

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.2. Jaké sa, dostupné protokoly biomechanickej oceny  
instrumentalnej lédźwiowego í grzbietowego odcínka krégostupa?

## D.2. Jakie są dostępne protokoły biomechaniczne oceny instrumentalnej lędźwiowego i grzbietowego odcinka kręgosłupa?

### CELE

- Przywołanie głównych cech składających się na test oceny biomechanicznej.
- Poznanie niektórych protokołów stosowanych do oceny kinematycznej grzbietowego i lędźwiowego odcinka kręgosłupa.
- Poznanie niektórych protokołów służących do oceny siły i aktywności mięśniowej grzbietowo-lędźwiowego odcinka kręgosłupa.

## D.2. Jakie są dostępne protokoły biomechaniczne oceny instrumentalnej lędźwiowego i grzbietowego odcinka kręgosłupa?

### Indeks

- Co to jest test biomechaniczny? Na czym ono polega?
- Protokoły do oceny ruchu
- Protokoły do oceny siły
- Ocena aktywności mięśniowej: EMG powierzchniowe

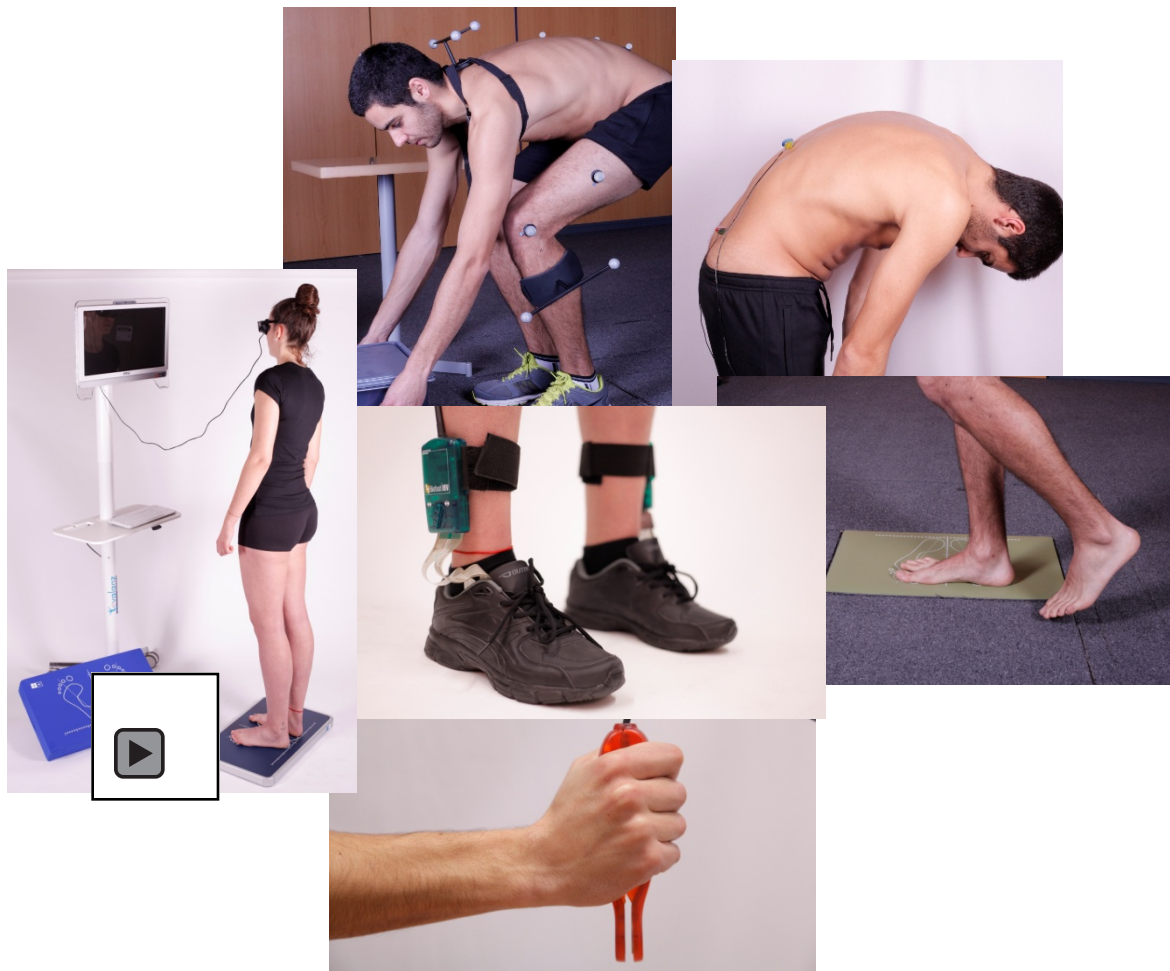
## D.2. Jakie są dostępne protokoły biomechaniczne oceny instrumentalnej lędźwiowego i grzbietowego odcinka kręgosłupa?

### Indeks

- **Co to jest test biomechaniczny? Na czym ono polega?**
- Protokoły do oceny ruchu
- Protokoły do oceny siły
- Ocena aktywności mięśniowej: EMG powierzchniowe

## Co to jest test biomechaniczny? Co to oznacza?

Badanie oceny biomechanicznej jest **testem uzupełniającym** przeprowadzonym za pomocą technik biomechanicznych.



## Co to jest test biomechaniczny? Co to oznacza?

Istnieją różne testy oceny biomechanicznej. Aspekty, które je definiują, to:

Jaka funkcja jest oceniana.

- Na jakim instrumencie i technice opiera się ocena.
- **Jaki protokół oceny został zastosowany.**
- Jakich wyników dostarcza, w jakich jednostkach i za pomocą jakich technik analizy danych zostały one uzyskane.
- Znormalizowane kryteria interpretacji.

## D.2. Jakie są dostępne protokoły biomechaniczne oceny instrumentalnej lędźwiowego i grzbietowego odcinka kręgosłupa?

### INDEX

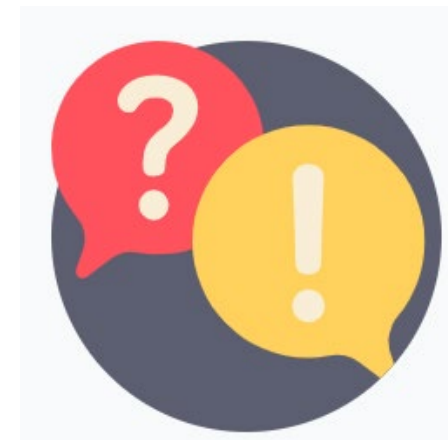
- Co to jest test biomechaniczny? Na czym ono polega?
- **Protokoły do oceny ruchu**
- Protokoły do oceny siły
- Ocena aktywności mięśniowej: EMG powierzchniowe

## Protokoły oceny ruchu

### Kręgosłup grzbietowo-lędźwiowy: inne protokoły?

Możemy zdecydować się na pomiar dowolnego innego gestu pod warunkiem, że:

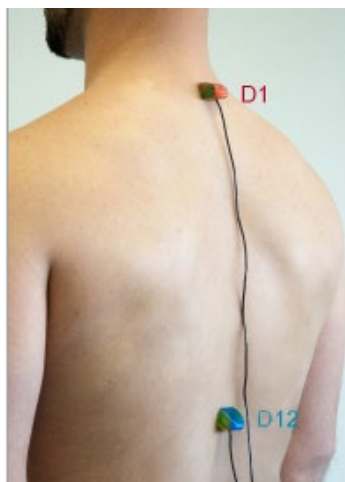
- Wiemy, jak dobrać odpowiedni instrument i technikę;
- Odpowiedni model biomechaniczny;
- Prawidłowy, dobrze zdefiniowany i wystandaryzowany protokół;
- Właściwe przetwarzanie danych;
- Uzyskamy ważne, wiarygodne wyniki;
- Znormalizowana interpretacja wyników.





## Protokoły oceny ruchu

### INCLINOMETRIA



 NedRangos/IBV

**Elektroniczny system inklinometryczny wykorzystujący dwa inklinometry:**

Inklinometry umieszcza się w celu oceny osi ruchu dla zgięcia-wyprostu grzbietowego i rotacji.

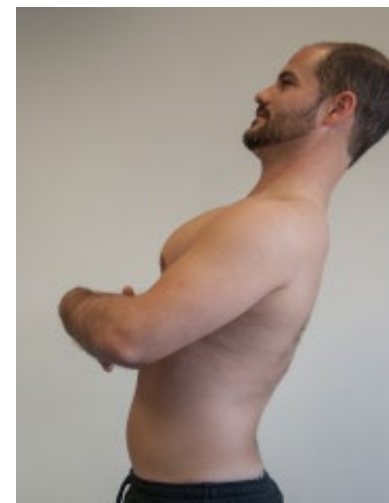
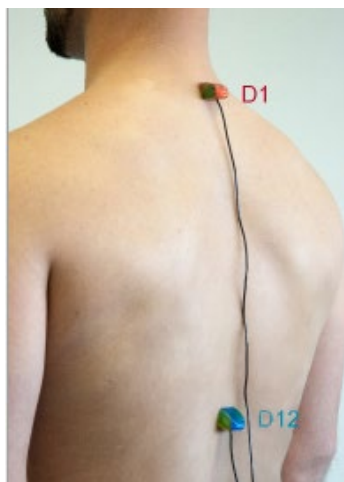
Protokół oparty na przewodniku **Amerykańskiego Towarzystwa Medycznego.**

Należy zmierzyć pozycję neutralną, a następnie wykonać ruch czynny lub bierny, który ma być oceniony (zgięcie i rotacja).

Minimum trzy ważne pomiary zgodnie z kryterium powtarzalności AMA, różniące się o mniej niż 10% lub 5°.

## Protokoły oceny ruchu

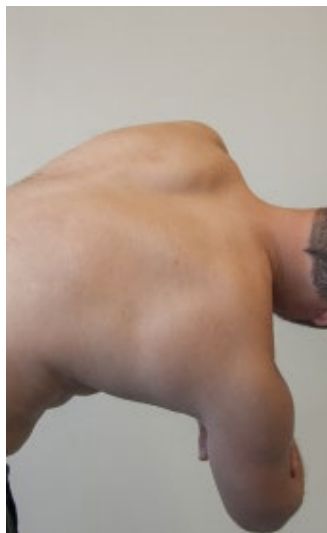
### INCLINOMETRIA: Zgięcie i wyprost grzbietu.



1. Pozycja neutralna
2. Maksymalny ruch zgięcia (zwiększenie kifozy).
3. Maksymalny ruch wyprostu (zmniejszenie kifozy, otwarcie klatki piersiowej).

## Protokoły oceny ruchu

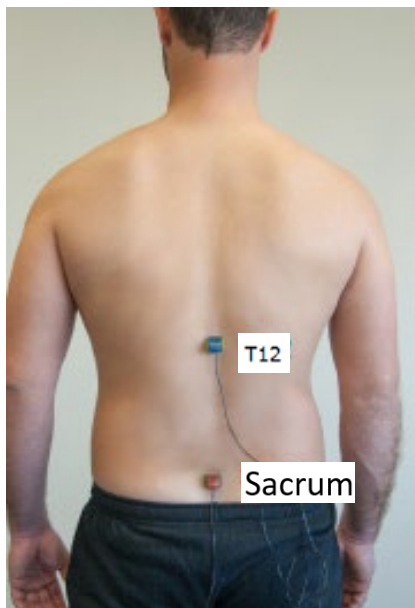
### INCLINOMETRIA: Rotacja grzbietu



1. Pozycja neutralna (tułów w zgięciu, ramiona skrzyżowane, bez rotacji).
2. Maksymalny ruch rotacyjny w lewo i prawo (rotacja z tułowiem w zgięciu, uniesienie łokcia w kierunku sufitu).

## Protokoły oceny ruchu

### INCLINOMETRIA



### Elektroniczny system inklinometryczny wykorzystujący dwa inklinometry:

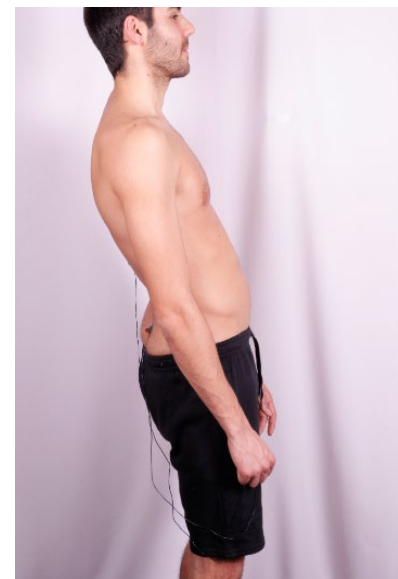
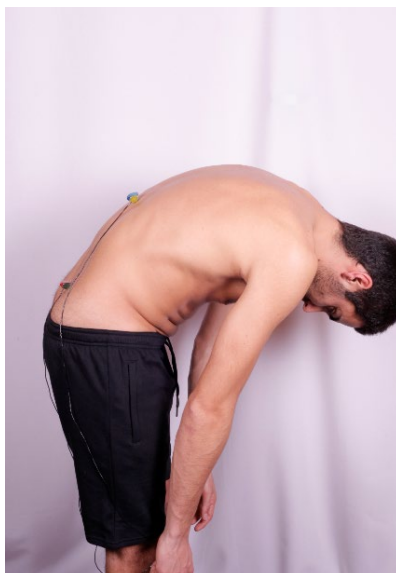
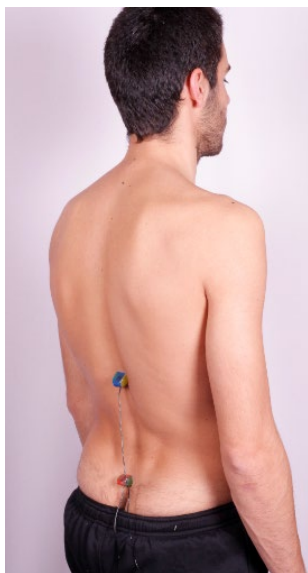
Inklinometry są umieszczane w celu oceny osi ruchu dla zgięcia i wyprostu odcinka lędźwiowego oraz zgięcia bocznego.

Protokół oparty na przewodniku Amerykańskiego Towarzystwa Medycznego. Mierzona jest pozycja neutralna, a następnie maksymalny ruch czynny lub bierny, który ma być oceniony.

Minimum trzy ważne pomiary zgodnie z kryterium powtarzalności AMA, różniące się o mniej niż 10% lub mniej niż 5°.

## Protokoły oceny ruchu

### INCLINOMETRIA: Zgięcie i wyprost odcinka lędźwiowego kręgosłupa



1. Pozycja neutralna
2. Maksymalny ruch zgięcia (końce palców w kierunku podłoża).
3. Maksymalny ruch wyprostu

## Protokoły oceny ruchu

### INCLINOMETRIA i zgięcie-wyprost odcinka lędźwiowego LUMBAR VALIDITY TEST

Dodatkowe potwierdzenie powtarzalności AMA: test zgięcia-wyprostu odcinka lędźwiowo-krzyżowego uwzględnia ruch bioder przy kości krzyżowej:

- ♂ Zakres zgięcia-wyprostu kości krzyżowej  $> 55^\circ$ .
- ♀ Zakres zgięcia-wyprostu kości krzyżowej  $> 65^\circ$ .

Jeśli nie jest to spełnione, zaleca się przeprowadzenie testu wiarygodności:



✓ Test wiarygodny:  
Najniższy pasywny kąt uniesienia nie jest większy o więcej niż  $15^\circ$  od zgięcia-wyprostu kości krzyżowej.

## Protokoły oceny ruchu

### INCLINOMETRIA: Zgięcie boczne



1. Pozycja neutralna
2. Maksymalny ruch zgięcia bocznego w lewo i w prawo (ramię przy ciele).

# Protokoły oceny ruchu

## FOTOGRAMETRIA



**NedLumbar/IBV**  
Valoración de la Columna Lumbar

### Segments

Cervical

C7 Left



C7 Right

C7 Lower

Thoracic

T12

Lumbar

Left iliac crest

L3

Pelvic

L5

Sacrum

Thigh

Middle third femur

Leg

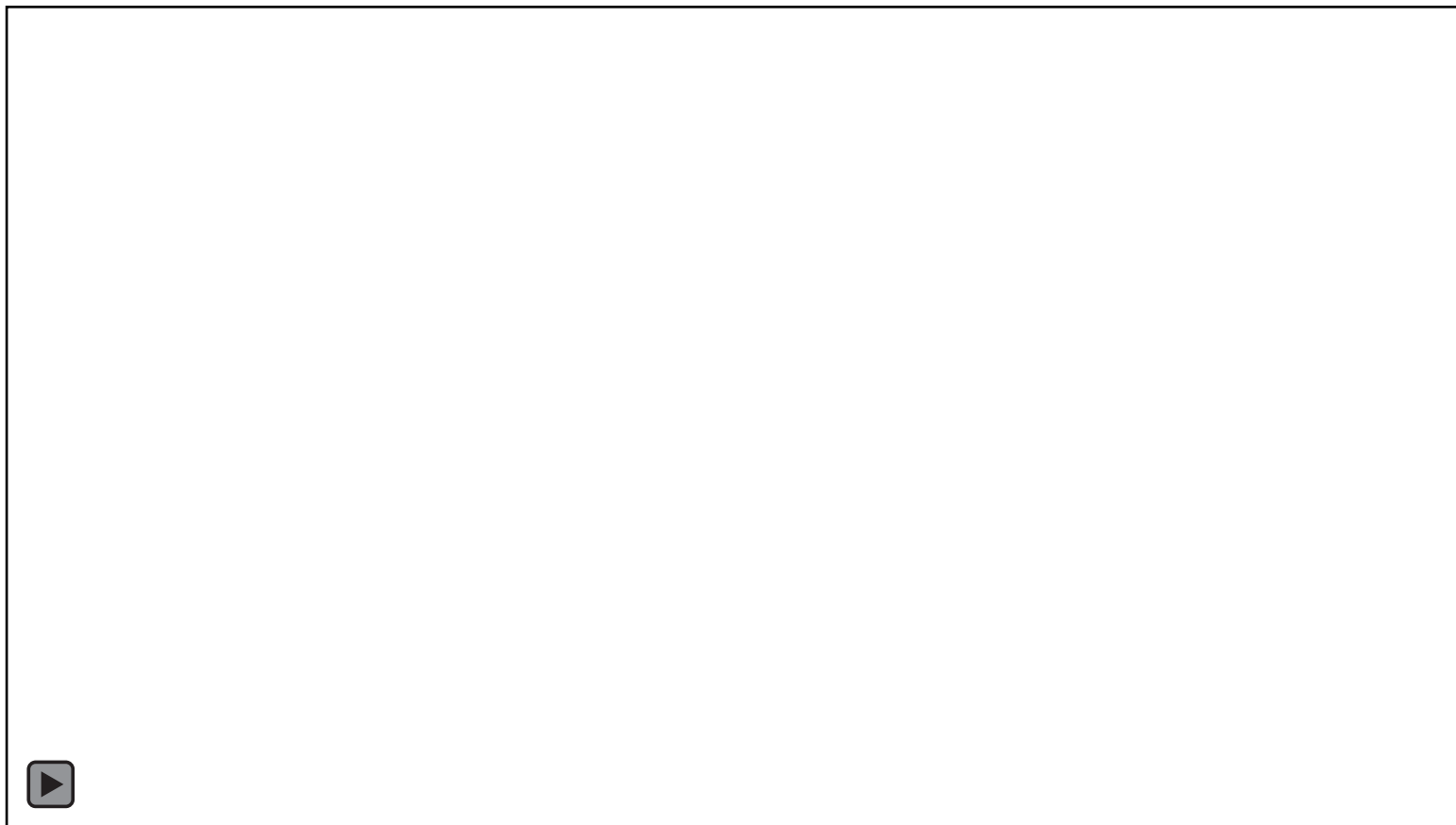
Lateral femoral condyle

Middle third fibula



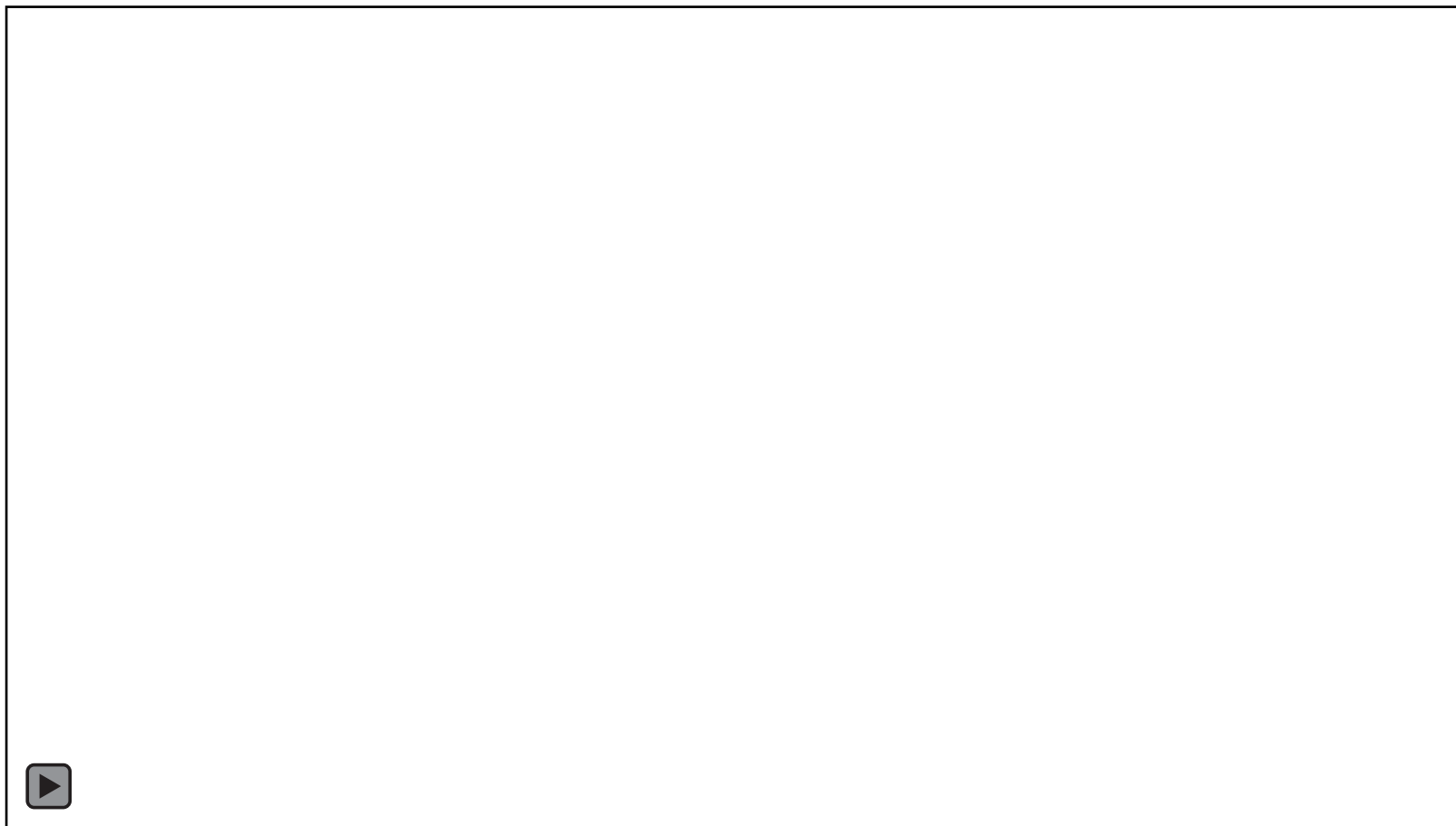
# Protokoły oceny ruchu

## FOTOGRAMIOMETRIA: Wstawanie z krzesła



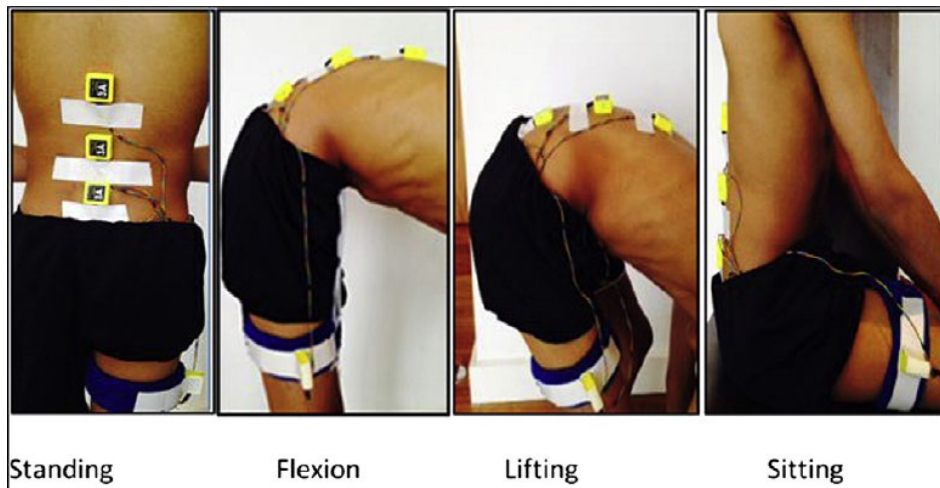
# Protokoły oceny ruchu

## FOTOGRAMIOMETRIA: Podnoszenie ciężaru



## Protokoły oceny ruchu

Alqhtani R.S. i wsp. oceniali również ADL: stanie, zgięcie, podnoszenie przedmiotu i siedzenie.



System akcelerometryczny: cztery czujniki na S1, L3, T12 i bocznej powierzchni uda. Pomiar ruchu względnego pomiędzy czujnikami: kąt biodra, dolny i górny odcinek lędźwiowy..

Rozgrzewka poprzedzająca (zgięcie-wyprost tułowia i rotacja).

### Pomiar gestów:

Rozpoczęcie ruchu ze stopami nad znakami na podłodze, pozycja wyprostowana wpatrywanie się w określony wcześniej znak na ścianie na wysokości 2 m. Ramiona rozluźnione z boku ciała.

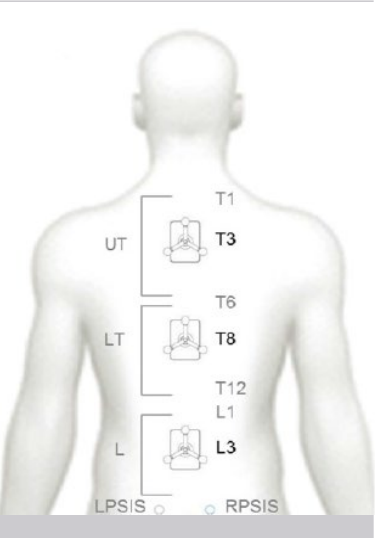
Ruchy: maksymalne zgięcie przednie, podnoszenie przedmiotu z ziemi (np. drewnianej skrzynki z uchwytami), siadanie i wstawanie ze stołka.

Pełny gest wykonywany jest jako test przed pomiarem.

## Protokoły oceny ruchu

### Inne protokoły:

Needham R. i in. i Steele J. i wsp. skoncentrowali się na kinematycznej ocenie kręgosłupa podczas wykonywania zwykłej aktywności: chodzenia.

Autor(Autorzy)	Cele badań
Needham R. et al.	Opracowanie i zatwierdzenie wielosegmentowego modelu kinematycznego do oceny ruchu lędźwiowego i grzbietowego
Użyty protokół	
<p>Model kinematyczny kręgosłupa: model markerów</p> <p>Walidacja z modelem mechanicznym.</p> <p>Pomiary porównane z elektrogoniometrem i torsjometrem.</p> <p>Umożliwia pomiar kątowny 3D (osie XZY)</p>	 <p>Chodzenie boso po chodniku z wybraną przez siebie prędkością.</p> <p>Użyto systemu Wireless Timing Gates (Brower Timing Systems, Draper, UT, USA), aby upewnić się, że dana prędkość została osiągnięta.</p> <p>Wykonano pięć pomiarów lub spacerów w chodniku, zapewniając bieżnię na dwóch platformach dynamometrycznych.</p> <p>Cały proces jest powtarzany tydzień później (badanie powtarzalności testu-retest).</p>

## Protokoły oceny ruchu

### Inne protokoły:

Kinematyczna ocena kręgosłupa podczas wykonywania zwykłej aktywności: chodzenie.

Autor(Autorzy)	Cel badań
Steele et al.	Badanie zależności pomiędzy kinematyką kręgosłupa podczas chodzenia z bólem a siłą mięśni prostowników odcinka lędźwiowego kręgosłupa u osób z lumbalgią.

### Użyty protokół

Model markerów miednicy i odcinka piersiowo-lędźwiowego. Umożliwia to pomiar ruchu odcinka lędźwiowego w odniesieniu do miednicy w 3D.



Osoba badana idzie z wybraną przez siebie prędkością po wyznaczonym chodniku o długości 8 m. Zebrano co najmniej pięć prób lub przejść.

## D.2. Jakie są dostępne protokoły biomechaniczne oceny instrumentalnej lędźwiowego i grzbietowego odcinka kręgosłupa?

### Indeks

- Co to jest test biomechaniczny? Na czym ono polega?
- Protokoły do oceny ruchu
- **Protokoły do oceny siły**
- Ocena aktywności mięśniowej: EMG powierzchniowe

## Protokoły do oceny siły

### DYNAMOMETRIA IZOMETRYCZNA

- Urządzenia te służą do pomiaru siły oporu bez zmiany długości włókien mięśniowych i bez ruchu stawów.
- Różne protokoły.



Ręczny dynamometr MicroFET2 do oceny układu mięśniowo-szkieletowego



Ocena siły izometrycznej w każdym łuku, w tym siły pochodzącej z tułowia, szczególnie w wyproście. Określenie maksymalnej wartości szczytowej siły oraz wygenerowanie krzywych siły i wykresów.

Informacje i obrazy z:

<https://tienda.fisaude.com/dinamometro-evaluacion-musculo-esqueletica-microfet2-p-39680.html>

## Protokoły do oceny siły

### DYNAMOMETR IZOMETRYCZNY: Niektóre protokoły oceny siły grzbietowo-lędźwiowej kręgosłupa w bibliografii.

Autor	Cel badań
Pranata A. et al.	Badanie zdolności do kontroli siły prostowników odcinka lędźwiowego u osób z przewlekłym bólem odcinka lędźwiowego oraz analiza, czy jest ona związana z postrzeganym poziomem niepełnosprawności.

### Używany protokół

Zmierzono maksymalny dobrowolny izometryczny skurcz mięśni prostowników lędźwiowych (MVIC) w celu określenia wartości submaksymalnych (20-50% MVIC) dla zadania dopasowania do celu w pozycji siedzącej z podparciem w pozycji siedzącej z podparciem, przy użyciu dynamometru wyprost odcinka lędźwiowego (MedX).

MedX stabilizuje miednicę poprzez system ograniczający, który zapobiega rotacji miednicy poprzez izolację wyprost odcinka lędźwiowego rotacji miednicy poprzez izolację grupy mięśni prostowników lędźwiowych.

Poprzednia 30-sekundowa rozgrzewka: zgięcie i wyprost odcinka lędźwiowego (bezbolesny zakres ruchu).

Postawa: neutralna pozycja kręgosłupa (12° zgięcia, 0° pełnego wyprost) z plecami opartymi o oparcie. plecy oparte o oparcie. Pacjenci powinni dociskać plecy do oparcia, zwiększając siłę izometryczną do MVIC w czasie 4 sekund.



## Protokoły do oceny siły

### DYNAMOMETR IZOMETRYCZNY: Niektóre protokoły oceny siły grzbietowo-lędźwiowej kręgosłupa w bibliografii.

Autor	Cel badań
Pranata A. et al.	Badanie zdolności do kontroli siły prostowników odcinka lędźwiowego u osób z przewlekłym bólem odcinka lędźwiowego oraz analiza, czy jest ona związana z postrzeganym poziomem niepełnosprawności.

### Używany protokół

#### Zadanie dopasowania siły prostowników lędźwiowych:

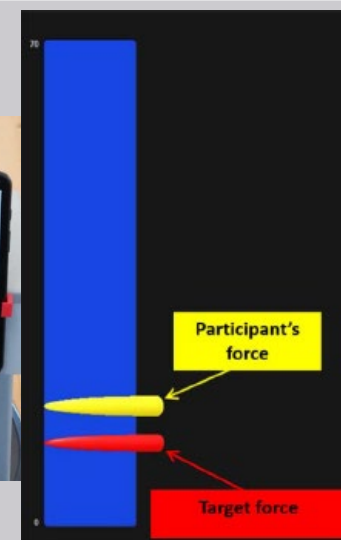
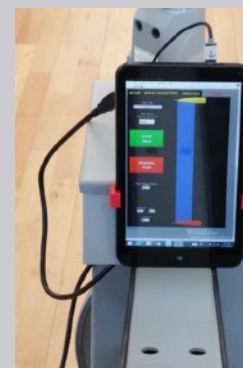
Osoby badane powinny jak najdokładniej dopasować siłę do celu poprzez zwiększając i zmniejszając swoją siłę izometryczną od 20 do 50% MVIC przy częstotliwości 0,16 Hz. MVIC przy częstotliwości 0,16 Hz.

Dolna i górna granica docelowej siły (tj. 20% i 50% MVIC) zostały wybrane na podstawie intensywności skurczu prostowników odcinka lędźwiowego stosowanych w codziennych czynnościach życiowych.

Wykonano dwie próby trwające po 60 s z 30-sekundowym odpoczynkiem pomiędzy nimi.

Próby były wykonywane. Zapewniono wizualną informację zwrotną.

Nie stosowano słownej zachęty, a podczas badania i w środowisku utrzymywano ciszę.



## Protokoły do oceny siły

### DYNAMOMETRIA IZOKINETYCZNA

Ocenia moment siły ( $F_{xd}$ ) lub moment obrotowy generowany w stawie lub segmencie ciała przy określonej prędkości i w określonym zakresie ruchu.

Różne pozycje: siedząca, stojąca, leżąca, leżąca na boku, leżąca na wznak i leżąca na boku. Pozycja siedząca wydaje się być najbardziej odpowiednia, ponieważ pozwala na stabilizację miednicy, minimalizując w ten sposób aktywność mięśniową biodra.

W tym przypadku protokół obejmuje wybór całkowitego zakresu i prędkości ( $^{\circ}/s$ ), przy której ma być dokonany pomiar siły:

- W zależności od ocenianej patologii, różne zakresy i prędkości mogą powodować ograniczenia. Na przykład, u osób z patologią stawu twarzowego, ból pojawia się podczas wysuwania tułowia z małą prędkością i maksymalnym zakresem, co zmniejsza maksymalny generowany moment (moment obrotowy).



Ferreira Quintino L. et al.

## D.2. Jakie są dostępne protokoły biomechaniczne oceny instrumentalnej lędźwiowego i grzbietowego odcinka kręgosłupa?

### Indeks

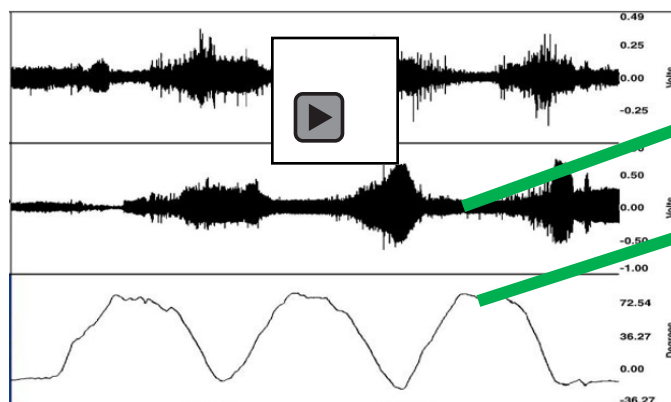
- Co to jest test biomechaniczny? Na czym ono polega?
- Protokoły do oceny ruchu
- Protokoły do oceny siły
- **Ocena aktywności mięśniowej: EMG powierzchniowe**

# Ocena aktywności mięśniowej: Powierzchniowe EMG

## EMG POWIERZCHNIOWE

Istnieje wiele protokołów oceny aktywności mięśniowej, które wykorzystują powierzchniowe EMG:

- **Pomiar zjawiska zgięcia-rozluźnienia w odcinku lędźwiowym kręgosłupa:**
  - ✓ Rozluźnienie masy mięśniowej przy maksymalnym zgięciu (osoby zdrowe).
  - ✓ Istnieją różne protokoły, jeśli chodzi o instrumenty i wymagania dotyczące gestu, który ma być wykonany w celu oceny tego zjawiska. Wiele z nich określa minimalne wymagane zgięcie kręgosłupa lędźwiowego, aby ocena zjawiska była ważna.



Zmniejszenie aktywności EMG.

Maksymalne zgięcie.

Przykład protokołu do przeprowadzenia tego typu testu można zobaczyć za pomocą następującego łącza:

<https://www.youtube.com/watch?v=rrMUmVgEOWg>

## Protokoły oceny kręgosłupa szyjnego

### EMG POWIERZCHNIOWE

Chiou Sy et al.

#### Cel badań

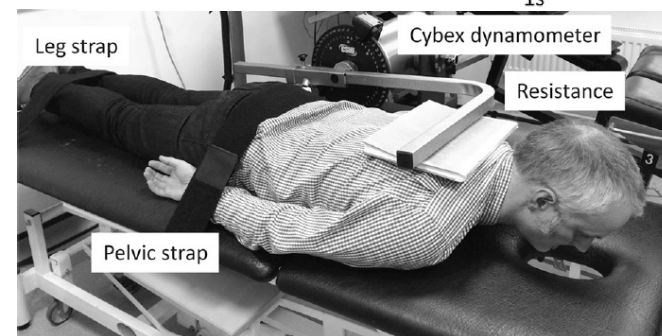
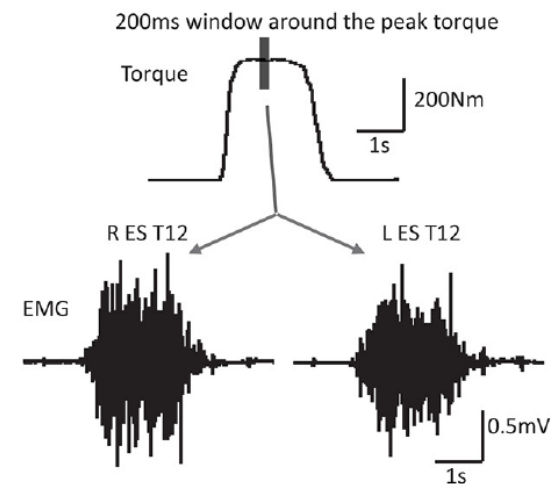
Badanie możliwości sprawdzenia siły prostowników odcinka lędźwiowego kręgosłupa (EMG pod względem częstotliwości) u osób z bólem odcinka lędźwiowego kręgosłupa oraz analiza, czy ma to związek z odczuwaną niepełnosprawnością.

#### Używany protokół

Obustronne elektrody we wzmacniaczu kręgosłupa L4 i T12 (EMG).

Osoby badane wykonywały trzy krótkie maksymalne dobrowolne skurcze izometryczne (MVIC) prostowników grzbietu, a moment obrotowy mierzono przy użyciu dynamometru.

Badano częstotliwość sygnału EMG w momencie szczytowego momentu obrotowego, uzyskując: stosunek (niskie/wysokie częstotliwości) energii, szczytową moc i częstotliwość szczytowej mocy dla każdego miejsca rejestracji, uśrednioną i skorelowaną.



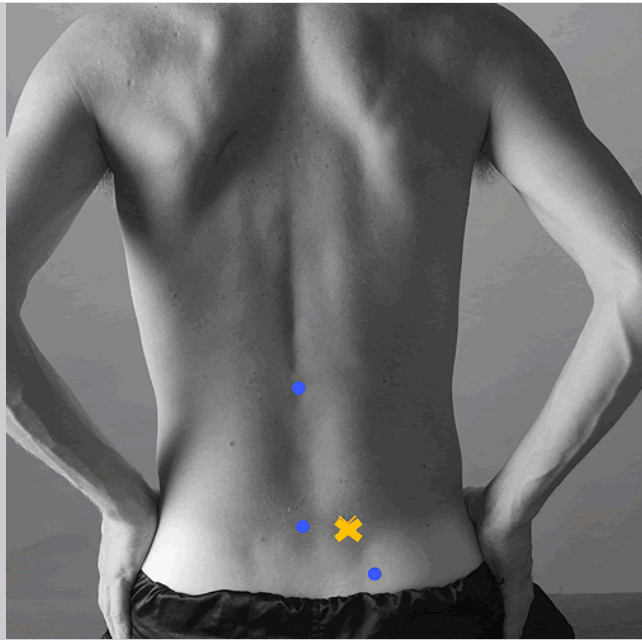
## Protokoły oceny aktywności mięśni

### EMG POWIERZCHNIOWE: Inne protokoły

**SENIAM** (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles) zawiera szereg propozycji oceny aktywności mięśni w obrębie tułowia, wraz z zaleceniami dotyczącymi czynności lub ruchu, jaki należy wykonać podczas pomiaru.

Obejmują one:


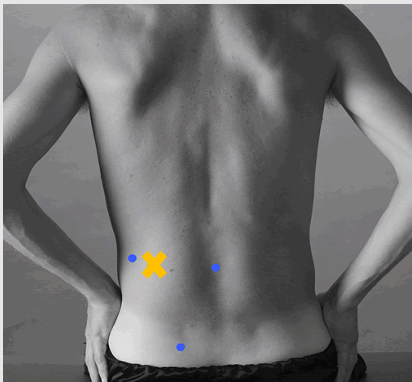
<http://www.seniam.org/>

Mięśnie	Czujniki EMG (X)	Działania/Test
Multifidus (Mięsień wielodzielny)		Testy kliniczne polegałyby na uniesieniu tułowia z pozycji leżącej.

# Protocols for assessment of muscular activity

## EMG POWIERZCHNIOWE: Inne protokoły

<http://www.seniam.org/>

Mięśnie	CzujnikiEMG (X)	Działania/Test
Mięsień prostownika grzbietu (Erector spinae longissimus)		<p>Testy kliniczne polegałyby na uniesieniu tułowia z pozycji leżącej.</p>
Erector spinae iliocostalis		

## NAJWAŻNIEJSZE ASPEKTY OCENY KRĘGOSŁUPA Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK I PRZYRZĄDÓW

- Istnieje wiele protokołów oceny grzbietowo-lędźwiowego odcinka kręgosłupa za pomocą technik z użyciem przyrządów, niezależnie od tego, czy chodzi o pomiar siły, ruchu, aktywności mięśniowej czy czegoś innego.
- Teoretycznie, każdy gest może być oceniony przy użyciu technik instrumentalnych, pod warunkiem, że wybierzemy właściwą technikę, odpowiedni protokół, właściwe przetwarzanie danych i mamy znormalizowane kryteria interpretacji wyników.
- Protokół pomiarowy w każdym przypadku musi zawierać: przyrządy (jeśli są wymagane), gest, który mierzymy, liczbę powtórzeń, wcześniejsze instrukcje i polecenia wydawane pacjentowi podczas badania, postawę osoby badanej przed i po pomiarze, czas (odpoczynki, próby) i jak najwięcej szczegółów, aby każdy mógł postępować zgodnie z tym samym protokołem.
- Definicja protokołu pomiarowego musi uwzględniać wszystkie możliwe czynniki, które mogą wpłynąć na wiarygodność wyników (mierzymy to, co zamierzamy zmierzyć) i rzetelność (jeśli protokół zostanie powtórzony przez tego samego lub innego oceniającego w tych samych warunkach, wyniki będą podobne).



## Ćwiczenia (30')

Praca w grupach:

1. Przeczytaj uważnie artykuł S. Alqhtani et in.
2. Przyjrzyj się protokołowi pomiaru, w tym przyrządom, gestom, warunkom i instrukcjom/ poleceniom.
3. Czy potrafisz dokładnie odtworzyć ten eksperyment?
4. Czy uważasz, że w opisie eksperymentu brakuje czegoś, co pozwoliłoby go odtworzyć? Czego? Dlaczego jest to ważne i jak myślisz, w jaki sposób może to wpłynąć na uzyskane wyniki?

Podziel się swoimi wnioskami z kolegami.

## Referencje

- Correlation of lumbar-hip kinematics between trunk flexion and other functional tasks. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 38(6), 442-447.
- Needham, R., Naemi, R., Healy, A., & Chockalingam, N. (2016). Multi-segment kinematic model to assess three-dimensional movement of the spine and back during gait. *Prosthetics and orthotics international*, 40(5), 624-635. Needham R. et al.
- Steele, J., Bruce-Low, S., Smith, D., Jessop, D., & Osborne, N. (2014). Lumbar kinematic variability during gait in chronic low back pain and associations with pain, disability and isolated lumbar extension strength. *Clinical Biomechanics*, 29(10), 1131-1138.
- Pranata, A., Perraton, L., El-Ansary, D., Clark, R., Fortin, K., Dettmann, T., ... & Bryant, A. (2017). Lumbar extensor muscle force control is associated with disability in people with chronic low back pain. *Clinical Biomechanics*, 46, 46-51.
- Chiou, S. Y., Koutsos, E., Georgiou, P., & Strutton, P. H. (2018). Association between spectral characteristics of paraspinal muscles and functional disability in patients with low back pain: a cohort study. *BMJ open*, 8(2), e017091.
- Quintino, L. F., Franco, J., Gusmão, A. F. M., Silva, P. F. D. S., & Faria, C. D. C. D. M. (2018). Trunk flexor and extensor muscle performance in chronic stroke patients: a case-control study. *Brazilian journal of physical therapy*, 22(3), 231-237.

### Websites:

<https://tienda.fisaude.com/dinamometro-evaluacion-musculo-esqueletica-microfet2-p-39680.html>

<http://www.seniam.org/>



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.

