

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?



Spis treści

1. CELE 2	
2. WYNIKI PATOLOGICZNE W OCENIE KRĘGOSŁUPA SZYJNEGO	3
Ocena zakresu ruchu odcinka szyjnego kręgosłupa (ROM- range of motion) ...3	
Ocena kinematyczna kręgosłupa szyjnego.....4	
3. WYNIKI PATOLOGICZNE W OCENIE KRĘGOSŁUPA LĘDŹWIOWEGO	7
Ocena zakresu ruchu w odcinku lędźwiowym (ROM).....7	
Ocena w zakresie czynności życia codziennego8	
Aktywność: wstawanie z krzesła8	
Aktywność: Podnoszenie ciężarów 11	
Ocena siły. Izokinetyka 12	
Ocena aktywności mięśni. Elektromiografia powierzchniowa..... 13	
4. OCENA KRĘGOSŁUPA SZYJNEGO. PRZYPADEK KLINICZNY	15
5. OCENA ODCINKA LĘDŹWIOWEGO. PRZYPADEK KLINICZNY	20
6. KLUCZOWE ZAGADNIENIA	28
7. REFERENCJE	29

1. Cele

- Zapoznanie się z interpretacją wyników uzyskanych z oceny kinematycznej odcinka szyjnego kręgosłupa w populacji prawidłowej.
- Poznanie interpretacji wyników uzyskanych z oceny siły mięśniowej odcinka szyjnego kręgosłupa w populacji patologicznej.
- Poznanie interpretacji wyników uzyskanych z oceny kinematycznej odcinka lędźwiowego kręgosłupa w populacji patologicznej.
- Zrozumienie interpretacji wyników uzyskanych z oceny siły mięśni lędźwiowych w populacji patologicznej.
- Poznanie sposobów pracy z patologicznymi wynikami oceny biomechanicznej kręgosłupa szyjnego i/lub lędźwiowego na podstawie przypadków klinicznych.

W poprzednich lekcjach omówiono protokoły i różne techniki analizy biomechanicznej, które mogą być wykorzystane do przeprowadzenia analizy biomechanicznej kręgosłupa. Ta lekcja przedstawia niektóre z wyników uzyskanych podczas analizy biomechanicznej u osoby cierpiącej na bóle kręgosłupa. Dodatkowo, wyniki te zostaną pokazane w odniesieniu do prawidłowego wzorca, aby student mógł nauczyć się rozpoznawać różnice. Na koniec, wyniki analizy przypadku klinicznego zostaną omówione, aby pomóc studentowi zapoznać się z nimi i zrozumieć ich przydatność.

2. 2. Wyniki patologiczne w ocenie kręgosłupa szyjnego

Ból szyi jest jednym z najczęstszych powodów konsultacji z lekarzem. Uważa się, że wysoki procent ludzi doświadczy bólu szyjnego w pewnym momencie swojego życia. To właśnie lekarz musi ocenić pacjenta i ustalić przyczynę (diagnozę) tego bólu, wykluczając potencjalnie poważne przyczyny. Ponieważ ból szyjny może mieć wiele przyczyn, dobry wywiad i badanie pomogą w postawieniu diagnozy. Uzupełnieniem takiej diagnozy jest ocena czynnościowa kręgosłupa szyjnego. Do tej oceny wykorzystuje się testy biomechaniczne, które dostarczają informacji na temat ruchomości i siły mięśniowej tego obszaru. Dlatego też wykorzystanie testów biomechanicznych w procesie klinicznej oceny pacjenta jest dobrym uzupełnieniem diagnostyki i pozwala na bardziej globalne spojrzenie na stan pacjenta.

Ocena zakresu ruchu odcinka szyjnego kręgosłupa (ROM- range of motion)

Ocena zakresu ruchu w odcinku szyjnym kręgosłupa jest jednym z najważniejszych aspektów badania pacjenta. Dzięki metodom analizy biomechanicznej, poza dokładnym pomiarem zakresu ruchu i porównaniem go do wzorców prawidłowych, możliwe jest zidentyfikowanie wyraźnych ograniczeń lub znacznej asymetrii. Proces mechaniczny, który wpływa na kręgosłup szyjny zazwyczaj powoduje asymetryczne ograniczenia. Istnieją patologie kręgosłupa szyjnego, które mogą być oceniane przy użyciu technik analizy biomechanicznej, w przypadku których można stwierdzić znaczące różnice w ruchomości kręgosłupa szyjnego w odniesieniu do normalnego wzorca ruchu.¹ Na przykład stany urazowe obejmujące układ kostny i więzadłowy kręgosłupa szyjnego, które nie zagrażają rdzeniowi kręgowemu, takie jak skręcenie kręgosłupa szyjnego, stany zwyrodnieniowe i reumatyczne, takie jak artroza kręgosłupa szyjnego i zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa, lub ograniczenia ruchomości kręgosłupa szyjnego związane z bólem, takie jak niektóre stany związane z postawą, pracą lub stresem.

Jeśli chodzi o zakres ruchu, przeprowadzone badania wykazują, że ulega on zmniejszeniu w porównaniu z osobami zdrowymi. Wyniki różnią się w zależności od zastosowanej techniki pomiarowej i protokołu. Niektóre prace^{2,3,4,5,6} koncentrują się na badaniu zakresu ruchu u pacjentów, którzy wykonują pojedynczy maksymalny ruch aktywny. Inne prace⁷ wykorzystują technikę zmuszania pacjenta do wykonania maksymalnego zakresu w sposób pasywny. Wreszcie, w niektórych badaniach⁸, jak widać w następnym podrozdziale, pacjenci mogą być proszeni o wykonywanie ruchu w sposób ciągły i cykliczny do maksimum swoich możliwości.

Poniższe przykłady wykresów przedstawiają zmienione wyniki w odniesieniu do zakresu ruchu szyjnego mierzonego przy użyciu technik analizy biomechanicznej. Analizując je, student będzie w stanie zidentyfikować rodzaj zastosowanej techniki biomechanicznej, zinterpretować wykres i zrozumieć wyniki na podstawie przedstawionych ograniczeń funkcjonalnych.

Badanie: Ocena zakresu ruchu kręgosłupa szyjnego w trzech płaszczyznach anatomicznych.



Rysunek 1. Zakres ruchu w odcinku szyjnym.

Technika pomiarowa: Fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry.

Typ analizy: Kinematyczna.

Przedstawienie graficzne: Zakres ruchu odcinka szyjnego kręgosłupa (°) w trzech płaszczyznach (czołowej, strzałkowej i poprzecznej). Zewnętrzna krawędź wykresu reprezentuje strefę normalności.

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

Ocena kinematyczna kręgosłupa szyjnego

Ruchomość odcinka szyjnego kręgosłupa jest najszerzej stosowaną miarą dającą funkcjonalne wyniki w ocenie stanu pacjentów z patologią odcinka szyjnego. Dostarcza obiektywnych informacji o stopniu nasilenia ograniczenia ruchów w odcinku szyjnym. Może być również wykorzystana do monitorowania pacjenta w trakcie i po zabiegach terapeutycznych.

Jeżeli badający jest zainteresowany nie tylko zakresem ruchów w odcinku szyjnym, ale również charakterystyką lub bardziej szczegółowymi informacjami na temat wykonywanego ruchu, należy przeprowadzić analizę kinematyczną. Tego typu analiza dostarcza bardziej precyzyjnych informacji, zarówno w formie liczbowej jak i graficznej, na temat szybkości i zakresu ruchu kręgosłupa szyjnego. Stosowane systemy rejestrują ruch w przestrzeni i analizują go bardziej szczegółowo, dostarczając takich informacji jak zakres ruchu, prędkość kątowna, przyspieszenie kątowne, płynność ruchu czy jego powtarzalność. Te systemy pomiarowe obejmują fotogrametrię 3D lub systemy inercyjne, które są obecnie wykorzystywane w tych badaniach. Oceniana osoba musi wykonywać powtarzalne lub

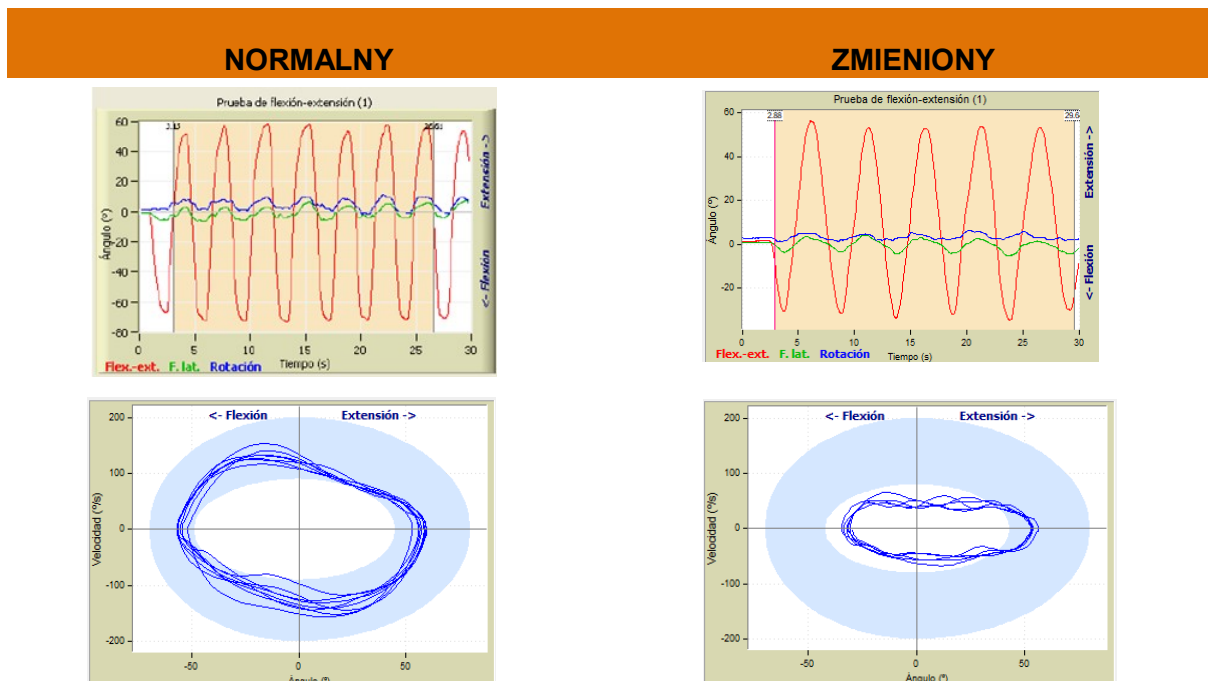
cykliczne ruchy w określonej osi w czasie ustalonym w stosowanym protokole (zwykle 30s). Pomiaru te obejmują ruchy kątowe głowy względem tułowia w odniesieniu do trzech płaszczyzn anatomicznych, ale mogą również dostarczać informacji na temat prędkości, przyspieszenia ruchu i ruchów sprzężonych. Należy pamiętać, że ten rodzaj oceny odnosi się zwykle do ruchu aktywnego, a nie pasywnego.

W odniesieniu do wyników uzyskanych w patologicznym wzorcu spowodowanym bólem szyjnym, obserwuje się ograniczenie zakresu ruchu. Ponadto Ohberg i wsp.⁴ stwierdzili, że prędkość kątowa jest zmienną najbardziej różnicującą pomiędzy prawidłowym a patologicznym wzorcem ruchu, przy czym prędkość kątowa jest niższa w grupie patologicznej. Jeśli chodzi o płynność i powtarzalność ruchu, niektórzy autorzy^{5, 9} analizowali płynność i powtarzalność ruchu w odcinku szyjnym i stwierdzili, że ruch ten był mniej płynny i mniej powtarzalny niż ruch u osób bez patologii lub bólu w odcinku szyjnym kręgosłupa.

Podsumowując, z klinicznego punktu widzenia, uraz na poziomie kręgosłupa szyjnego, niezależnie od tego czy dotyczy części miękkich czy nie, może powodować ograniczenie zakresu ruchu kręgosłupa szyjnego i/lub jego charakterystyki, która staje się wolniejsza, bardziej płynna i mniej powtarzalna.

Poniżej przedstawiono niektóre z graficznych wyników, które można znaleźć w tego typu ocenie. Normalny wynik porównywany jest z wynikiem uzyskanym u osoby z bólem kręgosłupa szyjnego, który zmienia funkcję ruchu kręgosłupa szyjnego.

Badanie: Ocena ruchomości kręgosłupa szyjnego w płaszczyźnie strzałkowej.



Rysunek 2. Ruchomość wyprostno-zgięciowa kręgosłupa szyjnego.

Technika pomiarowa: fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry.

Rodzaj analizy: kinematyczna.

Wyniki (wykres): Góra: różne cykle ruchomości zgięcia-wyprostu kręgosłupa szyjnego w odniesieniu do czasu badania. **Dół:** różne cykle prędkości kątowej ruchu kręgosłupa szyjnego w zależności od zakresu ruchu zgięcia-wyprostu. Niebieski pasek wskazuje miejsce, w którym znajdowałby się prawidłowy wzorzec ruchu kręgosłupa szyjnego.

Interpretacja wyników: U góry po lewej: ruch zgięcia-wyprostu kręgosłupa szyjnego jest szeroki i szybki. **U góry po prawej:** powolny ruch szyjny z ograniczonym zgięciem szyjnym. **U dołu po lewej:** odpowiednia szybkość i zakres ruchu kręgosłupa szyjnego w płaszczyźnie strzałkowej w granicach wartości referencyjnych (niebieski pasek reprezentuje wartości prawidłowe). **U dołu po prawej:** Powolny ruch z ograniczonym zgięciem kręgosłupa szyjnego, natomiast wyprost mieści się w granicach wartości prawidłowych.

Ocena siły mięśni kręgosłupa szyjnego

Ocena siły mięśni odcinka szyjnego kręgosłupa jest przydatna do badania jego stanu funkcjonalnego. Testem siłowym najszerzej stosowanym do oceny tego obszaru kręgosłupa jest ocena siły izometrycznej mięśni szyjnych.

U osób z dolegliwościami bólowymi szyi zmniejsza się szczytowy moment obrotowy mięśni szyjnych, zarówno mięśni zginaczy, jak i prostowników.¹⁰ Wszyscy konsultowani autorzy są zgodni, że mięśnie prostowniki ulegają osłabieniu w przypadku przewlekłego bólu szyi. Nie ma natomiast zgodności co do tego, co dzieje się w mięśniach zginaczy szyjnych.

3. Wyniki patologiczne w ocenie kręgosłupa lędźwiowego

Ból dolnej części pleców jest zespołem chorobowym definiowanym przez obecność bólu w odcinku lędźwiowym kręgosłupa lub mięśni przykręgosłupowych lędźwi, któremu może towarzyszyć ból promieniujący. Celem lekarza jest zidentyfikowanie przyczyny bólu, procesu patologicznego, który go wywołuje, oraz podjęcie decyzji o leczeniu, postępach pacjenta i jego stanie funkcjonalnym, a także określenie, co dana osoba może zrobić lub nie, aby powrócić do pracy lub do normalnego modelu życia.

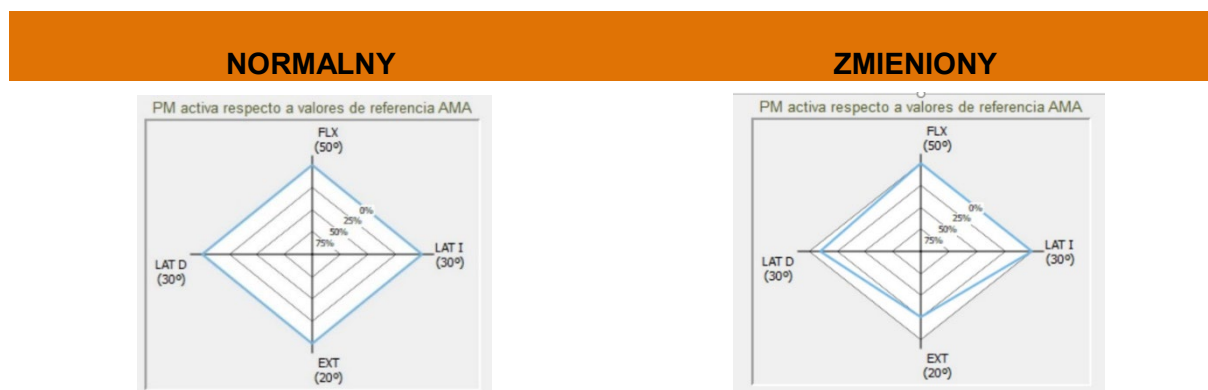
Ból dolnego odcinka kręgosłupa jest zatem częsty i globalnie rozpowszechniony. Około 80% populacji doświadczy bólu w dolnej części pleców w pewnym okresie swojego życia; dotyczy on wszystkich grup wiekowych, a szczyt zachorowalności przypada na około 45 rok życia u obu płci. Przewlekły ból w dolnej części pleców może powodować wysoką niepełnosprawność, wpływając na życie zawodowe i relacje społeczne. Celem leczenia jest złagodzenie objawów i poprawa funkcjonowania pacjenta poprzez zmniejszenie ograniczeń. W tym celu konieczna jest ocena szans na poprawę przy użyciu technik analizy biomechanicznej do oceny funkcji.

Poniżej przedstawiono zarówno prawidłowe, jak i zmienione wyniki oceny biomechanicznej powszechnie przeprowadzanej u pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa. Wyniki te zostały przedstawione przy użyciu technik analizujących ruch i siłę.

Ocena zakresu ruchu w odcinku lędźwiowym (ROM)

W tym rozdziale omówione aspekty kliniczne dotyczące możliwości oceny zakresu ruchów w odcinku szyjnym można odnieść do kręgosłupa lędźwiowego. Dlatego też, w odniesieniu do zakresu ruchu, oczekuje się, że wzorzec patologiczny będzie wykazywał zmniejszenie tego zakresu w porównaniu z zakresem ruchu osób zdrowych.

Badanie: Ocena zakresu ruchu kręgosłupa lędźwiowego w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej.



Rysunek 3. Zakres ruchu w odcinku lędźwiowym.

Technika pomiarowa: Fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry.

Typ analizy: Kinematyczna.

Wyniki wykresu: Zakres ruchu odcinka lędźwiowego w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. Zewnętrzna krawędź wykresu reprezentuje obszar normalności. Zastosowano wartości referencyjne AMA.

Interpretacja wyników: Po lewej: Dobra ruchomość kręgosłupa lędźwiowego we wszystkich płaszczyznach. **Po prawej:** Ograniczony zakres ruchu kręgosłupa lędźwiowego. Szczególnie widoczne jest ograniczenie w wyproście, a następnie w zgięciu prawym.

Ocena w zakresie czynności życia codziennego

Prędkość, z jaką wykonywany jest ruch lub czas potrzebny do jego wykonania są istotnymi aspektami w każdym badaniu dotyczącym mobilności osób z uszkodzeniem lub urazem kręgosłupa. Już w 1986 roku szybkość ruchu była uważana za miarę ilościową u osób z chorobami kręgosłupa, która mogłaby pomóc w monitorowaniu postępów choroby lub leczenia.¹¹ Interesującym parametrem w relacji pomiędzy szybkością ruchu a upośledzeniem funkcjonalnym jest określenie czasu, jaki zajmuje osobie wykonanie czynności, takiej jak wstanie z krzesła. Ponieważ wiele prac^{12,13,14} zgadza się, że zajmuje to mniej niż 2s, przyjmujemy tę właśnie wartość jako referencyjną. Należy ponownie podkreślić znaczenie znajomości zastosowanego protokołu pomiarowego, ponieważ, jak już wspomniano, wartości, które znajdziemy zależą od tego protokołu.

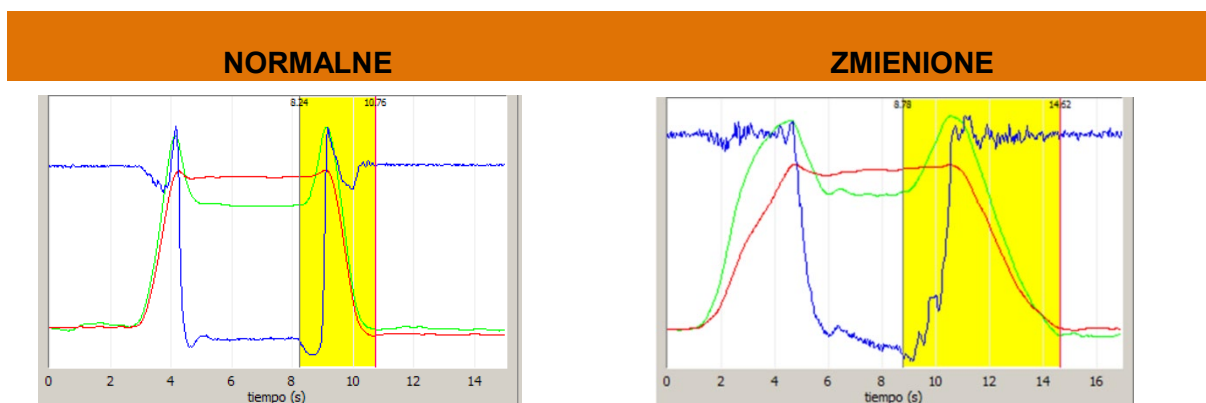
Jeśli porównamy wyniki szybkości wykonywania czynności w grupie normalnej z grupą z bólem dolnego odcinka kręgosłupa, okaże się, że całkowity czas potrzebny na wykonanie ruchu wyraźnie wzrasta w przypadku występowania bólu. Ból dolnego odcinka kręgosłupa jest objawem, który powoduje, że osoba wykonuje powolne i nieprecyzyjne ruchy; jednak taki wynik jest czasami spowodowany obawą, że ból powróci lub się nasili. Ten aspekt ruchu może być analizowany poprzez parametry takie jak całkowity czas potrzebny do wykonania ruchu, lub inne bardziej specyficzne parametry takie jak prędkość kątowa i/lub przyspieszenie tułowia.

Siła reakcji pionowej jest kolejnym interesującym wynikiem w biomechanicznej ocenie bólu kręgosłupa lędźwiowego. Siła ta związana jest z energią i pędem niezbędnym do wstania z krzesła lub podniesienia ciężaru. Im większy pęd, tym wyższy maksymalny szczyt tej siły reakcji, który jest rejestrowany za pomocą platformy dynamometrycznej. Jak opisują Kralj i wsp.¹⁵, osoby zdrowe wykonują szybki i energiczny ruch, który pomaga im wstać z krzesła. Z kolei w badaniach przeprowadzonych na osobach z bólami dolnego odcinka kręgosłupa stwierdzono zmniejszenie maksymalnej siły pionowej. Może to również wystąpić u pacjentów z innymi zaburzeniami nerwowo-mięśniowymi, jak pokazano w badaniu Yoshidy i wsp.¹² z udziałem pacjentów neurologicznych, a nawet u osób z deficytem siły mięśnia czworogłowego.

Poniżej zamieszczono niektóre z graficznych wyników uzyskanych tym testem po ocenie aktywności u osoby z bólem dolnego odcinka kręgosłupa. Student może nauczyć się wykrywać różnice w odniesieniu do normalnego wzorca wykonania.

Aktywność: wstawanie z krzesła

Test: Biomechaniczna ocena czynności wstawania z krzesła.



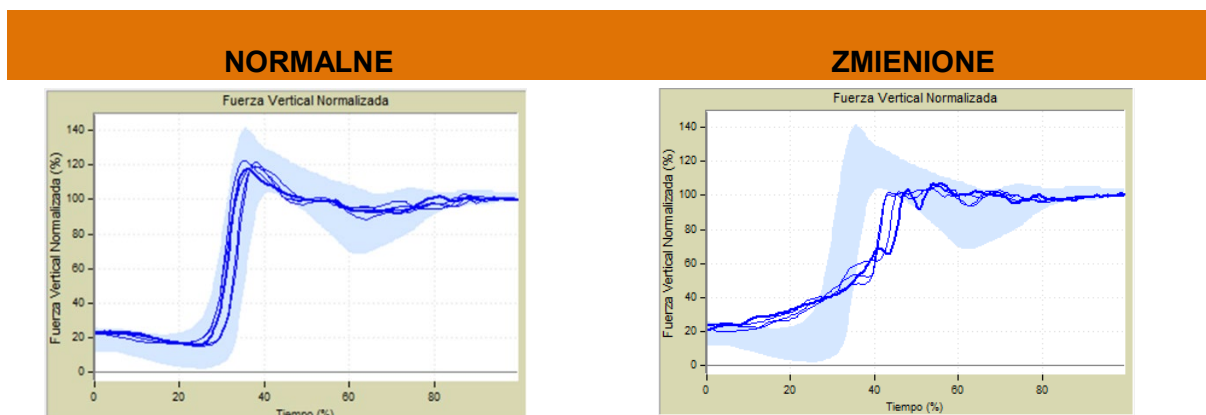
Ryc. 4. Siła reakcji oraz ruchomość tułowia i kolan w aktywności zmiany pozycji siedzącej na stojącą.

Technika pomiarowa: Fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry wraz z platformami dynamometrycznymi.

Rodzaj analizy: Kinematyczna i dynamiczna.

Wyniki na wykresie: Siła reakcji (linia niebieska) oraz ruchomość kolana (linia czerwona) i tułowia (linia zielona) podczas ruchu siedzenia do pozycji stojącej (żółta wstęga).

Interpretacja wyników: **Po lewej:** Płynny i szybki ruch z dobrym momentem do jego wykonania. **Po prawej:** Wydłużony czas wykonania. Trudność w wygenerowaniu niezbędnego pędu do wstania. Dane te są zlokalizowane w oscylacjach na początku zbocza siły reakcji.



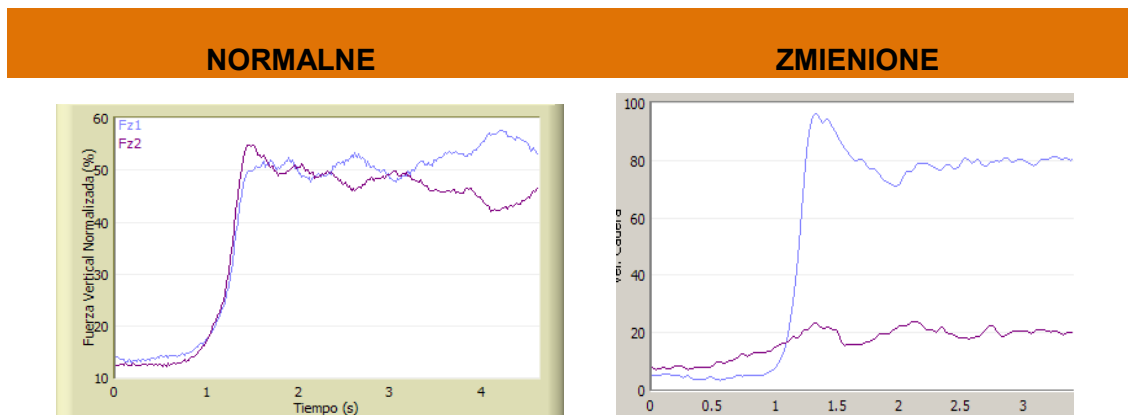
Rysunek 5. Siła reakcji podczas wykonywania ruchu zmiany pozycji siedzącej na stojącą.

Technika pomiarowa: Platforma dynamometryczna.

Typ analizy: Dynamiczna.

Wyniki wykresu: Różne zarejestrowane powtórzenia siły reakcji podczas aktywności zmiany pozycji siedzącej na stojącą

Interpretacja wyników: Po lewej: Powtarzalny i normalny wzorec siły (niebieski pasek reprezentuje normalny wzorec), co oznacza odpowiedni pęd do wykonania ruchu (dobra siła i koordynacja tułowia i kończyn dolnych). **Po prawej:** Powtarzalny, ale zmieniony wzorec siły. Nachylenie krzywej jest poziome, a jej szczyt jest niższy i opóźniony w czasie. Oznacza to, że generowany pęd jest niewystarczający do wstania, co może być związane z bólem, deficytem siły lub brakiem koordynacji.



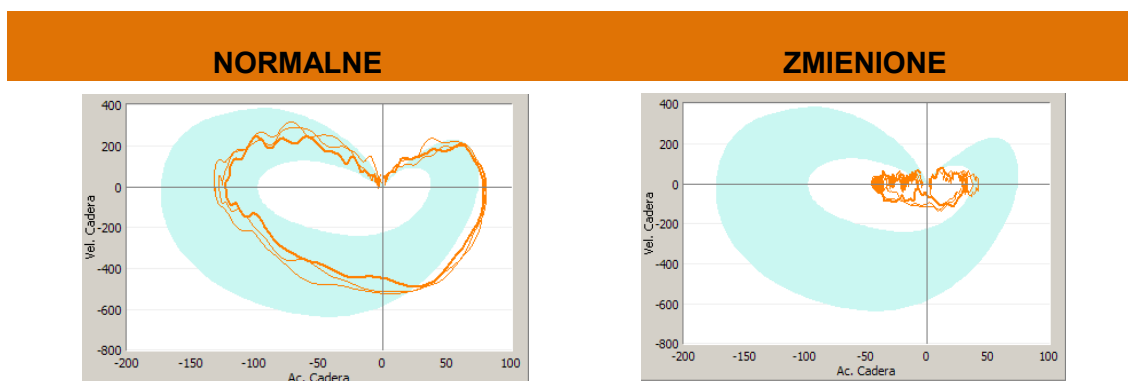
Rysunek 6. Siła reakcji każdej z podpór stóp podczas wstawania z krzesła.

Technika pomiarowa: Platforma dynamometryczna.

Typ analizy: Dynamiczna.

Wyniki na wykresie: Siła reakcji generowana przez podporę na każdej z kończyn dolnych podczas wykonywania czynności zmiany pozycji siedzącej na stojącą.

Interpretacja wyników: Po lewej: Symetryczny układ sił. Podobne obciążenie obu kończyn dolnych podczas wykonywania ruchu siad-stoisko. **Po prawej:** Asymetryczny wzorec siły. Większy ciężar na prawej kończynie dolnej (jasnoniebieska linia) podczas wstawania z krzesła, co sugeruje asymetrię ruchu, która może być związana z promieniowaniem bólu dolnej części pleców do lewej nogi.



Rysunek 7. Prędkość kątowa z przyspieszenie kątowe kręgosłupa w czasie aktywności zmiany pozycji siedzącej na stojącą.

Technika pomiarowa: Fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry.

Typ analizy: Kinematyczna.

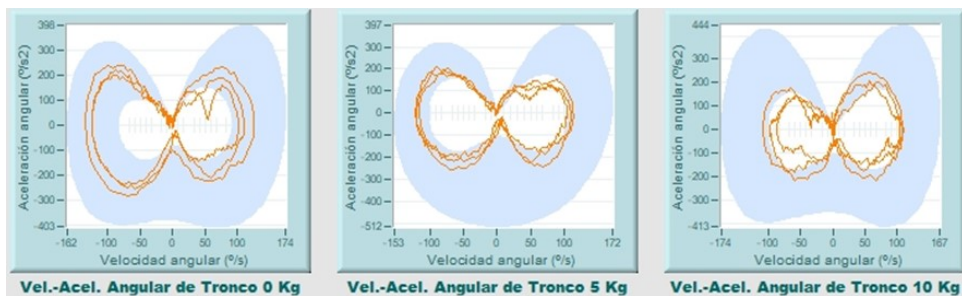
Wyniki wykresu: Przedstawia prędkość kątową w stosunku do przyspieszenia kąowego tułowia podczas analizy aktywności zmiany pozycji siedzącej na stojącą.

Interpretacja wyników: Po lewej: Szybki ruch w celu wykonania ocenianej czynności. Mieści się to w normalnym funkcjonalnym wzorcu ruchowym. **Po prawej:** Powolny ruch odbiegający od normalnego wzorca w całkowitym wykonaniu ruchu, co może być związane z bólem dolnego odcinka kręgosłupa.

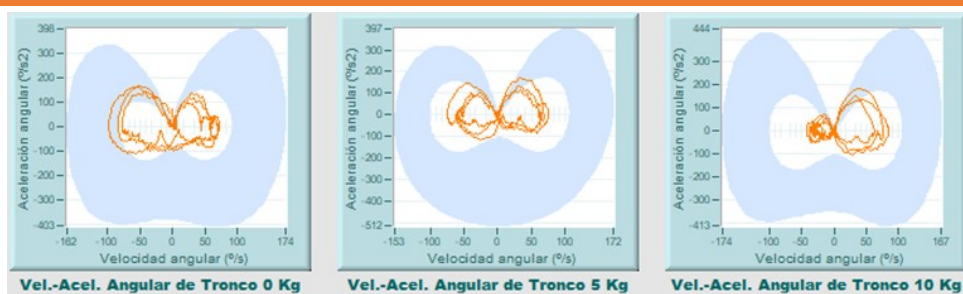
Aktywność: Podnoszenie ciężarów

Test: Biomechaniczna ocena czynności podnoszenia ciężaru ciała.

NORMALNE



ZMIENIONE



Rysunek 8. Prędkość kątową w funkcji przyspieszenia kąowego kręgosłupa podczas czynności podnoszenia ciężaru.

Technika pomiarowa: Fotogrametria, systemy inercyjne lub inklinometry.

Typ analizy: Kinematyczna.

Wyniki wykresu: Przyspieszenie kąowe versus prędkość kąowa tułowia w różnych zarejestrowanych powtórzeniach ruchu podnoszenia ciężaru. Wynik dla rosnących ciężarów pokazany jest od lewej do prawej.

Interpretacja wyników: Góra: Normalne przyspieszenie kątowe i prędkość tułowia dla wszystkich podnoszonych ciężarków (niebieska wstęga reprezentuje normalny wzorzec przyspieszenia i prędkości w tym ruchu), co sugeruje dobrą mobilność i szybkość w wykonywanym ruchu. **Dół:** Niska akceleracja 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 przenoszonego obciążenia.

Ocena siły. Izokinetyka

Kolejną funkcją organizmu, która może być analizowana za pomocą techniki analizy biomechanicznej i dobrze opracowanego protokołu, jest siła mięśni. Związek pomiędzy siłą mięśni tułowia a bólem w dolnej części pleców jest bardzo ważny. Ponadto wiadomo, że ćwiczenia i treningi mogą pomóc zarówno w leczeniu, jak i zapobieganiu bólom pleców.

Najbardziej rozpowszechnioną metodą oceny siły u osób z bólem w dolnej części pleców jest analiza izokinetyczna. Wadą tej metody jest to, że większość publikacji na temat izokinetyki kręgosłupa lędźwiowego dotyczy osób zdrowych, a bardzo niewiele osób z bólem dolnego odcinka kręgosłupa.

Na poziomie ogólnym wyniki tych prac wskazują na znaczne zmniejszenie momentu obrotowego zarówno dla mięśni zginaczy jak i prostowników u wszystkich pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa, niezależnie od płci. Ponadto, stosunek prostowników do zginaczy jest odwrócony w stosunku do zdrowej populacji, a więc występuje ogólne osłabienie prostowników w porównaniu do zginaczy.

Kolejnym wnioskiem z porównania wyników prawidłowych z wynikami osób z bólami dolnego odcinka kręgosłupa jest to, że szybkość ruchu podczas oceny wpływa na stopień spadku siły mięśniowej w porównaniu z populacją zdrową.

Do tej pory omawialiśmy wyniki w płaszczyźnie czołowej. Jeśli weźmiemy pod uwagę również płaszczyznę osiową, siła rotacji jest również ograniczona u osób z bólem dolnego odcinka kręgosłupa w porównaniu z siłą rotacji u osób bez bólu. Mimo to odnotowany spadek siły jest znacznie niższy niż spadek stwierdzony w płaszczyźnie strzałkowej. Należy ponownie zaznaczyć, że w wynikach nie stwierdzono różnic w zależności od płci.

Praca Dvir i wsp.¹⁶ zawiera różne prace dotyczące izokinetyki i bólu dolnego odcinka kręgosłupa autorstwa Mayer i wsp.^{17,18,19}, z którymi powinni zapoznać się studenci zainteresowani tym testem i jego wynikami w patologiach kręgosłupa lędźwiowego. Odnośniki te są wymienione poniżej. Jednakże, przed poleceniem ich studentom, powinny być one przejrane przez nauczyciela.

- Smith, S. S., Mayer, T. G., Gatchel, R. J., & Becker, T. J. (1985). Quantification of lumbar function. Part 1: Isometric and multispeed isokinetic trunk strength measures in sagittal and axial planes in normal subjects. *Spine*, 10(8), 757-764.
- Mayer, T. G., Smith, S. S., Keeley, J. A. N. I. C. E., & Mooney, V. E. R. T. (1985). Quantification of lumbar function. Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low-back pain patients. *Spine*, 10(8), 765-772.

- Mayer, T. G., Smith, S. S., Kondraske, G., Gatchel, R. J., Carmichael, T. W., & Mooney, V. E. R. T. (1985). Quantification of lumbar function. Part 3: Preliminary data on isokinetic torso rotation testing with myoelectric spectral analysis in normal and low-back pain subjects. *Spine*, 10(10), 912-920.

Ocena aktywności mięśni. Elektromiografia powierzchniowa

Zjawisko zgięcia-odprężenia (flexion-relaxation phenomenon - FRP) jest jednym z najczęściej badanych fizjologicznych wskaźników bólu dolnego odcinka kręgosłupa. Analiza odpowiedzi mięśni za pomocą sygnałów elektromiografii powierzchniowej sugeruje, że istnieją zmiany w sygnale EMG podczas zadań związanych ze zginaniem tułowia.²⁰ U zdrowych ludzi istnieje specyficzny wzorzec aktywacji mięśnia erector spinae połączony z interakcją ruchu lędźwi I miednicy, również specyficzną, podczas zgięcia i wyprostu tułowia. Ta interakcja kręgosłup-miednica jest znana jako "rytm lędźwiowo-piersiowy".²¹

Klasyczne badania Floyda i wsp.^{22,23} wykazały brak zjawiska zgięcia-rozluźnienia u pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa, co zostało później zaobserwowane w licznych badaniach.^{20,21,24,25,26} Autorzy ci, między innymi, zaobserwowali również wyższą średnią aktywność erector spinae pod koniec zgięcia u pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa. Podobnie Nouwen i wsp.²⁴ zaobserwowali spadek średniej aktywności erector spinae w wyproście, a Sihvonen²¹ i Shirado²⁵ spadek maksymalnej amplitudy EMG w wyproście.

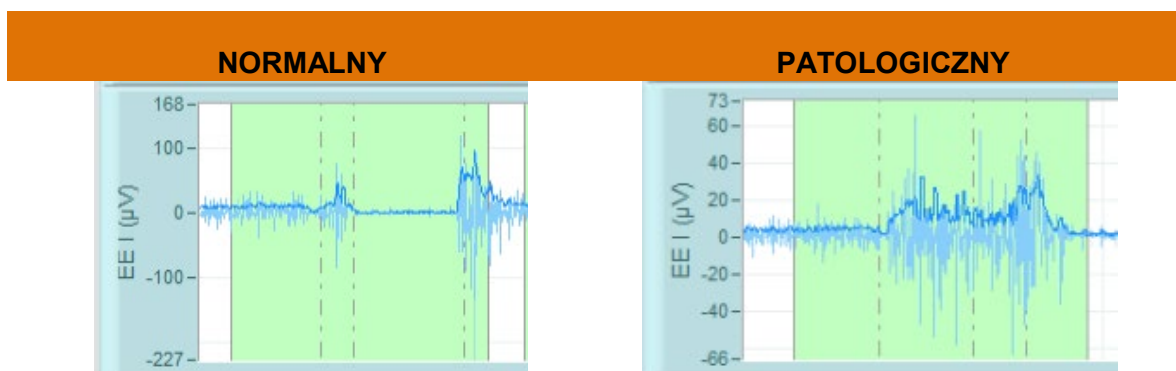
Utrzymująca się aktywacja mięśni przywodzicieli odcinka lędźwiowego kręgosłupa podczas pełnego zgięcia tułowia jest typowo obserwowana u osób z bólem dolnego odcinka kręgosłupa jako ochronna odpowiedź "szyny", mająca na celu zwiększenie stabilizacji odcinka lędźwiowego w odpowiedzi na ból lub uraz tkanki.²⁷ Deficyt FRP stwierdzony u pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa okazał się być związany z bólem²⁸, samoopisową niepełnosprawnością²⁰ oraz strachem przed bólem lub ponownym urazem²⁹

Brak FRP u pacjentów z bólem w dolnej części pleców wiąże się również ze skurczem mięśni³⁰, ograniczeniem zakresu ruchu i nasileniem odruchów rozciągających.³¹

Wyniki nie są jednak jednolite, co utrudnia wyciągnięcie rozstrzygających wniosków. Jako przyczyny braku jednorodności wyników podaje się²⁵:

- **Różnorodność kryteriów włączenia**, które wykazują zmienność w charakterystyce historii bólu i obejmują pacjentów z różnymi rozpoznaniem klinicznymi w obrębie tej samej grupy lub inne czynniki wpływające, takie jak wiotkość stawów.
- **Różnice w warunkach przeprowadzania testów dynamicznych oceniających** funkcję pleców (kadencja/koordynacja ruchów tułowia/bioder, szybkość wykonania i sama technika pomiaru).
- **Różnice w homogeniczności grup** (kondycja fizyczna, siła, wiek, rozkład płci).

Test: Ocena zjawiska zgięcia-relaksacji kręgosłupa lędźwiowego.



Rysunek 9. Sygnał elektromiograficzny lewego prostownika kręgosłupa.

Technika pomiarowa: Elektromiografia powierzchniowa.

Wyniki wykresu: Aktywność mięśniowa lewego wyprostnika kręgosłupa podczas czynności polegającej na maksymalnym zgięciu i wyprostowaniu tułowia.

Interpretacja wyników: **Po lewej:** Zapis sygnału przypominający ciszę mioelektryczną przy maksymalnym zgięciu kręgosłupa. **Po prawej:** Brak ciszy mioelektrycznej rejestrowanej w teście biomechanicznym zgięciowo-relaksacyjnym, co jest zgodne z brakiem relaksacji wyprostników kręgosłupa w procesie bólu dolnego odcinka kręgosłupa.

W zdrowej populacji powierzchniowa odpowiedź EMG na zjawisko zgięcia-relaksacji charakteryzuje się **trzema** wyraźnie określonymi **fazami**, jednak granice te są znacznie mniej rozróżnialne u pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa.

4. Ocena kręgosłupa szyjnego. Przypadek kliniczny

Przypadek: 49-letnia kobieta.

Zawód: Psycholog edukacyjny. Dyrektor przedszkola.

Dokumentacja medyczna: Nieistotna.

Obraz kliniczny będący przyczyną zwolnienia lekarskiego: Ból szyi po wypadku komunikacyjnym, zderzenie tylne.

Wykonane badania diagnostyczne i ich wyniki: W badaniu RTG wykonanym na izbie przyjęć stwierdzono rektyfikację odcinka szyjnego kręgosłupa.

W badaniu NMR kręgosłupa szyjnego stwierdzono wypukliny krążków międzykręgowych na poziomie C4-C5 i C5-C6 z łagodną stenozą biforaminalną i stenozą kanału kręgowego głównie na poziomie C5-C6.

Zalecane leczenie: Rehabilitacja.

Postępy: Podczas pierwszej oceny w gabinecie konsultacyjnym pacjentka zgłasza ból kręgosłupa szyjnego, który ogranicza jej aktywność.

Badanie fizykalne: Ból przy palpacji mięśni przykręgowych i ograniczona ruchomość w zgięciach bocznych i rotacji.

Wobec takiego obrazu klinicznego wykonano test biomechaniczny w celu monitorowania procesu niepełnosprawności pacjentki. Badanie to pozwoliło na obiektywizację ruchomości kręgosłupa szyjnego, uwzględniając zarówno zakresy ruchów, jak i ich płynność, na którą może wpływać ból. Jak widać w dalszej części pracy, pierwsza ocena wykazała obraz znacznych zaburzeń funkcjonalnych z wyraźnym ograniczeniem ruchomości kręgosłupa szyjnego. Pacjentka rozpoczęła leczenie rehabilitacyjne i po 19 sesjach rehabilitacyjnych wykonano kolejną ocenę biomechaniczną, która wykazała znaczną poprawę ograniczenia. Celem tych badań było uzyskanie bardziej obiektywnej miary tego ograniczenia, która mogłaby być wykorzystana jako kontrola w kolejnych ocenach.

Następnie, wyniki oceny biomechanicznej są omówione bardziej szczegółowo, aby student mógł się z nimi zapoznać i ocenić ich przydatność.

Test Oceny Biomechanicznej: Ocena kręgosłupa szyjnego za pomocą testu biomechanicznego.

Test ten analizuje kinematycznie ruchy kręgosłupa szyjnego w celu wykrycia nieprawidłowych lub нефункциональных wzorców ruchowych wtórnych do bolesnego schorzenia szyjnego odcinka kręgosłupa.

Stosowany **system oceny** składa się z systemu fotogrametrii 3D. W celu przeprowadzenia oceny, uzyskane parametry są porównywane z parametrami grupy osób, których

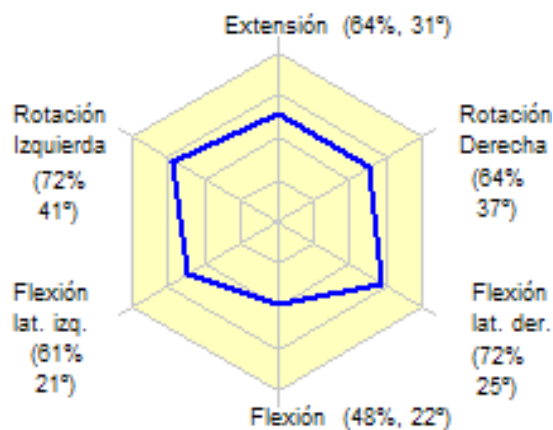
charakterystyka jest porównywalna z charakterystyką pacjenta (bazy danych składające się z danych normalnych i patologicznych, opracowane przez IBV).

Stosowany protokół pomiarowy składa się z następujących testów:

Test graniczny. Analizuje on funkcjonalne ograniczenia ruchu w każdym kierunku przestrzennym. W każdym pomiarze, pacjent proszony jest o wykonanie powtarzalnych cykli każdego ruchu, który jest stale analizowany, w szybkim, ale komfortowym tempie i osiągając maksymalny zakres stawu przez 30 sekund.

Wyniki testu oceny biomechanicznej

1. Wyniki oceny stanu odcinka szyjnego kręgosłupa na początku zwolnienia lekarskiego

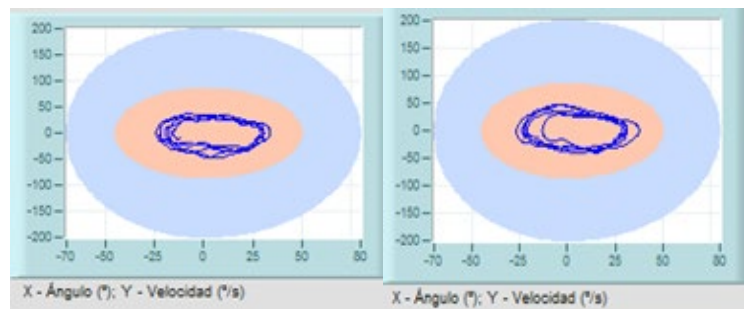


Rysunek 10. Schemat wizualny zasięgu ruchu wraz z jego procentową wartością normatywną.

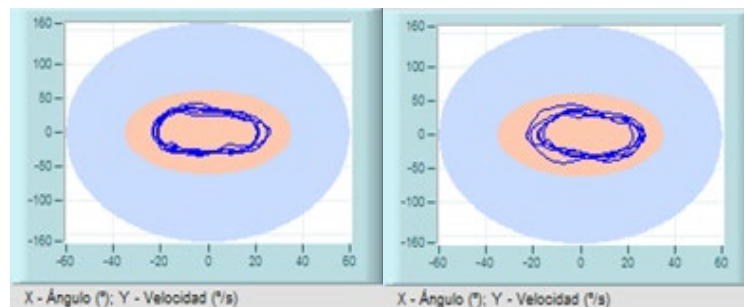
UWAGA: Wartości mobilności są również wyświetlane jako wartość procentowa. Wartość procentowa wskazuje, jak daleko uzyskany wynik odbiega od normalnego wzorca ruchowego stosowanego systemu pomiarowego. I tak, wartości powyżej 90% oznaczają, że znajdują się one powyżej normalnego wzorca, natomiast wartości poniżej 90% wskazują, że oddalają się od tego wzorca, a co za tym idzie, niedobór jest większy.

Zakresy ruchów uzyskane w każdej osi ruchu kręgosłupa szyjnego są globalnie ograniczone. W tej analizie szczególnie widoczne jest odchylenie od normalności zakresów zgięcia-wyprostu, zwłaszcza w zgięciu szyjnym. Rycina 13 pokazuje, jak ograniczone są zakresy stawowe wszystkich ruchów, przy czym zgięcie jest ruchem najbardziej ograniczonym (22°).

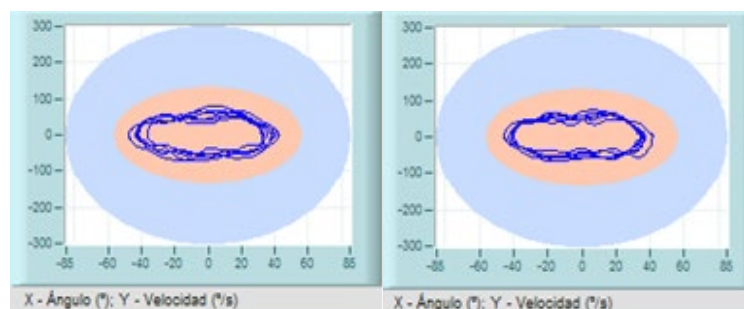
Jeśli chodzi o ruchomość kręgosłupa szyjnego w odniesieniu do szybkości jego ruchu, to uzyskane wyniki przedstawiają się następująco:



Rysunek 11. Próba zgięcia-wyprostu z dwóch kolejnych pomiarów.



Rysunek 12. Test zgięcia boczego z dwóch kolejnych pomiarów.



Rysunek 13. Test rotacyjny dwóch kolejnych pomiarów.

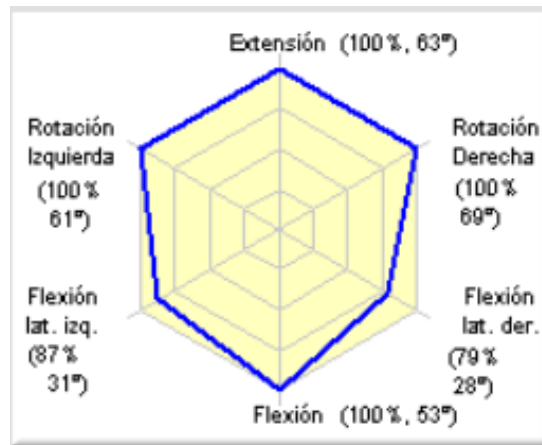
Na rysunkach 11, 12 i 13 można zobaczyć wartości prędkości przedstawione na osi rzędnych i maksymalny osiągnięty kąt na osi odciętych. Ważną rzeczą na tym wykresie jest niebieskie pasmo normalności, które reprezentuje ruch osób bez żadnej patologii, w tym samym wieku i tej samej płci co pacjent. Ten wzorzec ruchu został obliczony przy użyciu tego samego sprzętu do oceny, który został użyty w przypadku tego pacjenta. Można zauważyć, że wszystkie ślady znajdują się w obszarze koloru łososiowego, co oznacza, że prędkości kątowe i ruchy pacjenta są dalekie od normalnego wzorca, a zatem znacznie zmniejszone, co jest zgodne z wzorcem ruchowym ograniczonym przez ból.

Powtarzalność pomiędzy tymi samymi testami była wysoka, co widać w podobieństwie zapisów przy porównywaniu tego samego ruchu. Parametr ten jest jednym z aspektów branych pod uwagę przy analizie szczerości wysiłku pacjenta podczas oceny.

Przy takim wyniku i w spójności z badaniem fizykalnym obserwuje się znaczne ograniczenie ruchomości pacjentki, co oznacza, że nadal znajduje się ona w ostrym okresie urazu i konieczne jest kontynuowanie procesu zwolnienia lekarskiego, w związku z czym pacjentka musi pozostać w programie leczenia rehabilitacyjnego.

Po 19 sesjach leczenia fizykalnego zaplanowano ponowną ocenę. Przy kolejnej ocenie pacjentka była praktycznie bezobjawowa. Jej ruchomość w odcinku szyjnym była prawidłowa, a ocena nie wykazała żadnych istotnych danych. Przeprowadzono nową ocenę biomechaniczną, aby zobiektywizować poprawę. Wyniki przedstawiono poniżej:

2. Wyniki oceny odcinka szyjnego kręgosłupa na zakończenie leczenia rehabilitacyjnego

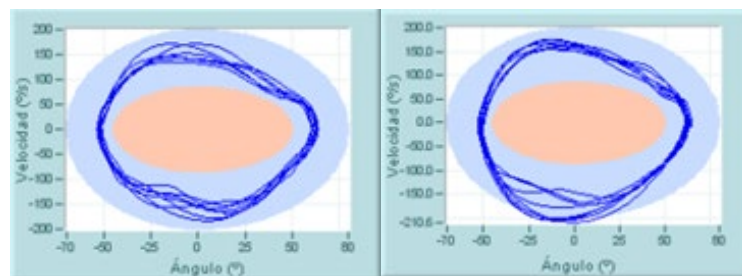


Rysunek. 14. Schemat wizualny zakresu ruchu po 2-miesięcznym okresie progresji wraz z procentem normalności.

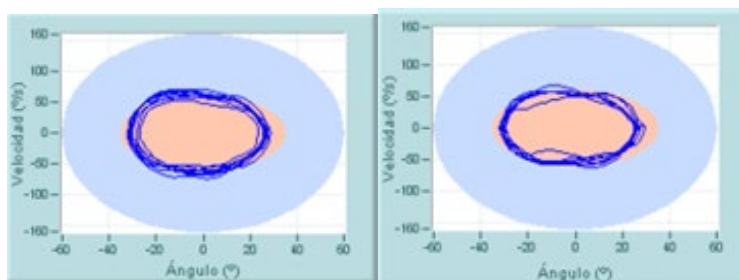
Zakresy ruchów uzyskane w każdej osi ruchu były praktycznie prawidłowe. W zgięciu-wyproście średnia wartość uzyskana wynosiła 106°. W zgięciu bocznym uzyskano wartość 59°. Wreszcie, średnia wartość dla rotacji wynosiła 130°.

Na szczególną uwagę zasługuje nieznacznie odbiegający od normy zakres zgięć bocznych.

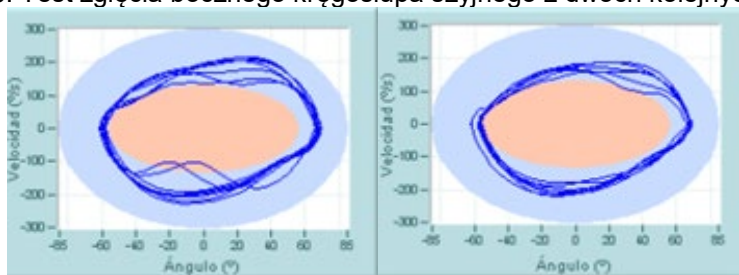
Jeśli chodzi o ruchomość kręgosłupa w odniesieniu do prędkości jego ruchu, wyniki przedstawiały się następująco:



Rysunek 15. Test zgięcia-wyprostu kręgosłupa szyjnego z dwóch kolejnych pomiarów.



Rysunek 16. Test zgięcia boczno kręgosłupa szyjnego z dwóch kolejnych pomiarów.



Rysunek 17. Test rotacji odcinka szyjnego kręgosłupa z dwóch kolejnych pomiarów.

Wykresy pokazują aktualnie, że wszystkie ślady znajdują się w obszarze prawidłowym (kolor niebieski). Oznacza to, że pacjent wykonuje ruchy z normalnymi prędkościami kątowymi i z normalną ruchomością, co wskazuje, że ból nie zakłóca już ocenianej funkcji.

W świetle wyników uzyskanych w ocenie funkcjonalnej odcinka szyjnego, możemy stwierdzić, że poprzednia patologia i/lub zgłaszane objawy nie mają obecnie znaczącego wpływu na możliwości funkcjonalne tego pacjenta w oparciu o wartości uzyskane dla różnych analizowanych parametrów, co potwierdza istnienie normalnego poziomu funkcjonalnego.

Postęp: Był korzystny. Objawy ustąpiły, a po zakończeniu leczenia pacjent odzyskał zdrowie. W badaniu fizykalnym stan ogólny jest dobry. Brak bólu przy palpacji wyrostków kolczystych kręgosłupa szyjnego. Pełny zakres ruchów stawów we wszystkich łukach ruchomości. Dyskomfort przy palpacji lewego trapezu bez przykurczów.

Pacjent może wrócić do pracy.

5. Ocena odcinka lędźwiowego. Przypadek kliniczny

Przypadek: 47-letni mężczyzna.

Zawód: Spawacz.

Dokumentacja medyczna: Wcześniejsze epizody bólowe dolnego odcinka kręgosłupa.

Obraz kliniczny będący przyczyną zwolnienia lekarskiego: Ból dolnego odcinka kręgosłupa po wysiłku w miejscu pracy.

Wykonane badania diagnostyczne i ich wyniki: Poprzednie badanie NMR odcinka lędźwiowego wykazało chorobę zwyrodnieniową krążka międzykręgowego na poziomie L4-L5 oraz przepuklinę krążka międzykręgowego na poziomie L5-S1 lateralizowaną w lewo z możliwym zajęciem korzenia S1.

Zalecane leczenie: Rehabilitacja.

Postępy: Podczas pierwszej konsultacji pacjent zgłaszał ból i ograniczenie ruchów w odcinku lędźwiowym kręgosłupa.

Badanie fizykalne: Na początku ruchomość kręgosłupa lędźwiowego wynosiła 45° dla zgięcia lędźwiowego i 5° dla wyprostu. Zgłaszał ból przy wyproście lędźwiowym oraz przy palpacji wyrostków kolczystych kręgosłupa lędźwiowego i prawego stawu krzyżowo-biodrowego. Obustronnie ujemny objaw Lasègue'a.

Ze względu na ograniczenie ruchomości odcinka lędźwiowego wykonano dwa testy biomechanicznej oceny odcinka lędźwiowego w trakcie zwolnienia lekarskiego. Pierwsza ocena, wykonana po 17 dniach zwolnienia lekarskiego, wykazała łagodne ograniczenie funkcjonalne. Biorąc pod uwagę to zobiektywizowane ograniczenie oraz objawy stwierdzone w badaniu fizykalnym, pacjent kontynuuje programy rehabilitacyjne, wykazując wyraźną poprawę w drugiej ocenie po 7 tygodniach od zwolnienia lekarskiego.

Wyniki przeprowadzonych testów omówiono bardziej szczegółowo poniżej:

Test Oceny Biomechanicznej: Ocena odcinka lędźwiowego kręgosłupa za pomocą testu biomechanicznego.

Celem tego testu jest dynamiczna i kinematyczna analiza aktywności, która może być ograniczona przez bolesną patologię lędźwiowego odcinka kręgosłupa oraz wykrycie nieprawidłowych lub niefunkcjonalnych ruchów.

Zastosowany **system oceny** składa się z 2 platform dynamometrycznych oraz systemu fotogrametrii 3D. W celu przeprowadzenia oceny funkcjonalnej, system automatycznie porównuje uzyskane parametry z parametrami grupy osób, których charakterystyka jest porównywalna z wiekiem i płcią ocenianego pacjenta.

Protokół pomiarowy zastosowany u tego pacjenta polega na wykonaniu dwóch ruchów:

Podnoszenie się z krzesła - Ruch ten analizuje biomechanicznie czynność podnoszenia się z pozycji siedzącej do stojącej.



Rysunek 18. Badanie oceny biomechanicznej i funkcjonalnej ruchu zmiany pozycji siedzącej na stojącą z wykorzystaniem systemu fotogrametrycznego i platform dynamometrycznych.

Podnoszenie ciężaru - ruch ten analizuje biomechanicznie czynność schylania się w celu podniesienia ciężaru, uniesienia go i przeniesienia z niskiego poziomu na wyższy. Używane są pudełka o wadze 0,5 kg i 10 kg.



Rysunek 19. Badanie oceny biomechanicznej i funkcjonalnej z wykorzystaniem systemu fotogrametrycznego i platform dynamometrycznych do oceny ruchu schylania się, podnoszenia ciężaru i unoszenia go

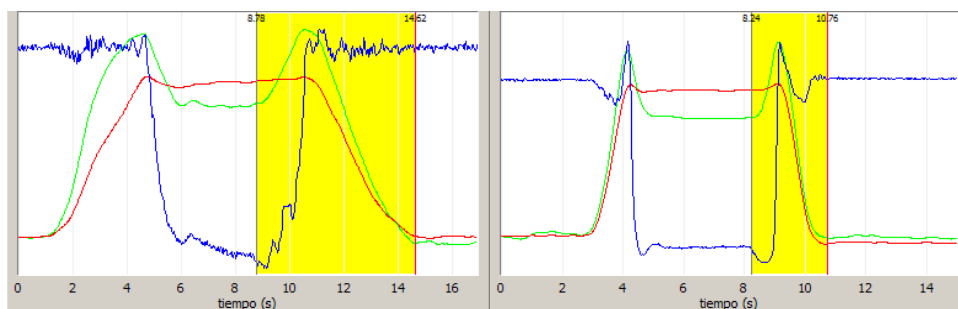
Wyniki testu oceny biomechanicznej

1. Wyniki oceny odcinka lędźwiowego po 17 dniach zwolnienia lekarskiego

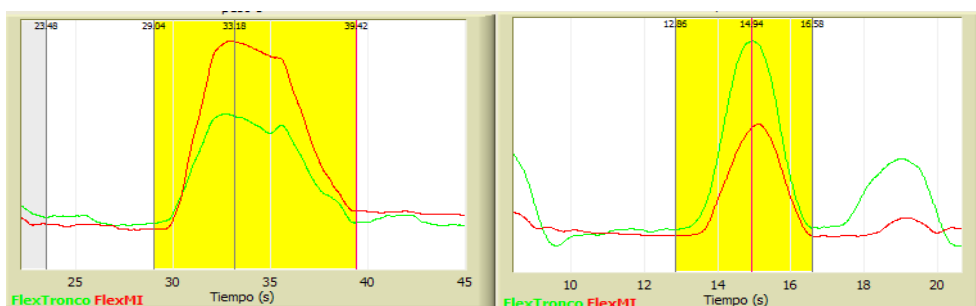
Poniżej przedstawiono wykresy przedstawiające ruchy wykonywane przez pacjenta wraz z wykresami ruchu prawidłowego (osoby bez bólu lub patologii lędźwiowej, której charakterystyka jest podobna do pacjenta), aby można było je porównać.

Czas, w sekundach, potrzebny do wykonania zarejestrowanych ruchów:

WSTAWANIE Z KRZESŁA



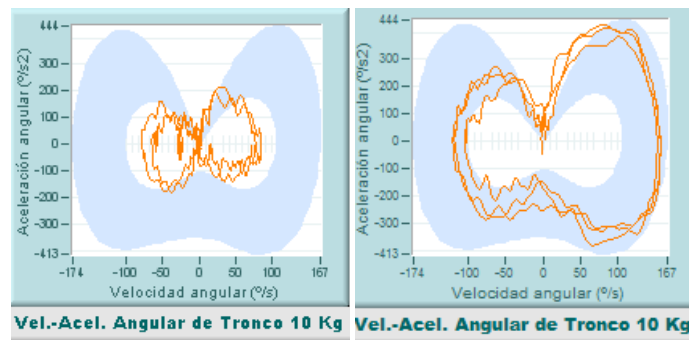
PODNOŻENIE CIĘŻARU



Rysunek 20. Żółty pasek reprezentuje całkowity czas w sekundach (oś odciętych) potrzebny do całkowitego wykonania ruchu. Obraz po lewej stronie przedstawia zapis pacjenta, natomiast obraz po prawej stronie przedstawia osobę bez patologii i bólu.

W tej pierwszej ocenie pacjent potrzebuje dużo czasu, aby wykonać różne analizowane ruchy. Można zauważyć, że na obrazie po lewej stronie żółty pasek jest szerszy niż na obrazie po prawej stronie (wykres prawidłowego ruchu). To stwierdzenie oznacza, że pacjent wykonuje powolne ruchy zarówno przy wstawaniu z krzesła (górne wykresy), jak i przy schylaniu się, podnoszeniu ciężaru i podnoszeniu go (dolne wykresy). Dane te są zgodne z dolegliwościami bólowymi.

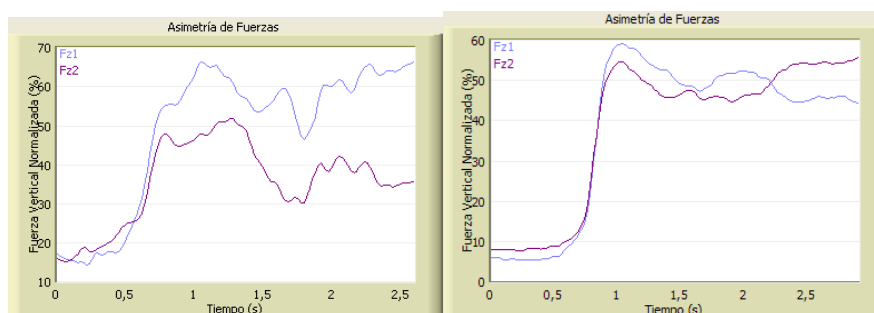
Jeśli chodzi o **szybkość i przyspieszenie ruchu w tych dwóch czynnościach:**



Rysunek 21. Przedstawienie prędkości kątowej/przyspieszenia tułowia dla trzech powtórzeń ruchu podnoszenia 10 kg, wraz z pasmami normalności (pasma niebieskie). Obraz po lewej stronie przedstawia zapis pacjenta, a po prawej zapis osoby bez patologii i bólu.

Zarówno prędkości jak i przyspieszenia zmniejszają się, gdy pacjent pochyla się, chwytą ciężar i podnosi go. Na wykresach można zobaczyć wartości prędkości przedstawione na osi odciętych oraz przyspieszenia na osi rzędnych. Ważną rzeczą w tym wykresie jest to, że niebieski pas reprezentujący prawidłowość uwzględnia ruch osób bez patologii, które są tej samej płci i wieku co pacjent. Ten wzorzec ruchu został obliczony przy użyciu tego samego sprzętu do oceny, który został użyty w przypadku tego pacjenta. Na lewym wykresie widać, że ślad jest narysowany w centralnym (białym) obszarze. Ta strefa reprezentuje ruchy patologiczne lub funkcjonalnie zmienione. Wykres po prawej stronie przedstawia normalny ruch: można zauważyć, że pomarańczowe linie, które reprezentują powtórzenia, mieszczą się w niebieskim paśmie reprezentującym ruchy normalnej populacji lub osób bez żadnych ograniczeń. Wynik ten oznacza, że pacjent wykonuje powolny ruch zarówno podczas zginania tułowia w celu osiągnięcia ciężaru, jak i podczas jego podnoszenia. Dane te są również zgodne z bólem podczas ruchu, w którym to przypadku szybkość i przyspieszenie ruchów zmniejsza się..

W odniesieniu do pionowej siły reakcji każdej stopy zarejestrowanej przez każdą platformę:

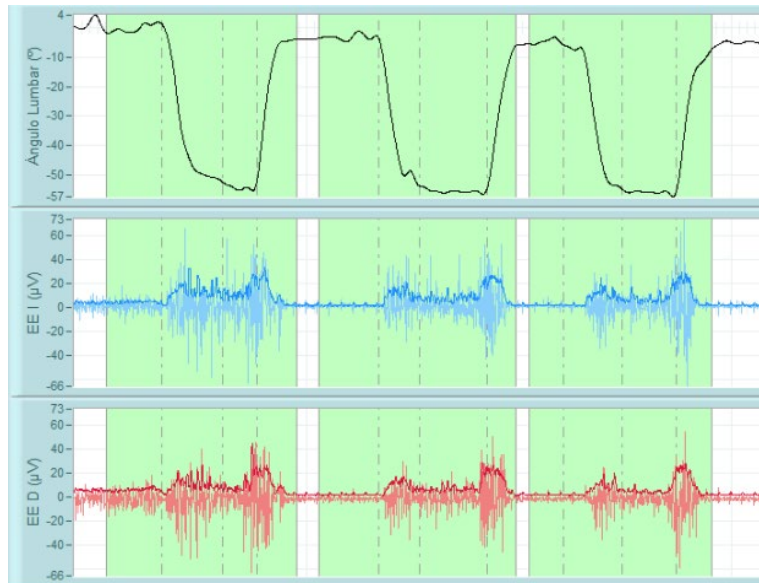


Rysunek 22. Całkowita znormalizowana siła pionowa wykonana przez prawą stopę (Fz1) i przez lewą stopę (Fz2) podczas wykonywania ruchu wstawania w jednym z powtórzeń. Obraz po lewej stronie przedstawia zapis pacjenta, który był oceniany, natomiast obraz po prawej stronie przedstawia osobę bez patologii i bólu.

Zauważmy na tym wykresie, że siła Fz1 (kolor jasnoniebieski), odpowiadająca sile wywieranej przez prawą stopę podczas wstawania, osiąga większe wartości (około 60%), natomiast siła Fz2, wywierana przez lewą stopę, osiąga wartości około 50%. Normalnie wartości tych sił są zbliżone, tzn. wstawamy podpierając i stabilizując ciało równomiernie na obu nogach; gdy

podpieranie jednej z kończyn powoduje ból, pacjent unika takiego podpierania. Obecność asymetrii sił, gdzie maksymalna siła pionowa jest większa w prawej kończynie dolnej (kolor jasnoniebieski na wykresie) w porównaniu z przeciwległą kończyną dolną, można interpretować jako wynik ewentualnej radikulopatii pacjentki z powodu przepukliny krążka międzykręgowego zlateralizowanej po stronie lewej.

Dodatkowo przeprowadzono test oceny aktywności mięśniowej poprzez pomiar zjawiska zgięcia-rozluźnienia. Wynik przedstawiono poniżej:



Rysunek 23. Wyniki badań kinematycznych i sEMG podczas testu zgięcia-relaksacji kręgosłupa lędźwiowego.

W teście biomechanicznym zjawiska zgięcia-relaksacji stwierdzono brak ciszy mioelektrycznej, co jest zgodne z brakiem relaksacji prostowników kręgosłupa w bólach dolnego odcinka kręgosłupa. Wynik ten jest spójny z pozostałymi wynikami uzyskanymi w ocenie biomechanicznej i wskazuje na zmianę ruchu spowodowaną bólem dolnego odcinka kręgosłupa.

Ostateczna decyzja po ocenie biomechanicznej

W świetle wyników uzyskanych w ocenie funkcjonalnej odcinka lędźwiowego możemy stwierdzić, że patologia lub zgłaszane objawy mają aktualny wpływ na zdolność funkcjonalną tego pacjenta w oparciu o obiektywne wartości uzyskane dla różnych analizowanych parametrów, co potwierdza istnienie zmienionego poziomu funkcjonalnego.

Biorąc pod uwagę te wyniki, a także dane z badania przedmiotowego, lekarz kontrolujący czasową niezdolność do pracy podejmuje decyzję o kontynuacji zwolnienia lekarskiego.

Chory kontynuował leczenie rehabilitacyjne.

Sześć i pół tygodnia później przeprowadzono ponowną ocenę biomechaniczną. W badaniu fizycznym kręgosłupa lędźwiowego w tym czasie zakres ruchu w stawie wynosi 80° zgięcia

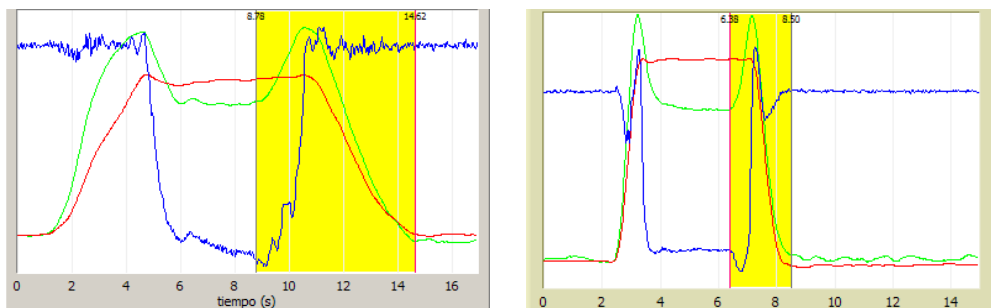
I pełny wyprost. Dyskomfort przy palpacji wyrostków kolczystych odcinka lędźwiowego i prawego stawu krzyżowo-biodrowego. Obustronnie ujemny objaw Lasègue'a.

3. Wyniki oceny odcinka lędźwiowego kręgosłupa w późniejszym monitorowaniu

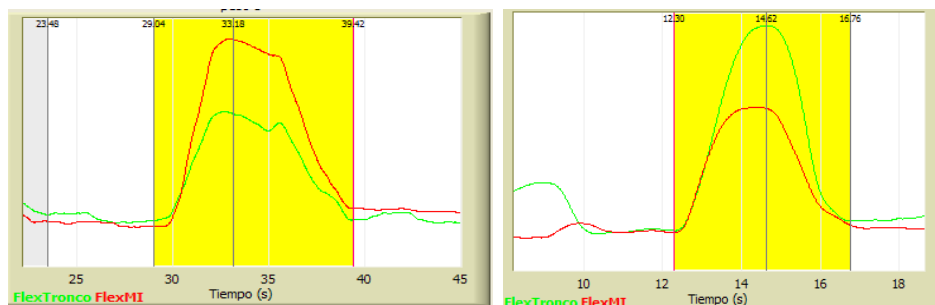
Poniższe wykresy przedstawiają ruchy wykonywane przez pacjenta. Informacje te są uzupełnione o wykresy z poprzedniej sesji, aby łatwiej było je porównać.

Czas, w sekundach, potrzebny do wykonania zarejestrowanych ruchów.

AKTYWNOŚĆ: WSTAWANIE Z KRZESŁA



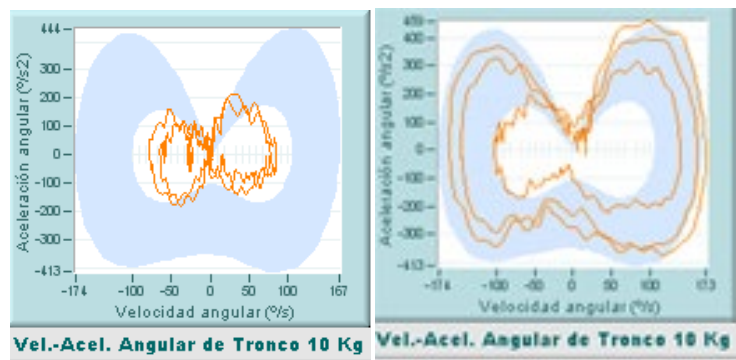
AKTYWNOŚĆ: PODNOSZENIE CIĘŻARÓW



Rysunek 24. Żółty pasek reprezentuje całkowity czas w sekundach (oś odciętych) potrzebny do wykonania kompletnych ruchów. Obraz po lewej stronie przedstawia zapis pacjenta w poprzedniej sesji (zmiana funkcjonalna), a obraz po prawej stronie, tego samego pacjenta podczas obecnej sesji oceny.

Czas, jaki pacjent potrzebuje na wykonanie pełnego ruchu, uległ znacznej poprawie. Po lewej stronie widać, że żółty pasek jest szerszy, natomiast po prawej stronie znacznie się zmniejszył, a więc pacjent wykonywał ruch szybciej, co wiąże się z poprawą i mniejszym bólem. Poprawa ta była obiektywizowana zarówno w czynności wstawania z krzesła, jak i w czynności schylania się, podnoszenia ciężaru i podnoszenia go.

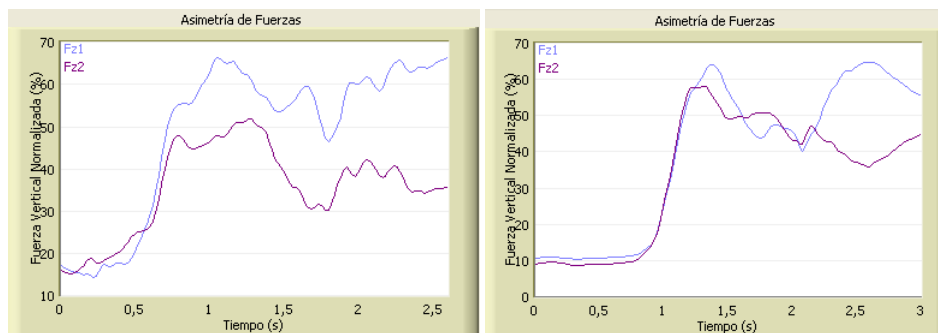
W odniesieniu do **szybkości i przyspieszenia ruchu w tych dwóch czynnościach:**



Rysunek 25. Przedstawienie prędkości kątowej/przyspieszenia tułowia dla trzech powtórzeń ruchu wykonywanego przez pacjenta w celu podniesienia 10 kg wraz z pasmami normalności. Obraz po lewej stronie przedstawia zapis pacjenta z poprzedniej sesji, a obraz po prawej stronie, tego samego pacjenta podczas bieżącej sesji.

Kolejnym faktem wskazującym na poprawę jest to, że pacjent jest teraz w stanie wykonywać ruchy z prędkościami i przyspieszeniami, które praktycznie mieszczą się w normie. Na wykresie po lewej stronie widzieliśmy, że graficzna reprezentacja była oddalona od niebieskiego pasma (powolny ruch); jednak na prawym obrazie linie te znajdują się w niebieskim paśmie, co oznacza, że ruch unormował się w odniesieniu do jego składowych prędkości. Te dane również potwierdzają wniosek, że pacjentka po leczeniu osiągnęła odpowiedni postępek i poprawę.

W odniesieniu do **siły reakcji pionowej** rejestrowanej za pomocą dwóch platform dynamometrycznych:



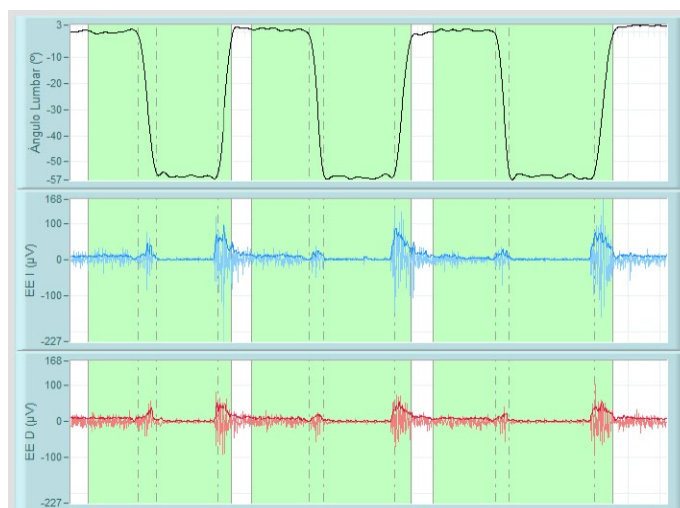
Ryc. 26. Całkowita znormalizowana siła pionowa wywierana przez prawą stopę (Fz1) i przez lewą stopę (Fz2) podczas wykonywania ruchu 26aid-stoisko w jednym z powtórzeń. Obraz po lewej stronie przedstawia zapis pacjenta z poprzedniej sesji, natomiast obraz po prawej stronie przedstawia tego samego pacjenta podczas bieżącej sesji.

Ustabilizowało się również podparcie na obu kończynach dolnych. W poprzedniej ocenie występowała różnica w podparciu przy wstawaniu z krzesła, z większym ciężarem podtrzymywanym przez prawą kończynę (linia jasnoniebieska Fz1), natomiast w obecnej ocenie ciężar podtrzymywany przez każdą stopę jest praktycznie równy.

Ocena globalna tego testu wyniosła 97% normalności, co oznacza, że obecny wzorzec ruchowy jest podobny do wzorca ruchowego osób w jego wieku i płci bez patologii i dolegliwości bólowych. Zatem ten wzorzec ruchowy wskazuje, że pacjent nie jest ograniczony

funkcjonalnie (przy stosowanym protokole NedLumbar/IBV uznaje wynik ogólny za funkcjonalnie prawidłowy, gdy jest on większy niż 90%).

Ponownie przeprowadzono test oceny zgięcia-rozluźnienia kręgosłupa, a uzyskany wynik był następujący:



Rysunek 27. Wyniki badań kinematycznych i sEMG podczas testu zgięciowo-relaksacyjnego odcinka lędźwiowego kręgosłupa.

W świetle wyników uzyskanych w ocenie funkcjonalnej odcinka lędźwiowego można stwierdzić, że patologia lub zgłaszane objawy nie mają obecnie wpływu na wydolność funkcjonalną tego pacjenta na podstawie obiektywnych wartości uzyskanych dla różnych analizowanych parametrów, co potwierdza istnienie prawidłowego poziomu funkcjonalnego.

Postęp: Podczas pierwszej konsultacji pacjent zgłosił ból i ograniczony ruch. Po zastosowaniu zalecanej terapii i ponownej ocenie, pacjent zgłosił poprawę, chociaż ból przy palpacji w okolicy lędźwiowej utrzymuje się, ale nie ogranicza jego ruchów. Po zakończeniu leczenia pacjent zgłaszał łagodną bolesność przy palpacji wyrostków kolczystych odcinka lędźwiowego, natomiast staw krzyżowo-biodrowy i mięśnie przykręgowce nie są bolesne przy palpacji. Czynne zgięcie lędźwiowe wynosi 60° i pełny wyprost. Zgięcie boczne prawidłowe, objaw Lasègue'a ujemny.

Biorąc pod uwagę, że wyniki badań unormowały się, a postępy pacjenta są korzystne, lekarz zdecydował, że może on powrócić do pracy.

6. Kluczowe zagadnienia

- Ból kręgosłupa jest bardzo powszechny w warunkach klinicznych i często powoduje zmianę ruchomości kręgosłupa.
- Techniki analizy biomechanicznej, które pozwalają nam poznać siłę i ruchomość kręgosłupa, dostarczają obiektywnych informacji na temat 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.
- U osób z bólem dolnego odcinka kręgosłupa można również ocenić siłę, 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.

7. Referencje

- [1] Prushansky, T., & Dvir, Z. (2008). La prueba de la movilidad cervical: metodología e implicaciones clínicas. *Osteopatía Científica*, 3(3), 108-114.
- [2] Dall'Alba, P. T., Sterling, M. M., Treleaven, J. M., Edwards, S. L., & Jull, G. A. (2001). Cervical range of motion discriminates between asymptomatic persons and those with whiplash. *Spine*, 26(19), 2090-2094.
- [3] Sterling, M., Jull, G., Vicenzino, B., Kenardy, J., & Darnell, R. (2003). Development of motor system dysfunction following whiplash injury. *PAIN®*, 103(1-2), 65-73.
- [4] Ohberg, F., Grip, H., Wiklund, U., Sterner, Y., Karlsson, J. S., & Gerdle, B. (2003). Chronic whiplash associated disorders and neck movement measurements: an instantaneous helical axis approach. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 7(4), 274-282.
- [5] Prushansky, T., Pevzner, E., Gordon, C., & Dvir, Z. (2006). Performance of cervical motion in chronic whiplash patients and healthy subjects: the case of atypical patients. *Spine*, 31(1), 37-43.
- [6] Grip, H., Sundelin, G., Gerdle, B., & Karlsson, J. S. (2008). Cervical helical axis characteristics and its center of rotation during active head and upper arm movements—comparisons of whiplash-associated disorders, non-specific neck pain and asymptomatic individuals. *Journal of biomechanics*, 41(13), 2799-2805.
- [7] Dvorak, J., Antinnes, J. A., Panjabi, M., Loustalot, D., & Bonomo, M. (1992). Age and gender related normal motion of the cervical spine. *Spine*, 17(10 Suppl), S393-8.
- [8] Baydal Bertomeu, J.M. "Análisis biomecánico del movimiento cervical mediante técnicas de origen cinemático. Contribución a la valoración objetiva de la discapacidad". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales. Valencia, 2012.
- [9] Sjölander, P., Michaelson, P., Jaric, S., & Djupsjöbacka, M. (2008). Sensorimotor disturbances in chronic neck pain—range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Manual therapy*, 13(2), 122-131.
- [10] Ylinen, J., Salo, P., Nykänen, M., Kautiainen, H., & Häkkinen, A. (2004). Decreased isometric neck strength in women with chronic neck pain and the repeatability of neck strength measurements. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(8), 1303-1308.
- [11] Marras, W. S., & Wongsam, P. E. (1986). Flexibility and velocity of the normal and impaired lumbar spine. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67(4), 213-217.
- [12] Yoshida, K., Iwakura, H., & Inoue, F. (1983). Motion analysis in the movements of standing up from and sitting down on a chair. A comparison of normal and hemiparetic subjects and the differences of sex and age among the normals. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 15(3), 133-140.

- [13] McClure, P. W., Esola, M., Schreier, R., & Siegler, S. (1997). Kinematic analysis of lumbar and hip motion while rising from a forward, flexed position in patients with and without a history of low back pain. *Spine*, 22(5), 552-558.
- [14] Radebold, A., Cholewicki, J., Panjabi, M. M., & Patel, T. C. (2000). Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine*, 25(8), 947-954.
- [15] Kralj, A., Jaeger, R. J., & Muni, M. (1990). Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation. *Journal of biomechanics*, 23(11), 1123-1138.
- [16] Dvir, Z. (1991). Clinical applicability of isokinetics: a review. *Clinical Biomechanics*, 6(3), 133-144.
- [17] Smith, S. S., Mayer, T. G., Gatchel, R. J., & Becker, T. J. (1985). Quantification of lumbar function. Part 1: Isometric and multispeed isokinetic trunk strength measures in sagittal and axial planes in normal subjects. *Spine*, 10(8), 757-764.
- [18] Mayer, T. G., Smith, S. S., Keeley, J. A. N. I. C. E., & Mooney, V. E. R. T. (1985). Quantification of lumbar function. Part 2: Sagittal plane trunk strength in chronic low-back pain patients. *Spine*, 10(8), 765-772.
- [19] Mayer, T. G., Smith, S. S., Kondraske, G., Gatchel, R. J., Carmichael, T. W., & Mooney, V. E. R. T. (1985). Quantification of lumbar function. Part 3: Preliminary data on isokinetic torso rotation testing with myoelectric spectral analysis in normal and low-back pain subjects. *Spine*, 10(10), 912-920.
- [20] Triano, J. J., & Schultz, A. B. (1987). Correlation of objective measure of trunk motion and muscle function with low-back disability ratings. *Spine*, 12(6), 561-565.
- [21] Sihvonen, T., Partanen, J., Hänninen, O., & Soimakallio, S. (1991). Electric behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 72(13), 1080-1087.
- [22] Floyd, W. F., & Silver, P. H. S. (1950). Electromyographic study of patterns of activity of the anterior abdominal wall muscles in man. *Journal of Anatomy*, 84(Pt 2), 132.
- [23] Floyd, W. F., & Silver, P. H. S. (1955). The function of the erector spinae muscles in certain movements and postures in man. *The Journal of physiology*, 129(1), 184-203.
- [24] Nouwen, A., Van, P. A., & Versloot, J. M. (1987). Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic low-back pain. *Spine*, 12(8), 777-782.
- [25] Shirado, O., Ito, T., Kaneda, K., & Strax, T. E. (1995). Concentric and eccentric strength of trunk muscles: influence of test postures on strength and characteristics of patients with chronic low-back pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 76(7), 604-611.

[26] Paquet, N., Malouin, F., & Richards, C. L. (1994). Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients. *Spine*, 19(5), 596-603.

[27] Lund, J. P., Donga, R., Widmer, C. G., & Stohler, C. S. (1991). The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 69(5), 683-694.

[28] Ahern, D. K., Follick, M. J., Council, J. R., Laser-Wolston, N., & Litchman, H. (1988). Comparison of lumbar paravertebral EMG patterns in chronic low back pain patients and non-patient controls. *Pain*, 34(2), 153-160.

[29] Geisser, M. E., Haig, A. J., Wallbom, A. S., & Wiggert, E. A. (2004). Pain-related fear, lumbar flexion, and dynamic EMG among persons with chronic musculoskeletal low back pain. *The Clinical journal of pain*, 20(2), 61-69.

[30] Yuan, T., Liu, Q., & Ai, Q. (2010, December). Study on Best Wavelet Packet Based Independent Threshold De-noising for MUAP. In 2010 *Second World Congress on Software Engineering* (Vol. 1, pp. 269-272). IEEE.

[31] Kumar, S., & Prasad, N. (2010). Torso muscle EMG profile differences between patients of back pain and control. *Clinical biomechanics*, 25(2), 103-109.



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.