

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.4. Jak wygląda prawidłowa ocena biomechaniczna kręgosłupa
lędźwiowego?

CELE

- Rozpoznanie prawidłowych wyników oceny biomechanicznej odcinka lędźwiowego.
- Zapoznanie się z interpretacją wyników uzyskanych w ocenie biomechanicznej odcinka lędźwiowego kręgosłupa w normalnej populacji.
- Zapoznanie się z interpretacją wyników uzyskanych w ocenie siły mięśni lędźwiowych w normalnej populacji.
- Zastosowanie zdobytej wiedzy w praktyce klinicznej.

ZAWARTOŚĆ

- Ocena funkcjonalna odcinka lędźwiowego kręgosłupa
- Ocena zakresu ruchu odcinka lędźwiowego
- Ocena kinematyczna odcinka lędźwiowego kręgosłupa
- Ocena kinematyczna i kinetyczna w codziennych czynnościach i bólach dolnego odcinka kręgosłupa.
- Ocena siły w odcinku lędźwiowym kręgosłupa
- Kluczowe zagadnienia

Ocena funkcjonalna kręgosłupa lędźwiowego

OCENIANA FUNKCJA

TECHNIKA INSTRUMENTALNA

REZULTATY

RUCHOMOŚĆ

Zakres ruchu

Zakres ruchów(°)

Inklinometria
Elektrogoniometria

Właściwości ruchu

Fotogrametria
Systemy inercyjne
Platforma dynamometryczna

Zakres ruchów(°)
Przyspieszenie kątowe(°/s²) /Prędkość(°/s)
Siła reakcji/Asymetria
Powtarzalność

SIŁA

Siła izokinetyczna

Dynamometr

Moment obrotowy (Nm)

Aktywność mięśniowa

Elektromiografia
powierzchniowa

Aktywność mięśniowa (zjawisko flex-relax)

Ocena funkcjonalna kręgosłupa lędźwiowego

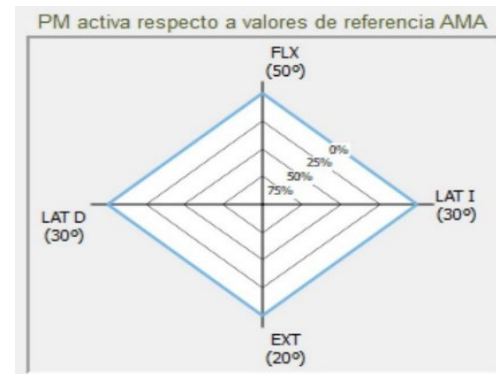
	Pos. Neutra (D12/SACRO)	Pos. Flexión (D12/SACRO)	Pos. Extensión (D12/SACRO)	Flexión	Criterio AMA	Extensión	Criterio AMA
1ª	-20.2° / 36.1°	70.3° / 65.4°	-40.5° / 23.5°	61.0°	OK	7.0°	> 5°
2ª	-27.6° / 23.4°	74.8° / 68.5°	-43.4° / 27.6°	57.0°	OK	20.0°	OK
3ª	-24.3° / 25.1°	74.2° / 69.3°	-41.7° / 28.4°	54.0°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



Elektroniczny system podwójnej inklinometrii umieszczony na odpowiednich punktach kostnych (T12-kość krzyżowa) w celu oceny maksymalnego zakresu stawów w ruchu zgięcia-wyprostu kręgosłupa lędźwiowego.

WYNIKI: Zakres ruchu (°) i utrata mobilności (ML)

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



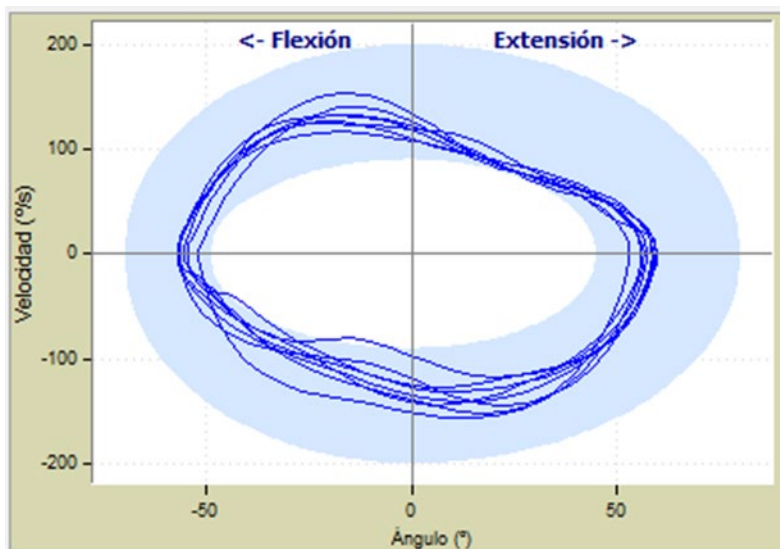
Kinematyczna ocena kręgosłupa lędźwiowego

SPRZĘT POMIAROWY: Fotogrametria, systemy inercyjne.

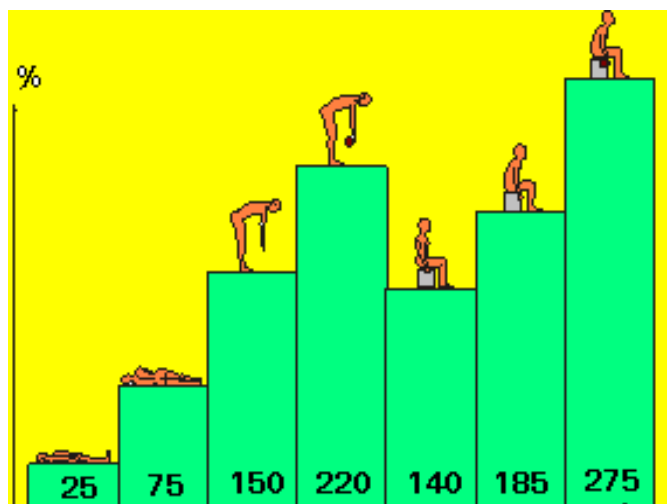
TYP ANALIZY: Kinematyczna.

WYKRES: rędkość kątowna ($^{\circ}/s$) kręgosłupa lędźwiowego w stosunku do zakresu ruchu zgięcia-wyprostu ($^{\circ}$). Niebieski pas reprezentuje normalne wartości referencyjne zarówno dla prędkości, jak i zakresu ruchu.

INTERPRETACJA WYNIKU: Ruch kręgosłupa lędźwiowego w płaszczyźnie strzałkowej z normalną prędkością i zakresem w granicach wartości referencyjnych.



Ocena kinematyczna i kinetyczna w codziennych czynnościach



Graficzne porównanie ciśnień śródkręgowych w L3-L4 podczas różnych aktywności (Źródło: Nachemson, A. L. (1976). The lumbar spine an orthopaedic challenge. *spine*, 1(1), 59-71)

U osób z bólem w dolnej części pleców, czynności takie jak zginanie tułowia czy podnoszenie ciężarów wiążą się ze znacznym wzrostem ciśnienia śróddyskowego, a tym samym z bólem.

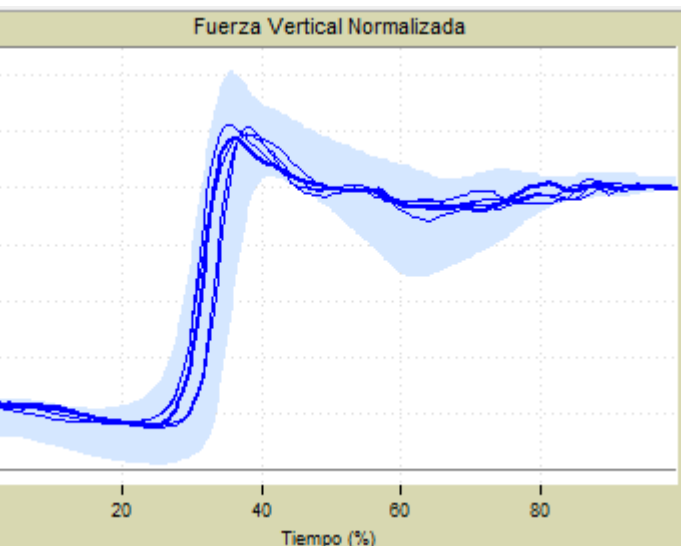
Biomechaniczna analiza tych czynności pozwala na ich dokładniejsze zdefiniowanie, wykrywając zaburzenia ruchowe, które mogą być związane z patologią lub funkcjonalną zmianą kręgosłupa.

Ocena kinematyczna i kinetyczna w codziennych czynnościach

SPRZĘT POMIAROWY: Platforma dynamometryczna.

TYP ANALIZY: Kinetyczna.

WYKONANIE: wstawanie z krzesła

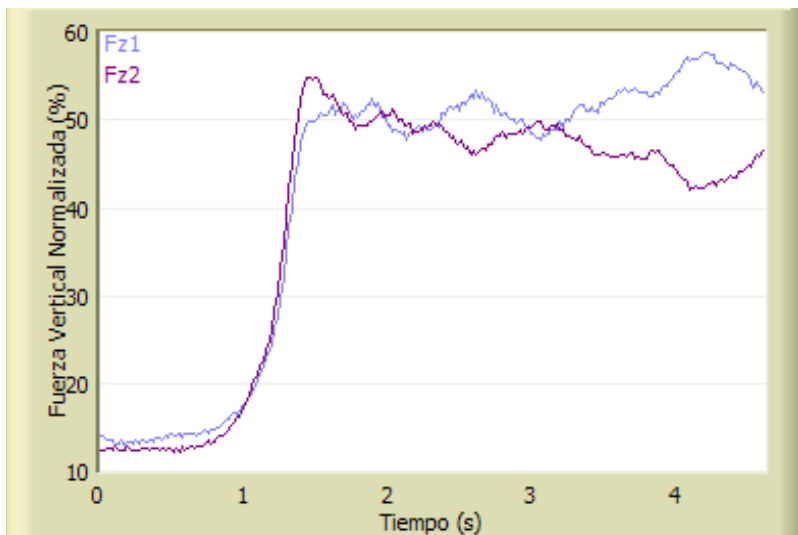


WYKRES: Przedstawia on różne zarejestrowane powtórzenia siły reakcji podczas ruchu z pozycji siedzącej do pozycji stojącej. Niebieska wstęga reprezentuje normalny wzorzec siły w tym ruchu.

INTERPRETACJA WYNIKU: Powtarzalny i prawidłowy wzorzec siły reakcji, co oznacza odpowiedni moment do wykonania ruchu od siedzenia do stania (siła i koordynacja tułowia i kończyn dolnych).

Ocena kinematyczna i kinetyczna w codziennych czynnościach

Aktywność: wstawanie z krzesła
ASYMETRIA SIŁ



SPRZĘT POMIAROWY: 2 platformy dynamometryczne.

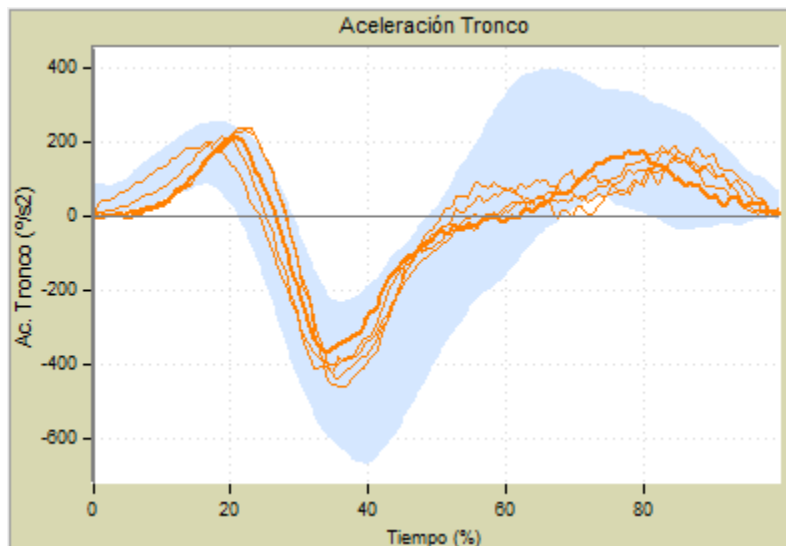
TYP ANALIZY: Kinetyczna.

WYKRES: Przedstawia siłę reakcji generowaną przez każdą z kończyn dolnych podczas ruchu wstawania z pozycji siedzącej.

INTERPRETACJA WYNIKÓW: Symetryczny układ sił. Podobne obciążenie obu kończyn dolnych podczas wykonywania ruchu wstawania z krzesła.

Ocena kinematyczna i kinetyczna w codziennych czynnościach

Aktywność: wstawanie z krzesła



SPRZĘT POMIAROWY: Fotogrametria lub system inercyjny.

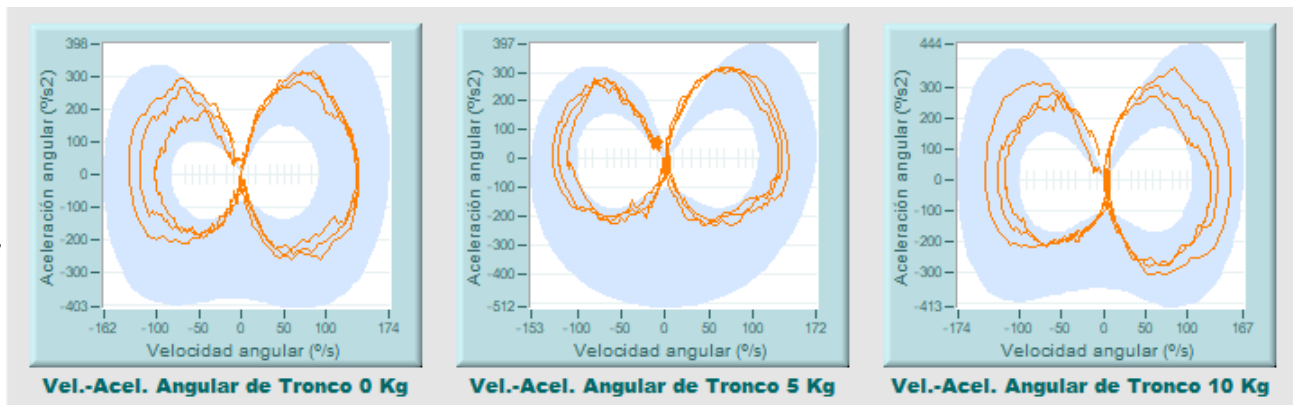
TYP ANALIZY: Kinetyczna.

WYKRES: Przedstawia przyspieszenie kątowe kręgosłupa ($^{\circ}/s^2$) w różnych zarejestrowanych powtórzeniach aktywności wstawania z krzesła. Niebieski pasek reprezentuje normalny wzorzec przyspieszenia w tej aktywności.

INTERPRETACJA WYNIKU: Normalne przyspieszenie kątowe kręgosłupa, co wiąże się z szybkością i efektywnością wykonywanego ruchu.

Ocena kinematyczna i kinetyczna w codziennych czynnościach

Aktywność:
podnoszenie ciężarów



SPRZĘT POMIAROWY: Fotogrametria lub system inercyjny.

TYP ANALIZY: Kinematyczna.

WYKRES: Przedstawia przyspieszenie kątowe tułowia w stosunku do jego prędkości kątowej w różnych zarejestrowanych powtórzeniach ruchu podnoszenia ciężaru. Wynik jest pokazany dla trzech wzrastających ciężarów. Niebieski pasek reprezentuje normalny wzorzec przyspieszenia i prędkości w tym ruchu.

INTERPRETACJA WYNIKÓW: Prędkość kątowa i przyspieszenie tułowia są normalne dla wszystkich podnoszonych ciężarów, co sugeruje dobrą mobilność i szybkość wykonywanego ruchu. Ruch nie pogarsza się przy zwiększaniu podnoszonego ciężaru.

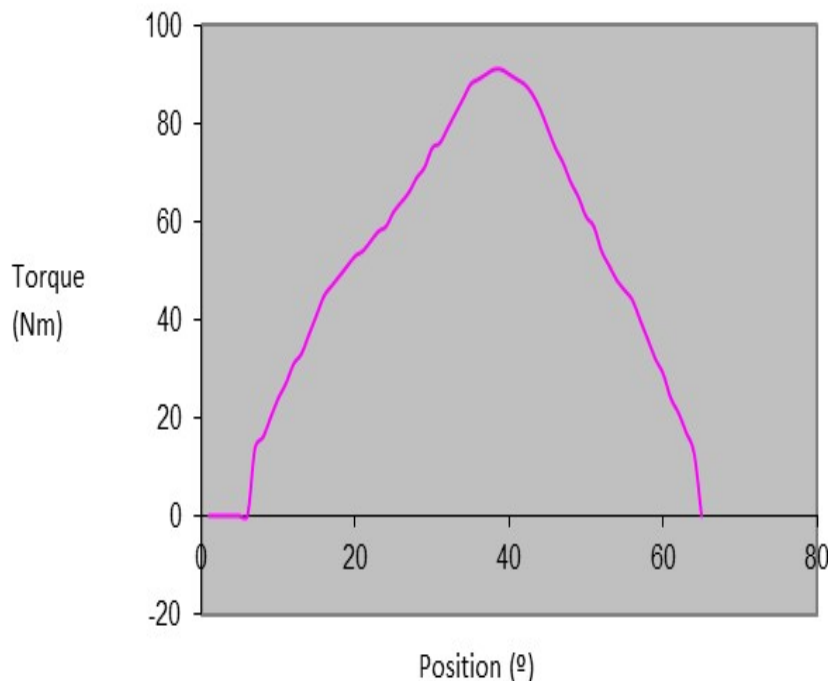
Ocena siły działającej na kręgosłup lędźwiowy

SPRZĘT POMIAROWY: Dynamometr izokinetyczny.

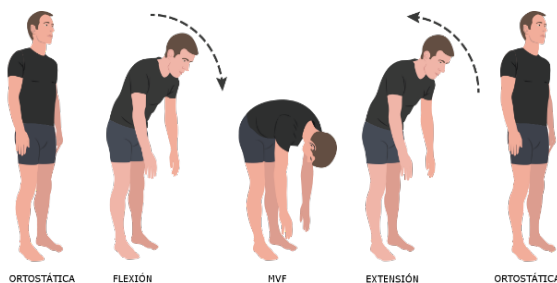
TYP ANALIZY: Fizjologiczna (siła).

WYKRES: Krzywa koncentrycznego izokinetycznego momentu skręcającego. Oś pionowa odzwierciedla wielkość siły wytwarzanej przez mięsień, a oś pozioma zakres ruchu, w którym dokonywana jest ocena.

INTERPRETACJA WYNIKÓW: Duże nachylenie zarówno na początku jak i na końcu krzywej wskazuje, że badany może wytworzyć siłę i przestać ją wytwarzać. Dla dokładniejszej interpretacji, maksymalny szczyt jaki osiąga krzywa zależy od maksymalnych wartości siły, z którymi porównujemy.



Ocena siły działającej na kręgosłup lędźwiowy

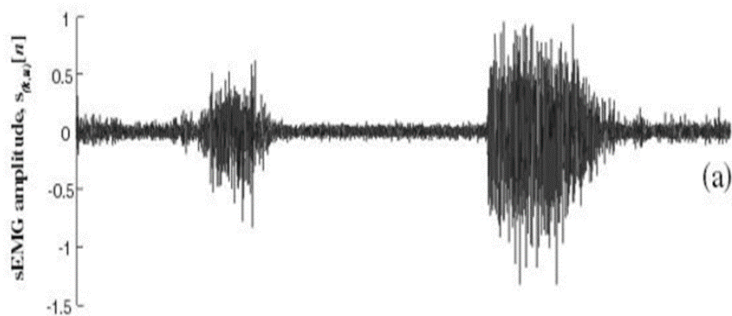


SPRZĘT POMIAROWY: Elektromiografia powierzchniowa.

TYP ANALIZY: Fizjologiczna.

WYKRES: Przedstawia aktywność mięśni podczas testu zgięcia-wyprostu kręgosłupa lędźwiowego.

INTERPRETACJA WYNIKÓW: Aktywność mięśni przykręgosłupowych lędźwiowych zmniejsza się w stosunku do początku zgięcia i wyprostu tułowia, co jest zgodne ze zjawiskiem relaksacji zgięciowo-wyprostnej.



Przykładowe wyniki



[Esta foto](#)

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

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

Zastosowano system oceny **NEDLUMBAR/IBV** wraz z fotogrametrią i dwiema platformami dynamometrii siłowej jako technikami rejestracji.

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

Protokół oceny jest standaryzowany i obejmuje dwie czynności:

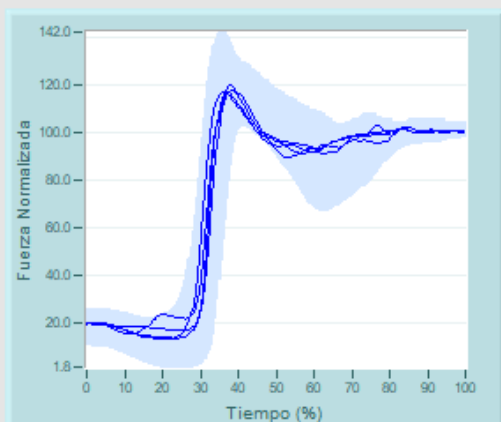
Aktywność **polegająca na wstawaniu z krzesła.**

Aktywność **polegająca na podnoszeniu ciężarów.**

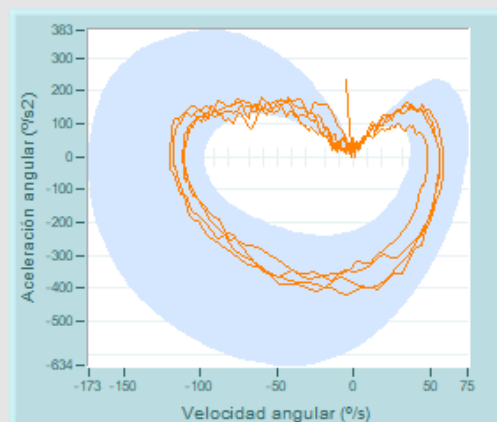
Uzyskane wyniki dostarczają informacji biomechanicznych na temat wykonywanego wzorca ruchowego, takich jak m.in. siła, ruchomość, przyspieszenie i powtarzalność ruchu.

Na koniec badanie danej czynności jest podsumowywane indeksem funkcjonalnym. Jeśli wynik tego indeksu jest większy niż 90%, zdolność osoby do wykonywania danej czynności mieści się w granicach normy.

Aktywność: wstawanie z krzesła



Fuerza Vertical Normalizada

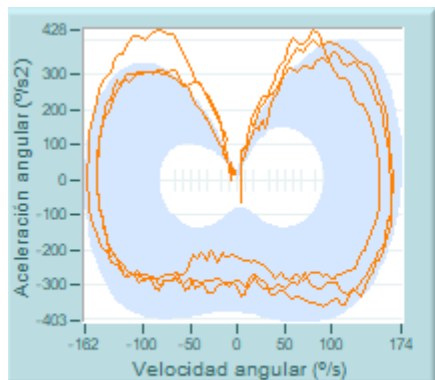


Velocidad-Aceleración Angular Tronco

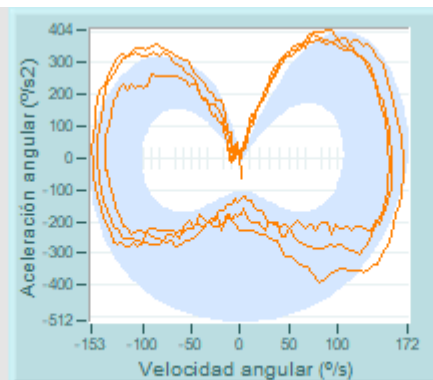
Valoración Global 98%

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%

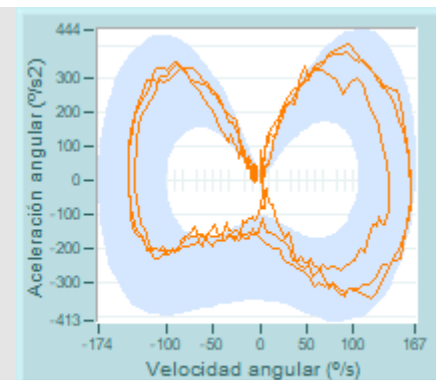
Aktyność: podnoszenie ciężaru



Vel.-Acel. Angular de Tronco 0 Kg



Vel.-Acel. Angular de Tronco 5 Kg



Vel.-Acel. Angular de Tronco 10 Kg

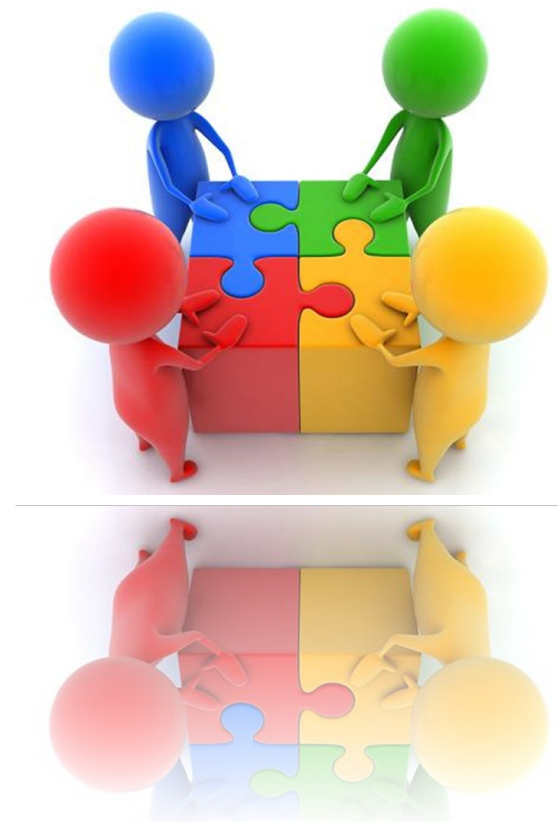
	0 Kg	5 Kg	10 Kg
Tiempo total (s)	1.5 100%	1.8 98%	1.9 100%
Fuerza Vertical Máxima (%)	131.9 100%	132.0 100%	132.0 100%
Asimetría de Fuerzas (%)	8.6 100%	7.7 100%	3.0 100%
Mayor Apoyo	DERECHA	DERECHA	DERECHA
Movilidad Lumbar (°)	40.0 100%	39.7 100%	42.2 100%
Inclinación Torácica (°)	67.8 100%	64.5 100%	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 (°/s ²)	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 (°/s ²)	-308.9 100%	-271.7 100%	-220.1 100%
Repetibilidad	100%	100%	100%



Valoración Global **91%**

Ćwiczenia

Praca nad przypadkiem klinicznym
(dokument)



Pytania pomocnicze

Czy uzyskane zapisy były prawidłowe pod względem powtarzalności?

Czy konieczne było wykonanie próby prawidłowości unoszenia wyprostowanych nóg?

Jaki był maksymalny zakres zarejestrowany dla każdego ruchu?

Czy ruchomość zarejestrowana dla każdej osi jest uznawana za normalną?

Jakie wartości zostały przyjęte jako odniesienie dla prawidłowości?

Jaki jest najbardziej ograniczony ruch lub z największą utratą ruchomości? A najmniej ograniczony ruch?

Czy odnotowana utrata ruchomości jest znacząca?

Czy stwierdzono istotne asymetrie w lateralności ruchów?

Rozwiązanie

Czy uzyskane zapisy były ważne pod względem powtarzalności? **Tak**, spełniają kryteria ważności AMA; uzyskano trzy kolejne powtórzenia, których maksymalna wartość zgięcia i wyprostowania mieści się w granicach 5° od średniej.

Czy konieczne było wykonanie testu prawidłowości unoszenia wyprostowanej nogi? **Nie**, ponieważ ruchomość zgięcia-wyprostowania zarejestrowana przez inklinometry na kości krzyżowej była większa niż 55° .

Jaki był maksymalny zakres zarejestrowany dla każdego ruchu? **Zgięcie: 25° Wyprost: 5° Zgięcie lewe boczne: 23° Zgięcie prawe boczne: 22°**

Czy ruchomość zarejestrowaną dla każdej osi można uznać za normalną? **Nie**, ponieważ występuje znaczna utrata ruchomości w odniesieniu do wartości, które zostały przyjęte jako referencyjne. Na przykład, istnieje utrata ruchomości o 75% dla wyprostowania i 50% dla zgięcia.

Rozwiązanie

Jakie wartości przyjęto za punkt odniesienia dla normalności?

Wartości mobilności Amerykańskiego Towarzystwa Medycznego.

Jaki jest najbardziej ograniczony ruch lub z największą utratą ruchomości? A który ruch jest najmniej ograniczony?

Najbardziej ograniczonym ruchem był wyprost, z 75% utratą ruchomości. Najmniej ograniczonym ruchem było zgięcie boczne lewostronne, z 22% utratą ruchomości.

Czy odnotowana utrata ruchomości jest znacząca?

Tak w przypadku zgięcia/wyprostu.

Czy stwierdzono istotną asymetrię w lateralności ruchów?

Nie. Asymetrię w lateralności można zaobserwować jedynie w zgięciach bocznych, a różnica wynosi tylko 1°.

Kluczowe zagadnienia

- Mobilność zmienia się z wiekiem, a zakres ruchu zmniejsza się wraz z wiekiem. Ważne jest, aby porównywać wartości uzyskane przy użyciu tych samych protokołów i sprzętu pomiarowego.
- W celu dokładniejszego pomiaru zakresu ruchu kręgosłupa, Amerykańskie Towarzystwo Medyczne (AMA) zaleca stosowanie inklinometrów jako dokładnej metody oceny rzeczywistego ruchu kręgosłupa.
- Ból dolnego odcinka kręgosłupa powoduje ograniczenia w wykonywaniu częstych i powszechnych czynności życia codziennego, takich jak siadanie i wstawanie z krzesła czy podnoszenie i przenoszenie ciężarów zarówno w pracach domowych, jak i zawodowych. Analiza kinematyczna i kinetyczna tych ruchów pozwala na ich dokładniejsze zdefiniowanie poprzez analizę zakresu ruchu (ROM), przyspieszenia kąтового i szybkości, z jaką ruch jest wykonywany, a także innych parametrów, takich jak siła reakcji i powtarzalność ruchu.
- Istnieją systemy do pomiaru siły mięśni przykręgowych. Jednymi z najczęściej stosowanych są systemy izokinetyczne, które utrzymują stałą prędkość kątową ruchu w całym wybranym zakresie ruchu.
- Aktywność mięśni tułowia może być pośrednio oceniana za pomocą elektromiografii. Jest to powód, dla którego powierzchniowe EMG jest często wykorzystywaną techniką do oceny odcinka lędźwiowego, a w szczególności do analizy zachowania mięśni podczas ruchów takich jak zgięcie-wyprost tułowia. W przypadku patologii odcinka lędźwiowego przeprowadzana jest analiza ciszy mioelektrycznej.



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.

