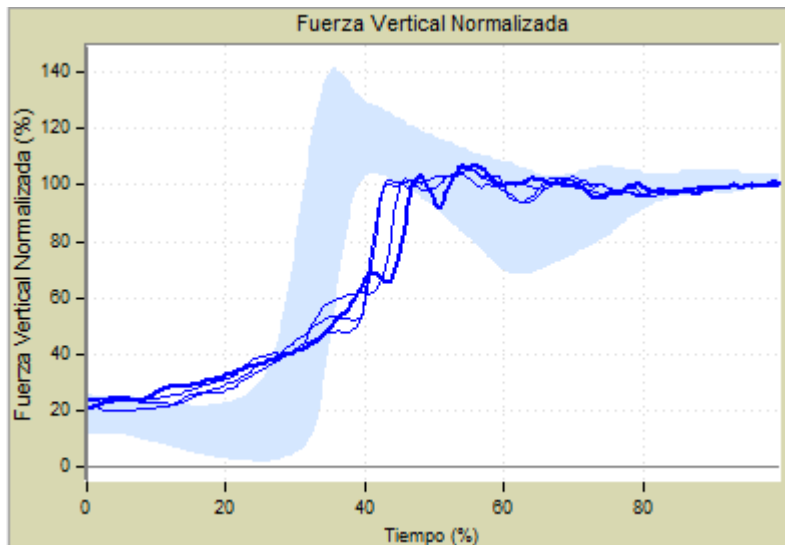
**URZĄDZENIA POMIAROWE:** Platforma dynamometryczna

**TYP ANALIZY:** Kinetyczna.

**WYKRES:** Przedstawia różne zarejestrowane powtórzenia siły reakcji podczas ruchu siedzenia do stania.

**INTERPRETACJA WYNIKU:** Powtarzalny, ale zmieniony wzorzec siły. Nachylenie krzywej jest poziome, przy czym maksymalny szczyt krzywej jest niższy i opóźniony w czasie. Oznacza to, że wytworzony moment jest niewystarczający do wstania, co może być związane z bólem, deficytem siły lub brakiem koordynacji.

**Aktywność:** wstawanie z krzesła



## Ocena funkcjonalna kręgosłupa lędźwiowego

**URZĄDZENIA POMIAROWE:** Platforma dynamometryczna

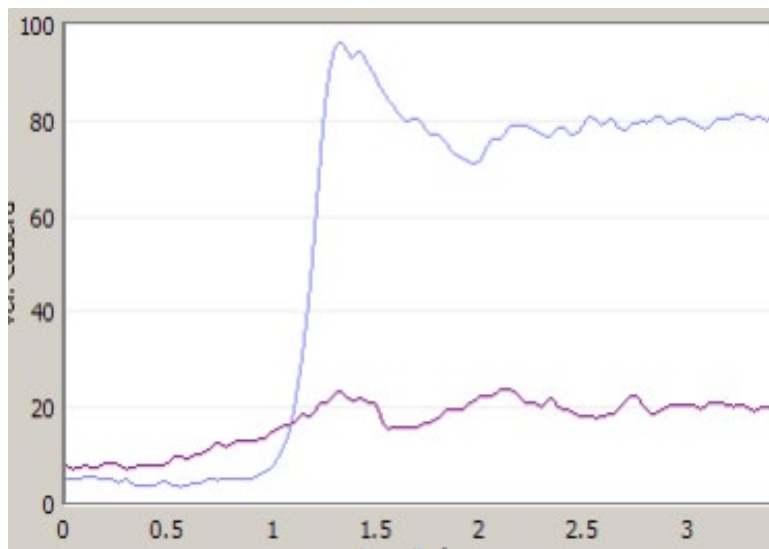
**TYP ANALIZY:** Kinetyczna.

**WYKRES:** Przedstawia siłę reakcji generowaną przez każdą z kończyn dolnych podczas ruchu siadu do stania.

**INTERPRETACJA WYNIKÓW:**

Asymetryczny układ sił. Większe obciążenie prawej kończyny dolnej podczas siadu do stania, co sugeruje asymetrię ruchu.

**Aktywność: wstawanie z krzesła**  
**ASYMETRIA SIŁ**



## Ocena funkcjonalna kręgosłupa lędźwiowego

### URZĄDZENIA POMIAROWE

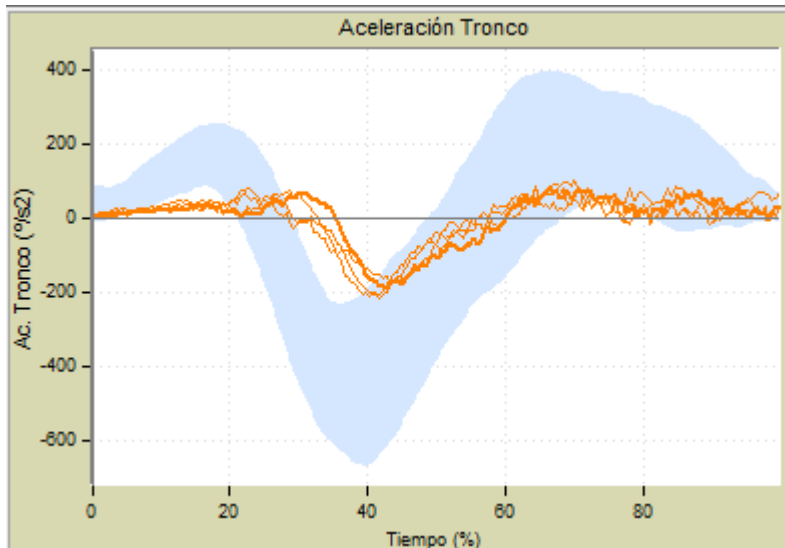
Fotogrametria, systemy inercyjne.

**TYP ANALIZY:** Kinematyczna.

**WYKRES:** Przedstawia przyspieszenie kątowe tułowia w różnych zarejestrowanych powtórzeniach ruchu siad-stoisko.

**INTERPRETACJA WYNIKÓW:** Niskie przyspieszenia, co sugeruje powolny ruch tułowia podczas wykonywania ruchu.

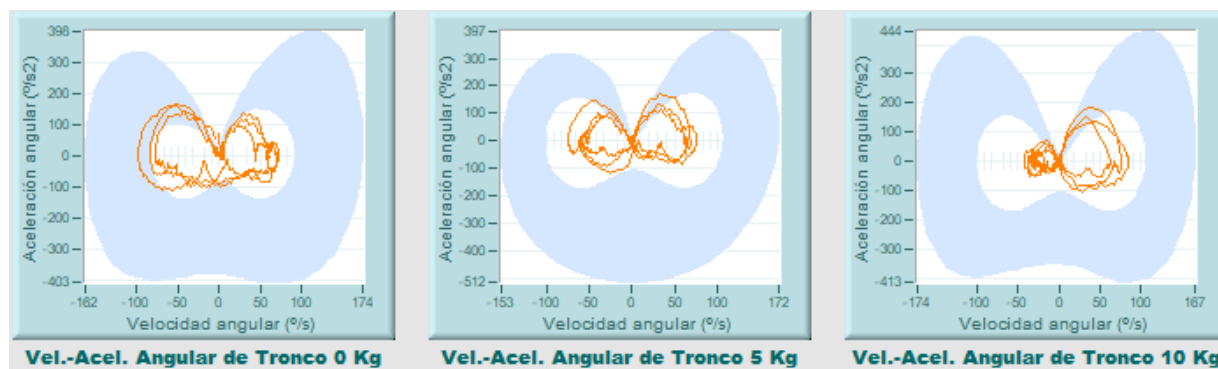
### Aktywność: wstawanie z krzesła





# Ocena funkcjonalna kręgosłupa lędźwiowego

## Aktywność: podnoszenie ciężarów



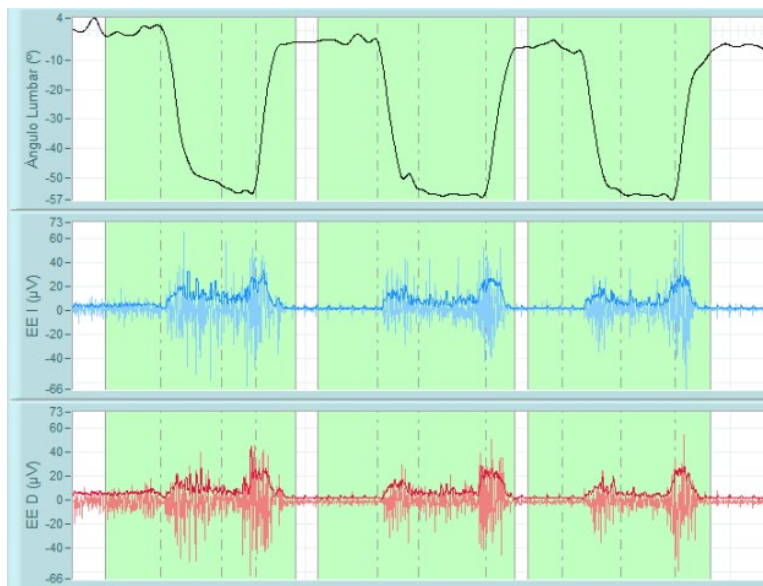
**SPRZĘT POMIAROWY:** Fotogrametria, systemy inercyjne.

**TYP ANALIZY:** Kinematyczna.

**WYKRES:** Przedstawia przyspieszenie kątowe tułowia w stosunku do jego prędkości kątowej w różnych zarejestrowanych powtórzeniach ruchu podnoszenia ciężaru. Wynik pokazany jest dla wzrastających ciężarów.

**INTERPRETACJA WYNIKU:** Niskie przyspieszenie i prędkość we wszystkich ruchach, co wiąże się z powolnym ruchem tułowia. Wolniejsze ruchy obserwowane są wraz ze wzrostem ciężaru, a więc ruch pogarsza się wraz ze wzrostem przenieszonego obciążenia.

## Ocena zjawiska zgięcia-odprężenia (flexion-relaxation)



### SPRZĘT POMIAROWY:

Elektromiografia powierzchniowa (sEMG).

**WYKRES:** Wyniki badań kinematycznych i EMG podczas testu zgięciowo-relaksacyjnego kręgosłupa lędźwiowego.

**INTERPRETACJA WYNIKU:** Nie obserwuje się ciszy mionelektrycznej przy maksymalnym zgięciu kręgosłupa..

## Przykładowe wyniki



## Przypadek kliniczny dotyczący odcinka szyjnego kręgosłupa

Pacjentka 30-letnia.

Pracuje jako pracownik biurowy.

2 tygodnie temu miała kolizję tylną.

Ból kręgosłupa szyjnego.

Leczenie: unieruchomienie kręgosłupa szyjnego i leki przeciwbólowe. Po zdjęciu unieruchomienia (tydzień po wypadku) pacjentka zgłasza ograniczenie ruchomości z powodu dolegliwości bólowych. Została skierowana do pracowni biomechaniki w celu oceny ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa i przepisania leczenia rehabilitacyjnego.

W **badaniu fizykalnym**: szczególnie zwraca uwagę ograniczona ruchomość czynna w ostatnich stopniach wszystkich ruchów, przy zachowanej ruchomości biernej, choć bolesnej. W badaniu palpacyjnym symetryczne napięcie mięśniowe z bolesnymi punktami w lewej okolicy skroniowej i prawym trapezie.

Wyniki oceny funkcjonalnej kręgosłupa szyjnego przeprowadzonej w ramach jednego przypadku omówiono poniżej. Test ten **kinematycznie** analizuje ruchy kręgosłupa szyjnego w prostych czynnościach w celu wykrycia nieprawidłowych lub niefunkcjonalnych ruchów wtórnych do bólu szyjnego.

Wykorzystano sprzęt do oceny **NEDCERVICAL/IBV**, a techniką rejestracji była fotogrametria.

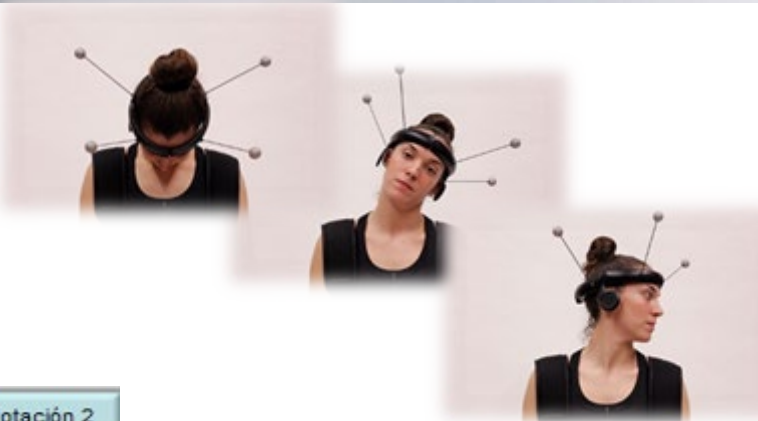
W celu przeprowadzenia oceny system porównuje uzyskane parametry z parametrami grupy osób, których charakterystyka jest porównywalna z charakterystyką pacjenta (bazy danych złożone z osób normalnych i patologicznych, segmentowane według wieku i płci).

Protokół oceny jest standaryzowany i składa się z dwóch części:

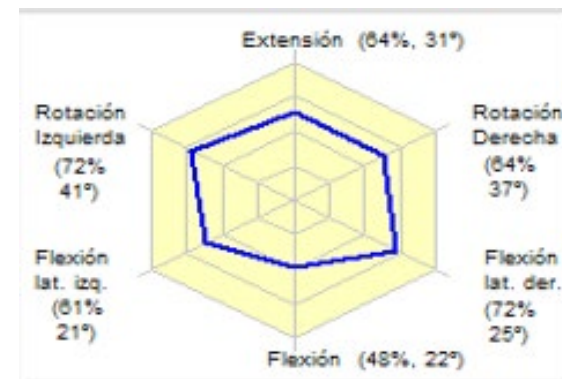
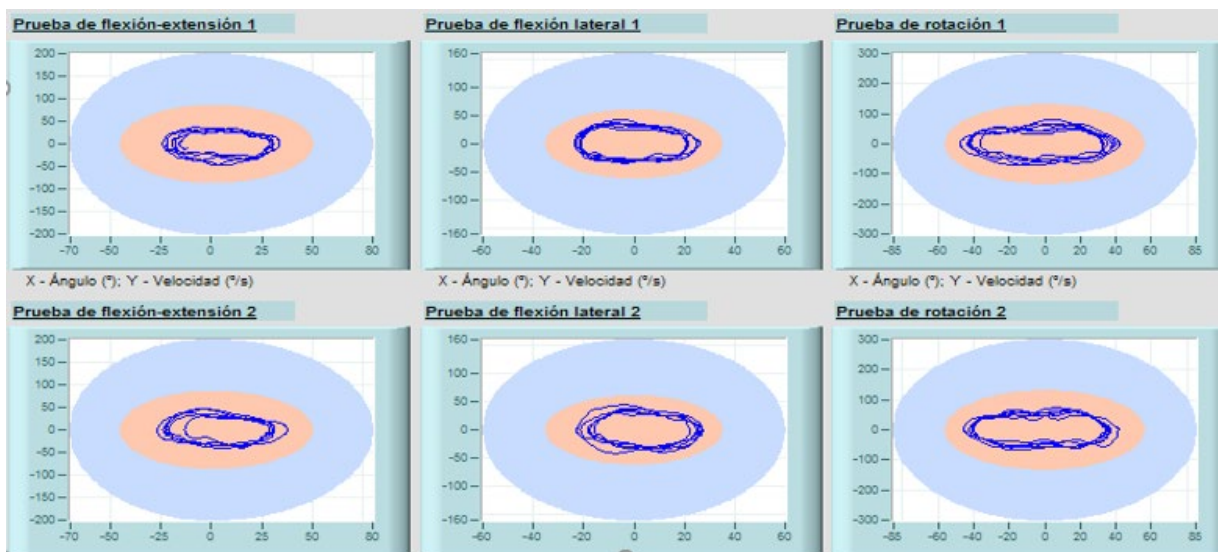
**Test graniczny:** analizuje funkcjonalne ograniczenia ruchu w każdym kierunku przestrzennym.

**Test funkcjonalny** (lub test lamp): analizuje ruchy szyjne, podczas gdy pacjent kieruje swój wzrok na lampy umieszczone na suficie.

	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%

Zmieniony

Badaną funkcję uważa się za normalną, gdy Wskaźnik Normalności mieści się w przedziale 90-100%.

Im niższy wskaźnik normalności, tym większy stopień zmian funkcjonalnych.



## Przypadek kliniczny dotyczący odcinka lędźwiowego

60-letni pacjent.

Kierowca samochodu ciężarowego.

Upadł z samochodu ciężarowego, w wyniku czego doznał złamania klinowego L1 Zastosowano leczenie zachowawcze złamania.

3 miesiące później zdjęto ortezę.

Cztery miesiące po złamaniu nadal zgłaszał ból pleców promieniujący do prawej kończyny dolnej.

W badaniu fizykalnym: ból w dolnej części pleców, ale bez przykurczów mięśniowych przy palpacji. Zgięcie lędźwiowe jest bolesne. Ujemny wynik Lasègue'a i Bragarda. Funkcja mięśniowa dobra.

W wykonanym badaniu MRI stwierdzono, że przednie złamanie klinowe trzonu kręgu L1 jest skonsolidowane i nie jest widoczne. W przestrzeni dyskowej L4-L5 i L5-S1 widoczne są objawy zwyrodnieniowe bez naruszenia obu otworów łącznotkankowych.

Poniżej omówiono wyniki przypadku po przeprowadzeniu oceny funkcjonalnej odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Test ten kinetycznie i kinematycznie analizuje ruchy kręgosłupa lędźwiowego w prostych czynnościach w celu wykrycia nieprawidłowych lub niefunkcjonalnych ruchów wtórnych do bólu szyjnego.

Wykorzystano sprzęt do oceny NEDLUMBAR/IBV, a techniką rejestracji była fotogrametria i dwie platformy dynamometryczne.

W celu przeprowadzenia oceny, system ten porównuje uzyskane wyniki z wynikami uzyskanymi w grupie osób, których charakterystyka jest porównywalna z charakterystyką pacjenta (bazy danych złożone z pacjentów prawidłowych i patologicznych podzielonych na segmenty według wieku i płci).

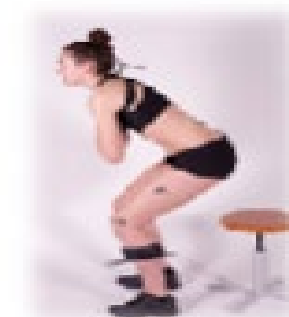
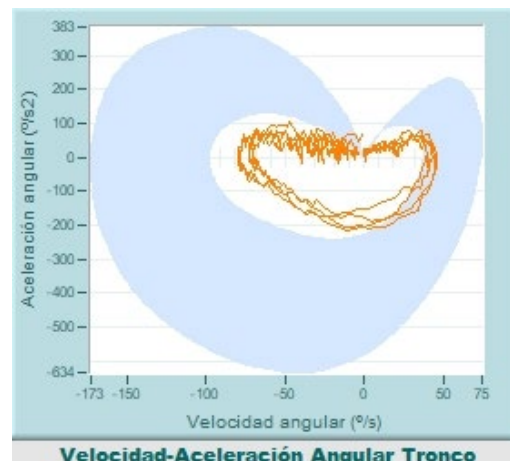
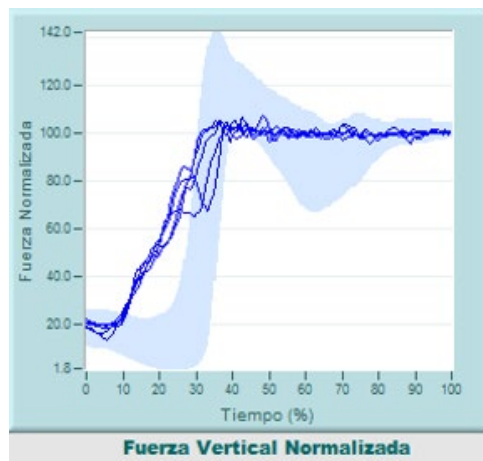
Protokół oceny jest standaryzowany i składa się z dwóch ruchów:

Czynność **podnoszenia się z krzesła.**

Czynność **podnoszenia ciężarów.**

Uzyskane wyniki mówią nam o wykonywanym wzorcu ruchowym poprzez informacje biomechaniczne dotyczące m.in. siły, ruchomości, przyspieszenia i powtarzalności ruchu.

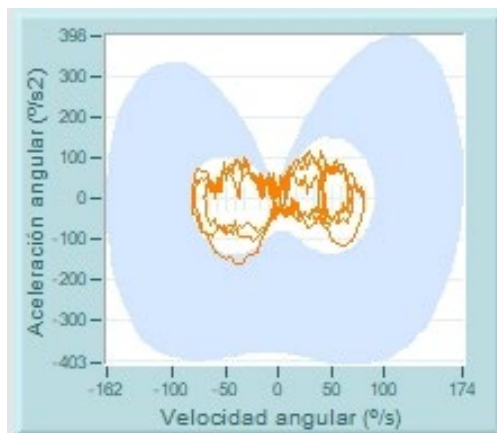
Na koniec badanie danej czynności jest podsumowywane w postaci indeksu funkcjonalnego. Jeśli wynik tego indeksu jest wyższy niż 90%, zdolność osoby ocenianej do wykonywania danej czynności mieści się w granicach normalności.



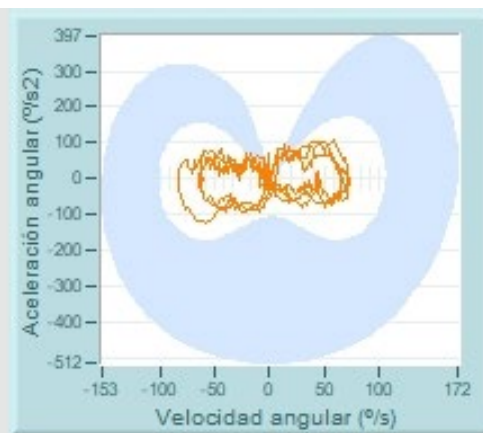
**Prueba de Silla**

**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>	

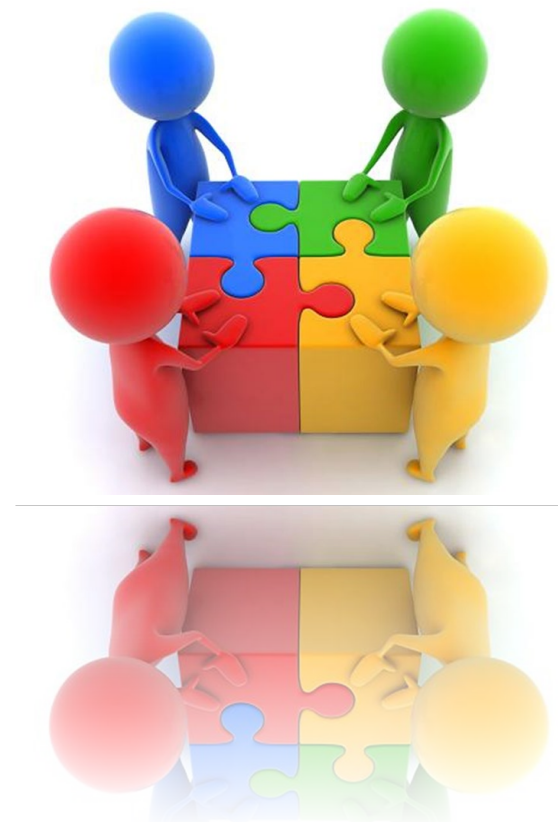


**Prueba de Peso**

**Valoración Global **65%****

## Ćwiczenia

Praca nad przypadkami klinicznymi  
(Dokumenty)



## Przewodnik po pytaniach w sprawie odcinka szyjnego kręgosłupa

Czy istnieje ograniczenie ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa?

Który z ruchów jest najbardziej ograniczony?

Czy wykonuje szybkie ruchy zgięcia-wyprostu szyi?

Czy występuje asymetria w ruchu?

Czy na podstawie wykresu wykonuje powtarzalne ruchy?

Czy nastąpiła poprawa w drugiej sesji oceny biomechanicznej?

## Rozwiązanie

Czy istnieje ograniczenie ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa?

Tak

Który z ruchów jest najbardziej ograniczony? **zgięcie**

Czy wykonuje szybkie ruchy zgięcia-wyprostu szyi? **Nie, ruchy są powolne.**

Czy występuje asymetria w ruchu? **Nie**

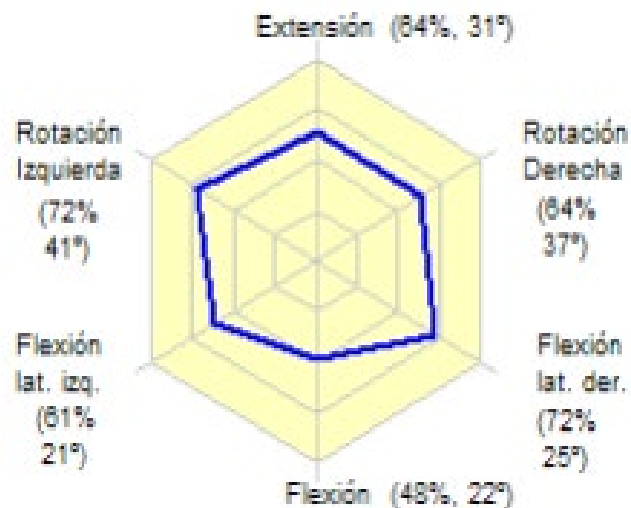
Czy na podstawie wykresu wykonuje powtarzalne ruchy? **Tak**

Czy nastąpiła poprawa w drugiej sesji oceny biomechanicznej? **Tak**



## Rozwiązanie:

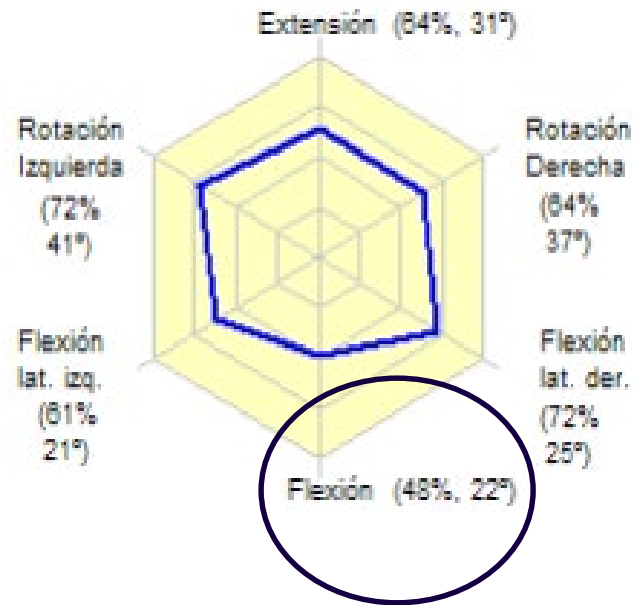
Czy w pierwszej ocenie występuje ograniczenie ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa?





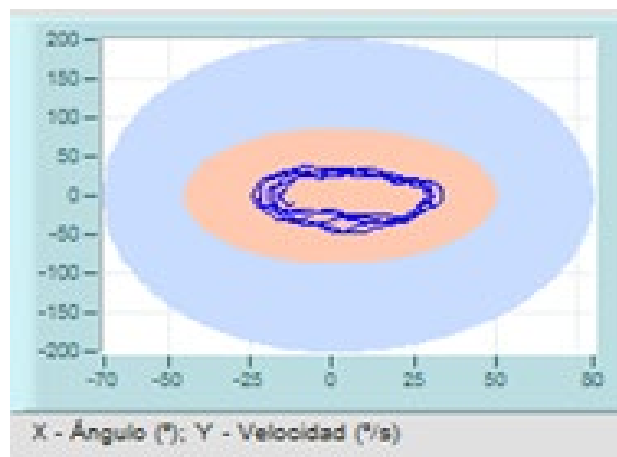
## Rozwiązanie:

Który ruch jest najbardziej ograniczony?



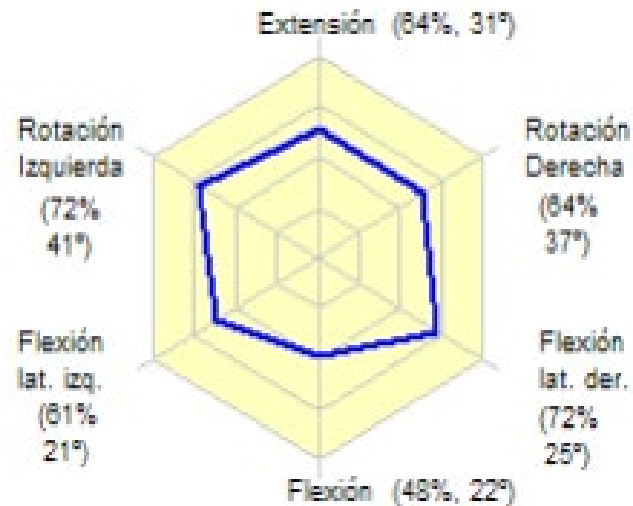
## Rozwiązanie:

Czy wykonuje szybkie ruchy zgięcia i wyprostu szyi?



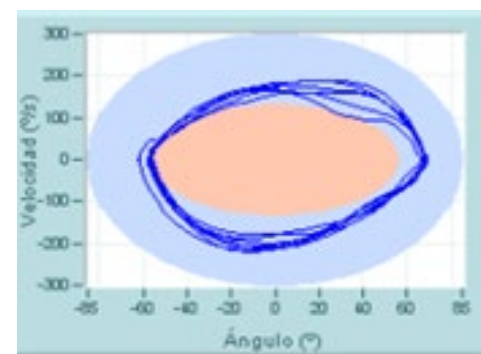
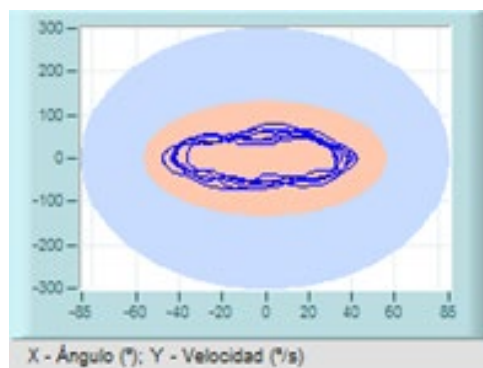
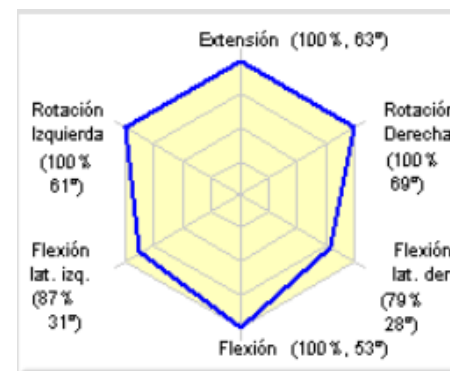
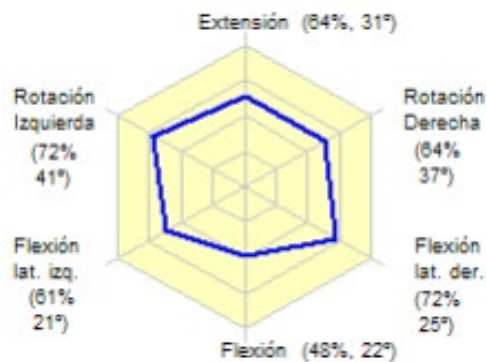
## Rozwiązanie:

Czy istnieje jakaś asymetria w ruchu?



## Rozwiązanie:

Czy nastąpiła poprawa w drugiej sesji oceny biomechanicznej?



## Przewodnik po pytaniach dotyczących odcinka lędźwiowego kręgosłupa

Czy zwiększa się czas potrzebny na wykonanie każdej czynności?

Czy jest jakiś element na wykresach siadów do stania, który możesz skojarzyć z trudnością w wykonaniu tego ruchu? Dlaczego?

(Przedyskutuj z nauczycielem)

Czy uważasz, że prędkość ruchu tułowia jest szybka i odpowiada normalnemu ruchowi?

Czy możesz stwierdzić asymetrię w podparciu podczas wykonywania tej czynności?

Czy pacjent poprawił się w porównaniu z poprzednią sesją? Dlaczego?

(Omów z nauczycielem)

## Rozwiązanie

Czy nastąpiło wydłużenie czasu potrzebnego do wykonania każdej czynności? **Tak**

Czy jest jakiś element na wykresach siadów do stania, który kojarzy Ci się z trudnością w wykonywaniu tego ruchu? Dlaczego? (Przedyskutuj z nauczycielem) **Tak**

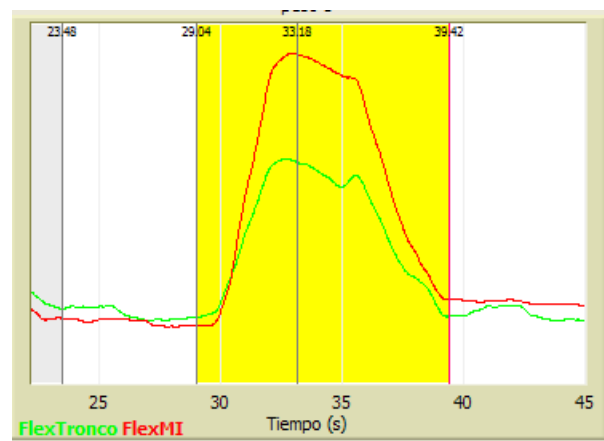
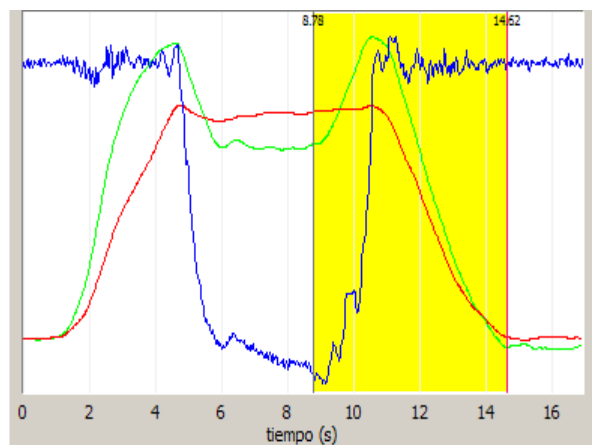
Czy uważasz, że prędkość ruchu tułowia jest szybka i odpowiada normalnemu ruchowi? **Nie**

Czy możesz stwierdzić asymetrię w podparciu podczas wykonywania tej czynności? **Tak**

Czy pacjent poprawił się w porównaniu z poprzednią sesją? Dlaczego?

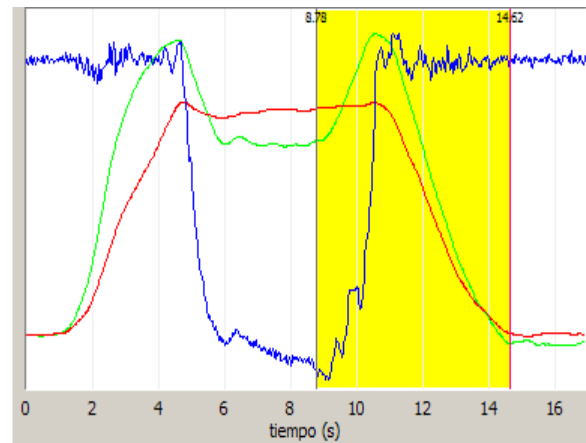
## Rozwiązanie:

Czy nastąpiło wydłużenie czasu potrzebnego do wykonania każdej czynności?



## Rozwiązanie:

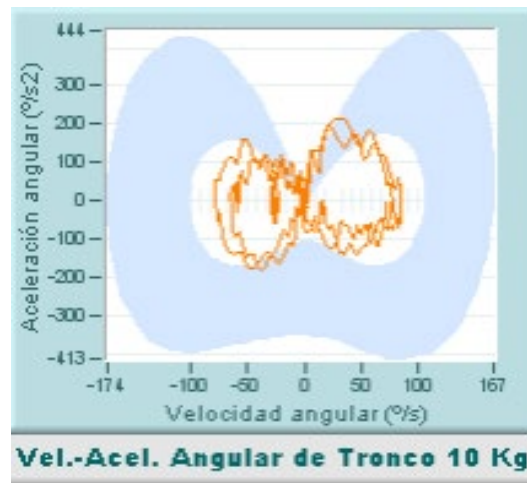
Czy jest jakiś element w wykresach zmiany pozycji siedzącej na stojącą, który możesz skojarzyć z trudnością w wykonaniu takiego ruchu?





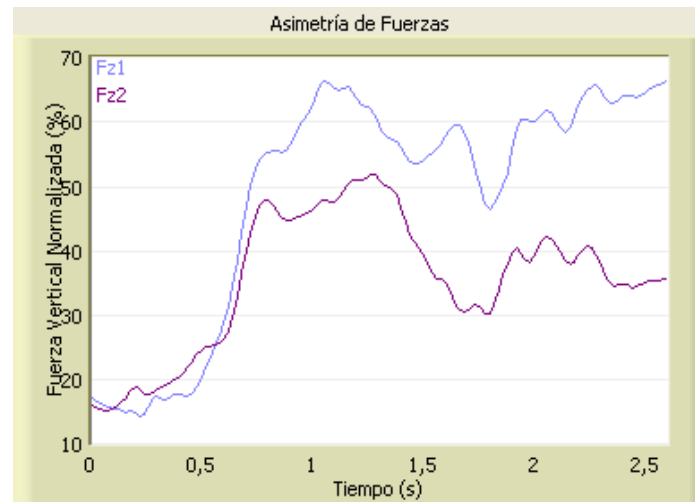
## Rozwiązanie:

Czy uważasz, że prędkość ruchu tułowia jest szybka i odpowiada normalnemu ruchowi?



## Rozwiązanie:

Czy można stwierdzić asymetrię w podparciu obu kończyn dolnych podczas wykonywania tej czynności?



# Czy nastąpiła poprawa stanu pacjenta w porównaniu z poprzednią sesją?

## Dyskusja w grupie

## Kluczowe zagadnienia

Techniki analizy biomechanicznej, które pozwalają nam poznać siłę i ruchomość kręgosłupa, dostarczają obiektywnych informacji o jego funkcjonalności.

Zakres ruchu zarówno kręgosłupa lędźwiowego jak i szyjnego może być analizowany przy użyciu technik analizy biomechanicznej. Ograniczone zakresy ruchów są częstym objawem u osób z dolegliwościami bólowymi.

Siła może być również oceniana u osób z bólem w dolnej części pleców, głównie przy użyciu systemów izokinetycznych. Do najczęstszych wyników należy spadek siły wraz ze zmianami w stosunku mięśni agonistów do mięśni antagonistów.

Innym badaniem dotyczącym aktywności mięśniowej u osób z bólem dolnego odcinka kręgosłupa jest analiza zgięciowo-relaksacyjna. Wynik tego testu jest zazwyczaj zmieniony, ponieważ zanika zjawisko znane jako cisza mioelektryczna.

U osób z bólem dolnej części pleców można również ocenić wzorce ruchowe w czynnościach życia codziennego. Wyniki tej analizy biomechanicznej są miarą zmian funkcjonalnych i służą jako wskazówka do monitorowania postępów pacjenta.

W celu uzyskania wiarygodnych wyników, wszystkie te badania wymagają wysoce wystandaryzowanych protokołów pomiarowych i dobrej znajomości stosowanych technik zapisu.



Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

