

**Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego
w Poznaniu**

KONSPEKT PRACY DOKTORSKIEJ

Katarzyna Wegner-Czerniak

**Ocena zmian przeciążeniowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa u
pracowników przemysłu motoryzacyjnego- kontekst profilaktyki**

**Opiekunnaukowy:
Prof. nadzw.dr hab. Małgorzata Ogurkowska**

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
2. Stan wiedzy i analiza piśmiennictwa	9
2.1 Mechaniczne właściwości struktur kręgosłupa	9
2.1.1 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa	16
2.1.2 Patobiomechanizm zmian przeciążeniowych	18
2.1.3 Ergonomia i higiena pracy na stanowisku montażysty.....	19
2.2 Profilaktyka zmian przeciążeniowych narządu ruchu	23
2.2.1 Zastosowanie technik energizacji mięśniowych w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa	23
3. Cel Badań.....	29
4. Materiał i metody badawcze	31
4.1 Materiał badawczy.....	31
4.2 Metody badawcze	33
4.2.1 Badanie wstępne	33
4.2.1.1 Dokumentacja filmowa i fotograficzna	33
4.2.1.2 Badanie ankietowe pracowników	33
4.2.1.3 Kwestionariusz Oswestry	35
4.2.2 Diagnostyka narządu ruchu	35
4.2.2.1 Tomografia komputerowa.....	35
4.2.2.2 Diagnostyka funkcjonalna	40
4.2.2.3 Segmentarne techniki energizacji mięśniowej.....	44
4.2.3 Biomechaniczna ocena stanu narządu ruchu przed zaproponowaną profilaktyką wtórną.....	49
4.2.3.1 Elektromiografia	50
4.2.3.2 Platforma stabilometryczna	52

4.2.3.3	System CPG1v0 do pomiaru ruchomości kręgosłupa	53
4.2.4	Biomechaniczna ocena stanu narządu ruchu po jednorazowej terapii..	57
4.2.4.1	Elektromiografia	57
4.2.4.2	Platforma stabilometryczna	57
4.2.4.3	System CPG1v0 do pomiaru ruchomości kręgosłupa	57
4.2.5	Ocena funkcjonalna i biomechaniczna stanu narządu ruchu po czterotygodniowej terapii.....	57
4.2.5.1	Skala Vas	57
4.2.5.2	Kwestionariusz Oswestry	58
4.2.5.3	Diagnostyka funkcjonalna.....	58
4.2.5.4	Elektromiografia	58
4.2.5.5	Platforma stabilometryczna	58
4.2.5.6	System CPG1v0 do pomiaru ruchomości kręgosłupa	58
5.	Wyniki	59
5.1	Wyniki badań ankietowych	59
5.2	Badania pilotażowe	63
6.	Wstępne wnioski	87
7.	Piśmiennictwo	89
8.	Załączniki	95

1. Wprowadzenie

Wyzwaniem dla współczesnych systemów opieki zdrowotnej jest rosnąca liczba osób z chorobami przewlekłymi narządu ruchu. W krajach uprzemysłowionychokołojednej trzeciej wszystkich nieobecności związanych z ochroną zdrowia w pracy spowodowane jestzaburzeniami układu mięśniowo-szkieletowego.Największą część tych schorzeń, bo około60%, stanowią dolegliwości wywołane bólem w dolnej części kręgosłupa,degeneracją dysku, przepukliną dysków międzykręgowych. Drugą pozycję zajmują urazy szyi i kończyn górnych, a następnie urazy kolan i stawów biodrowych(Luttmann i in., 2003).

Według raportu Zakładu Ubezpieczeń Społecznych z 2015 roku w Polsce koszt świadczeń związanych z niezdolnością do pracyz powodu chorób układu kostno-stawowego, mięśniowego i tkanki łącznej wynosił 4 525 223,2 zł. Jest to druga co do wielkości kosztów grupa chorób. Na pierwszym miejscu są zaburzenia psychiczne i zaburzenia zachowania5 902 353,3 zł (ZUS, 2016).

Liczba czynników sprzyjających występowaniu dolegliwości bólowych narządu ruchu jest duża. Zaliczamy do nich powtarzające się obciążenia fizyczne i psychiczne wynikające ze współczesnego stylu życia, charakteru pracy zawodowej oraz siedzącego trybu spędzania, czasu wolnego. Możliwości adaptacyjne kręgosłupa zostają przekroczone zazwyczaj wtedy kiedy na przeciążenie cywilizacyjne nakłada się pogorszenie wydolności czy stanu zdrowia organizmu. Zapoczątkowuje to zmiany czynnościowe, a następnie zwyrodnieniowe struktur kręgosłupa.JerzyStodolny (2000)nazywa powyższe schorzenie kręgosłupa chorobą przeciążeniową.

Osoby cierpiące z powodu bólu kręgosłupa zgłaszają również ból w innych obszarach ciała (Webb i in., 2003),co sugeruje, że ból kręgosłupa nie powinien być rozważany jako dolegliwość ściśle umiejscowiona. Kręgosłup jest częścią łańcucha kinematycznego. Dlategozmiany strukturalne kręgosłupa mogą powstawać w wyniku restrykcji funkcjonalnych w stawach kończyn i odwrotnie. Restrykcje strukturalne w stawach i kończynach mogą pojawiać się na skutek zmian funkcjonalnych w obrębie kręgosłupa (Myers, 2010). Wśród zawodowych czynników ryzyka dla zespołów przeciążeniowych wymienia się czynniki fizyczne, takie jak: wymuszona pozycja ciała, ruchy powtarzalne, unoszenie z podłoża

dużych ciężarów w pozycji rotacji tułowia, drgania miejscowe, zimny mikroklimat (Brinckmann i in.,1998; Kelsey i in.,1984; Sowers, 2001).

Analiza charakteru pracy pracowników w zakładzie produkcyjnym przemysłu motoryzacyjnego skłania do przypuszczenia, że w obrębie tej grupy zawodowej zjawisko zespołu przeciążeniowego może występować szczególnie często. Pracownik na linii produkcyjnej jest zmuszony zarówno do dźwigania, pozostawania przez dłuższy czas w jednej wymuszonej pozycji ciała (najczęściej w przodopochyleniu) oraz do częstego schylania się. Wymienione czynności i pozycje ciała są bowiem nieodłącznym elementem jego pracy i trudno ich uniknąć. Zgięcie kręgosłupa lędźwiowego do przodu przy wyprostowanych w stawach kolanowych kończynach dolnych jest jednym z najbardziej przeciążających ruchów w tym odcinku (Nachemson, Morris, 1964). W związku z powyższym możliwość wystąpienia urazu lub przeciążeń mięśni przykręgosłupowych, więzadeł czy też w ostateczności krążków międzykręgowych jest szczególnie duża. Pomimo zgromadzonej wiedzy o czynnikach ryzyka zespołu przeciążeniowego układu mięśniowo-szkieletowego epidemiologia tych schorzeń wciąż nie jest dostatecznie poznana.

W celu zapobiegania urazów czy dysfunkcji narządu ruchu należy unikać niepotrzebnych przeciążeń mechanicznych i jednocześnie zwiększać ruchomość i stabilizację w celu uzyskania większej tolerancji na obciążenia (Liebenson 2000). Na tej podstawie zaproponowano program profilaktyki wtórnej, który opiera się na segmentalnych technikach energizacji mięśniowej.

Z przeglądu literatury wynika, że pomimo, iż wykazano skuteczność technik energizacji mięśniowych w żadnej z pozycji literaturowych nie opisano zagadnień związanych z analizą biomechaniczną terapii w/w metodą u pacjentów z dolegliwościami bólowymi, u których występują zmiany przeciążeniowe w odcinku lędźwiowym kręgosłupa. W związku z powyższym obecnie prezentowana praca badawcza będzie miała na celu dokonanie oceny wpływu segmentalnych technik energizacji mięśniowych na wybrane parametry biomechaniczne odcinka lędźwiowego kręgosłupa, zmienność subiektywnego odczuwania dolegliwości bólowych oraz na stopień niepełnosprawności. Zostaną wykonane pomiary ruchomości kręgosłupa, stabilizacji posturalnej oraz aktywności elektromiograficznej wybranych mięśni. Oceny dokona się po jednorazowej terapii oraz po czterotygodniowym cyklu terapeutycznym. Program stanowić będzie

profilaktykę wtórną zmian przeciążeniowych u pracowników fizycznych przemysłu motoryzacyjnego, którzy są szczególnie często narażeni na występowanie w/w zmian.

2. Stan wiedzy i analiza piśmiennictwa

2.1 Mechaniczne właściwości struktur kręgosłupa

W związku z przenoszeniem obciążeń, szczególnie związanych z dźwiganiem ciężaru wyżej położonych części ciała, kręgi poszczególnych odcinków różnią się między sobą wielkością trzonu. Kręg szczytowy nie ma typowego trzonu, ponieważ dźwiga tylko ciężar głowy, natomiast kręg L5 ma największy spośród wszystkich kręgów trzon kręgowy, ponieważ dźwiga ciężar całego ciała znajdującego się powyżej. Różnice wynikające z przenoszonych obciążeń widoczne są również w budowie wyrostków - wyrostki kręgów odcinka lędźwiowego są masywne, ponieważ stanowią miejsce przyczepu mięśni poruszających całym tułowiem, a wyrostki kręgów szyjnych są znacznie mniejsze, ponieważ mięśnie do nich się przyczepiające poruszają tylko szyją, głową i obręczą kończyny górnej.

Trzon kręgu jest zbudowany w części obwodowej z istoty kostnej zbitiej, a w części centralnej z istoty kostnej gąbczastej.

Istota zbita zbudowana jest z regularnie ułożonych blaszek kostnych i charakteryzuje się dużą gęstością. Istota gąbczasta natomiast zbudowana jest z nieregularnie ułożonych beleczek kostnych, których kształt i gęstość zależy od siły ciężkości i sił mechanicznych, jakim trzon jest poddawany. Im większe siły działają na trzon, tym większa będzie gęstość ułożenia beleczek. Dzięki porowatej strukturze kość ma mniejszą masę przy zachowaniu optymalnej wytrzymałości na ściskanie lub rozciąganie.

W przenoszeniu obciążeń pomagają również krążki międzykręgowe - struktury leżące pomiędzy trzonami kręgów. Obwodowa część pierścienia łączy ze sobą płytki graniczne sąsiadujących trzonów kręgowych oraz ogranicza objętość centralnie leżącego jądra miażdżystego. Główną funkcją jądra jest amortyzacja wstrząsów i przez to ochrona płytki granicznej trzonu.

Krażek międzykręgowy to jedna ze struktur, które zapewniają połączenie pojedynczych kręgów w kręgosłup. Pozostałe to: więzadła i stawy międzywyrostkowe. W obrębie kręgosłupa wyróżniamy następujące więzadła - podłużne przednie, podłużne tylne, żółte, międzypoprzeczne, międzykolcowe i nadkolcowe. Z biomechanicznego punktu widzenia najczęściej problemów stwarzać

może więzadło podłużne tylne, które biegnie natylnej powierzchni trzonów kręgowych od przedniego brzegu otworu wielkiego kości potylicznej do górnej części kości krzyżowej. Jest ono węższe od więzadła przedniego i dodatkowo zwęża się w miarę schodzenia w dół kręgosłupa. Tym sposobem nie zapewnia dodatkowego wzmocnienia w tylnobocznej części dysków międzykręgowych dolnych segmentów lędźwiowych, stwarzając możliwość do powstawania zmian patologicznych w tej okolicy.

Wieżadło podłużne tylne razem z więzadłami żółtymi, które łączą łuki sąsiednich kręgów, pokrywają kanał kręgowy, w którym biegnie rdzeń kręgowy. Rdzeń jest dodatkowo otoczony oponami, w których znajduje się płyn mózgowo-rdzeniowy. Wymienione struktury razem z kręgami stanowią bardzo mocną barierę ochronną dla rdzenia kręgowego.

Stawy międzywyrstkowe utworzone są przez wyrostki stawowe dolne i górne sąsiadujących kręgów. W kręgosłupie lędźwiowym płaszczyzny stawowe ustawione są pod kątem 90° od płaszczyzny poprzecznej i 45° do tyłu od płaszczyzny czołowej, natomiast w piersiowym pod kątem 60° od płaszczyzny poprzecznej i 20° do przodu od płaszczyzny czołowej (Banton 2012, Bermark 1989). Otoczone są torebką stawową wzmocnioną dodatkowo przez wspomniane więzadła żółte. Ustawienie powierzchni stawowych w płaszczyźnie innej niż strzałkowa umożliwia ochronę przed składową ścinającą siłą ciężkości, która pojawia się w momencie zginania tułowia do przodu (Bergmark 1989). Im bardziej zbliżone do płaszczyzny strzałkowej są powierzchnie stawowe w dolnych segmentach kręgosłupa, tym większe jest prawdopodobieństwo wystąpienia kręgozmyku, czyli ześlizgnięcia kręgu położonego wyżej w kierunku brzuszonym w wyniku pęknięcia nasad łuków kręgowych.

Funkcja amortyzacyjna kręgosłupa jako całości byłaby niemożliwa do spełnienia gdyby nie jego fizjologiczne wygięcia przednio-tylne. Dzięki temu zachowuje się on jak sprężyna - przy nagłych obciążeniach pionowych (np. przy lądowaniu z wyskoku) może on zamortyzować wstrząs poprzez chwilowe zwiększenie krzywizn, które następnie wracają do stanu wyjściowego. Wielkość wygięć zależy głównie od napięcia mięśni, a wpływ na nie ma tryb życia, rodzaj wykonywanej pracy, itp. (Myers 2010). Prawidłowo ukształtowane krzywizny pomagają także w utrzymaniu pionowej postawy ciała przy minimalnym wysiłku

mięśniowym. Rzut środka ciężkości głowy powinien przechodzić przez szczyt lordozy szyjnej, dzięki czemu zmniejszone zostanie ramie jej siły ciężkości. Podobną sytuację mamy w przypadku rzutu środka ciężkości klatki piersiowej i lordozy lędźwiowej.

Na skutek zadziałania czynników patologicznych, np. zmian w budowie kręgow lub nieprawidłowych napięć mięśniowych, krzywizny kręgosłupa mogą ulec spłyceniu lub pogłębieniu. Nazywamy to odpowiednio hipokifozą i hipolordożą oraz hiperkifożą i hiperlordożą. Oba stany stwarzają niekorzystne biomechanicznie sytuacje dla organizmu. Zmniejszone krzywizny eliminują funkcję amortyzacyjną kręgosłupa, a zwiększone ustawiają stawy międzywyrostkowe w końcowych zakresach oraz wydłużają ramie siły ciężkości poszczególnych części, przez co przeciążane są tkanki miękkie otaczające kręgosłup.

Wspomniane elementy bierne (stawy, więzadła i krążki) i czynne (mięśnie) wpołączeniu z prawidłowym sterowaniem układu nerwowego to trzy czynniki, które wzajemnie ze sobą współpracując zapewniają optymalną stabilizację kręgosłupa, która niezbędna jest do spełnienia nieustannie zmieniających się wymagań statycznych i dynamicznych (Moseley, Hodges 2005).

System bierny nie odgrywa istotnej roli w utrzymaniu kręgosłupa będącego w pozycji neutralnej, ale odpowiada za hamowanie ruchu na końcu jego zakresu. We wspomnianej pozycji neutralnej wysyła do układu nerwowego informacje o położeniu i ruchu kręgow. Zatem określenie bierne dotyczy jedynie braku generowania przez więzadła i torebki stawowe sił do wykonania ruchu, jednak nie można pominąć ich aktywnego wpływu na utrzymanie pożądanego pozycji poprzez wspomniane wysyłanie informacji do układu nerwowego.

System czynny odpowiada za wytwarzanie sił do zapewnienia prawidłowej stabilności kręgosłupa. Funkcjonalnie dzielimy tutaj mięśnie na stabilizatory lokalne, stabilizatory globalne i mobilizatory globalne (Hadała 2011; Bergmark 1989). Stabilizatory lokalne to krótkie mięśnie leżące na kręgosłupie a ich zadaniem jest utrzymanie stałej niskiej aktywacji niezależnie od kierunku ruchu. Ma to zapewnić sztywność segmentu w jego neutralnym zakresie, gdzie więzadła i torebka nie dają wystarczającej stabilności. Ich napięcie bez zmiany długości aktywowane jest przed rozpoczęciem ruchu, co przygotowuje segment na przyjęcie obciążenia. Stabilizatorami lokalnymi dla kręgosłupa lędźwiowego są mięsień wielodzielny i mięsień poprzeczny brzucha.

Stabilizatory globalne to jedno- i wielostawowe mięśnie, których zadaniem jest wytwarzanie siły do kontroli zakresu ruchu. Mięśnie te muszą mieć zdolność do pełnego koncentrycznego skrócenia, izometrycznego utrzymania pozycji i ekscentrycznego spowolnienia ruchu. Ich aktywność, w przeciwieństwie do stabilizatorów lokalnych, niejeststała i zależy od kierunku ruchu. Stabilizatorami globalnymi dla odcinka lędźwiowego kręgosłupa są mięsień pośladkowy średni oraz mięśnie skośny zewnętrzny i wewnętrzny brzucha.

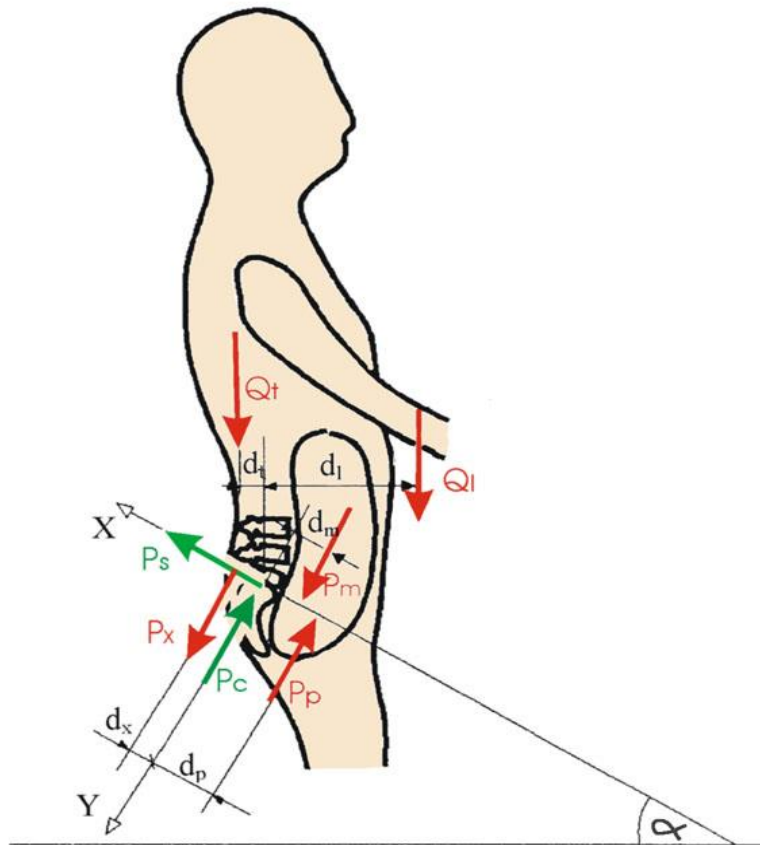
Funkcją mobilizatorów globalnych jest generowanie dużej siły do wykonania ruchu. Są to długie mięśnie wielostawowe. W warunkach prawidłowych włączają się w stabilizację kręgosłupa dopiero przy jego dużych obciążeniach - pchaniu, ciągnięciu, podnoszeniu. W warunkach patologicznych często dominują nad słabszymi stabilizatorami globalnymi i ograniczają w ten sposób stabilność kręgosłupa. Są też przyczyną ograniczeń zakresu ruchu. Mobilizatorami globalnymi kręgosłupa lędźwiowego są mięsień prosty uda, mięsień prosty brzucha oraz mięśnie kulszowo-goleniowe.

Rola systemu kontroli w stabilizacji kręgosłupa jest złożona i rozległa. Aby zapewnić stabilność system ten musi nieprzerwanie i jednocześnie monitorować sygnały płynące do niego z systemu biernego i aktywnego oraz natychmiastowo na nie odpowiadać poprzez wysyłanie poleceń do odpowiednich mięśni. Nieprawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego może prowadzić do błędnego schematu aktywacji mięśni w danej sytuacji - mięsień (lub mięśnie) jest aktywowany za wcześnie/za późno lub zbyt mocno/zbyt słabo niż jest to wymagane. Niewydolność mięśni spowoduje przeniesienie działających sił na system bierny (np. dysk międzykręgowy) prowadząc również do uszkodzeń. Potwierdzone to jest badaniami momentu aktywacji mięśnia poprzecznego brzucha (stabilizatora lokalnego) u osób z przewlekłym bólem kręgosłupa lędźwiowego wykonanymi przez Hodgesa i Richardson (1996). W prawidłowych warunkach mięsień ten powinien zwiększyć swoje napięcie zanim zostanie wykonany ruch - w badanym przypadku ruch kończyny górnej w stawie ramiennym po zauważeniu przez badanego sygnału świetlnego. Okazało się, że u osób cierpiących na przewlekły ból mięsień poprzeczny brzucha aktywuje się dopiero po rozpoczęciu, co powoduje, że kręgosłup nie jest przygotowany na przyjęcie dodatkowego obciążenia. Badania Moseleya i Hodgesa (2005) potwierdziły, że pod wpływem stymulacji bólowej nastąpiło opóźnienie w aktywacji

mięśnia poprzecznego brzucha, którecowięcej, wróciło do normy nie bezpośrednio po usunięciu bólu, lecz dopiero po pewnym czasie.

Uraz, choroba i/lub zmiany zwyrodnieniowe mogą prowadzić do niewydolności systemu biernego i/lub aktywnego. System kontroli otrzymując takie informacje wysyła sygnały do pozostałych funkcjonujących jeszcze części obu systemów. Ich zwiększona aktywność może prowadzić do przyspieszonego zużycia, nieprawidłowego obciążania mięśni i ich zmęczenia. Jeśli poczynione działania nie mogą zapewnić przywrócenia prawidłowej stabilności kręgosłupa dochodzi do powstania przewlekłej niestabilności i/lub bólu, które mogą prowadzić do powstania kolejnego urazu.

Stabilność kręgosłupa w warunkach prawidłowych powinna być zachowana w każdym momencie. Czynności nie wymagające użycia dużej siły, np. podniesienie ręki do góry, powinny być poprzedzone odpowiednią aktywacją stabilizatorów lokalnych. Jeśli nie działają one prawidłowo to jest to pierwsza możliwa przyczyna powstania patologii kręgosłupa. Jeśli system mięśni stabilizatorów lokalnych jest wydolny i umożliwia bezpieczne uniesienie ręki to utrzymanie jej w poziomie stwarza dla kręgosłupa kolejne zagrożenia. Na Rysunku 1 pokazano, że działanie tylko siły ciężkości wyprostowanej w stawie łokciowym i uniesionej w płaszczyźnie strzałkowej kończyny górnej w połączeniu z długim ramieniem jej działania powoduje powstanie momentu siły ciężkości, który, dla zachowania równowagi układu, musi zostać zrównoważony przez m. in. mięśnie prostowniki kręgosłupa działające na stosunkowo krótszej dźwigni. Zatem podniesienie kończyny górnej trzymającej jakikolwiek przedmiot w dłoni wielokrotnie zwiększa pracę jaką muszą wykonać w/w mięśnie.



Rysunek 1 Schemat sił działających na kręgosłup lędźwiowy[wg.Stotte'a]

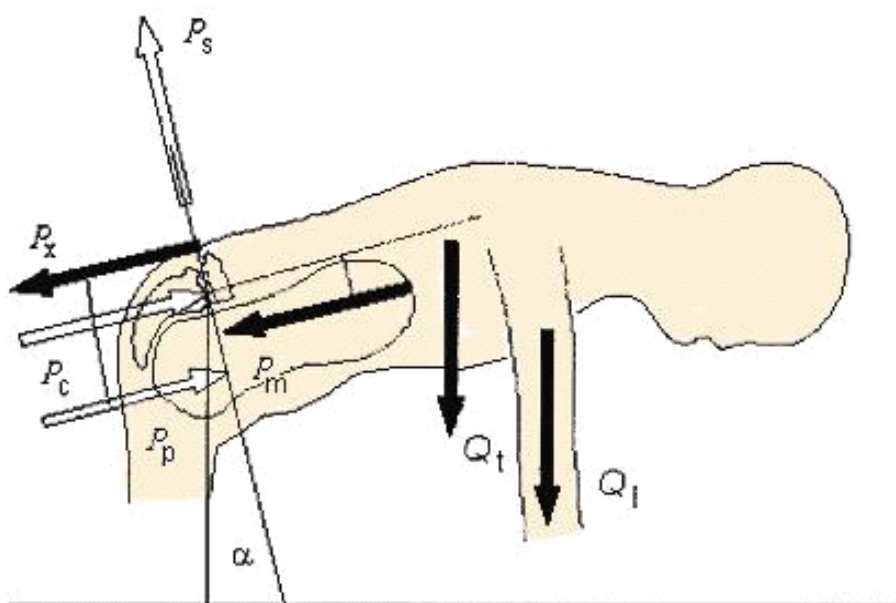
Qt - ciężar głowy i karku oraz tułowia, **Pp**- siła wywierana przez ciśnienie śródbrzusze przyłożone w środku pasa **P**, **Ql**- ciężar wyprostowanych kończyn górnych działających przez staw ramienny,**Px** - siła prostowników grzbietu, **Pm**- składowa siły wzdłużnej mięśni brzucha, **Ps**, **Pc**- składowe siły w krążku międzykręgowym (styczna, kompresji).

Źródło: Stotte

Zwiększonemu napięciu prostowników kręgosłupa musi towarzyszyć odpowiednia aktywność mięśni stabilizatorów globalnych, w tym przypadku mięśnia skośnego zewnętrznego i wewnętrznego brzucha oraz mięśni pośladkowych. Jeśli mięśnie brzucha będą niewydolne, to każdemu uniesieniu ręki do góry będzie towarzyszyło pogłębienie lordozy lędźwiowej. Hiperlordoza niesie ze sobą szereg niekorzystnych dla kręgosłupa zmian. Przede wszystkim powoduje zwiększoną kompresję na tylne części trzonów kręgowych i krążków międzykręgowych oraz kompresję więzadeł międzykolcowych i nadkolcowych w przypadku konfliktu wyrostków kolczystych. Ponadto przy dużym jej pogłębieniu stawy międzykręgowe ustawione są w skrajnej pozycji wyprost, co przeciąża

bierny system stabilizujący (rozciąga więzadła) oraz może prowadzić do szybszego zużycia powierzchni stawowych. Hiperlordoza utrzymująca się przez wiele lat, w połączeniu z wyczynowym uprawianiem sportu prowadzić może do powstania zmian strukturalnych w obrębie kręgosłupa.

Jak wspomniano wcześniej kręgosłup może pełnić funkcję podstawy lub ruchomego członu w parze biokinematycznej. Przedstawiony powyżej opis reakcji kręgosłupa na zgięcie ramienia ukazuje w jaki sposób może być on przeciążany statycznie, ale do przeciążeń może dochodzić również w warunkach dynamicznych. Izolowane zgięcie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej do przodu to ruch wysoce obciążający krążek kręgowy. Na Rysunku 2 ukazano powstającą składową ścinającą siły wypadkowej, którą jądro miazdżyste napiera na tylną część pierścienia włóknistego.

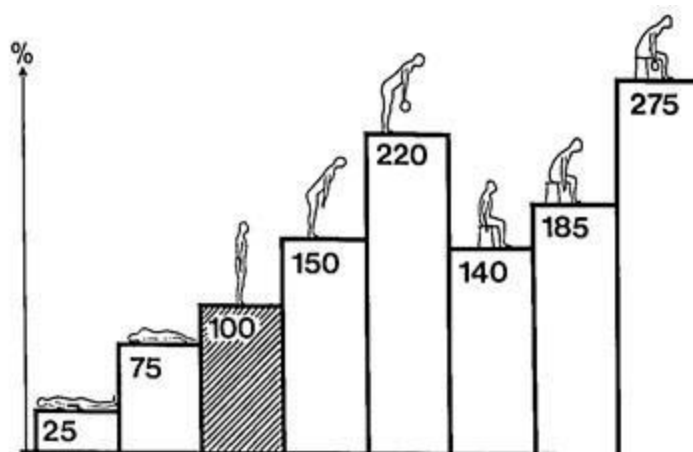


Rysunek 2 Obciążenie krążka międzykręgowego L5-S1 [wg.Stotte'a] podczas wykonywania skłonu do przodu.

Qt - ciężar głowy i karku oraz tułowia, **Pp**- siła wywierana przez ciśnienie śródbrzusze przyłożone w środku pasa **P**, **Ql**- ciężar wyprostowanych kończyn górnych działających przez staw ramienny, **Px** - siła prostowników grzbietu, **Pm**- składowa siły wzdłużnej mięśni brzoza, **Ps**, **Pc**- składowe siły w krążku międzykręgowym (styczna, kompresji).

Źródło:Stotte

Według Kaltenborna (1998) i Kramera (2013) zginanie kręgosłupa do przodu w połączeniu z rotacją to ruchy najbardziej przeciążające krążki między kręgowymi. Pod wpływem siły ciężkości (czyli siły ściskania), w jądrze miażdżystym pojawia się ciśnienie, które oddziałuje równomiernie rozłożoną siłą parcia na płytki krańcowe trzonów sąsiednich kręgów oraz na pierścień włóknisty. Powoduje to wybrzuszenie dysku w płaszczyźnie poziomej i wygięcie płytek krańcowych w płaszczyźnie pionowej (Ogurkowska 2007). W przypadku ruchu natomiast, na przykładzie zginania do przodu ciśnienie w krążku zdecydowanie rośnie. Nachemson (1970) określił jak zmienia się wielkość ciśnienia w kręgu L3 w różnych pozycjach ciała. Przyjmując wartość ciśnienia równą 100% w pozycji wyprostowanej wykazał, iż w pochyleniu do przodu wartość ta w trzecim krążku lędźwiowym rośnie do 150%, a w pochyleniu z obciążeniem do 220% (Rysunek 3). Dodatkowo w tylnej części dysku powstają siły rozciągające pierścień, a w przedniej siły kompresyjne wypychające krążek na zewnątrz. Im dalej od chwilowej osi obrotu, tym większa jest wartość powstających sił.



Rysunek 3 Wielkość ciśnienia pojawiającego się w krążku międzykręgowym w różnych pozycjach według Nachemsona

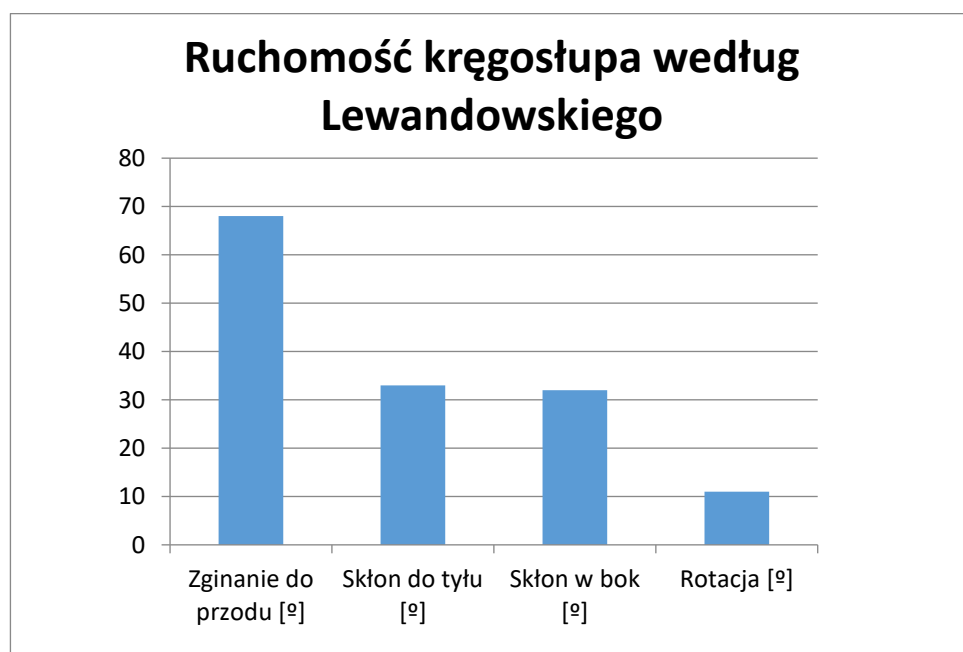
Źródło: Nachesmsn 1964

2.1.1 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa

Ruchy kręgosłupa lędźwiowego możliwe są dzięki obecności stawów. Stawy te można nazwać stawami międzytrzonowymi. Znajdują się one pomiędzy dolną powierzchnią jednego trzonu, a górną następnego (Adams 2006). Wyróżniamy czynny zakres ruchu – uzyskany w wyniku aktywacji momentów

sił mięśni działających na dany staw lub zakres ruchu bierny – powstały w wyniku wykorzystania momentów zewnętrznych. Na ruchomość mają wpływ powierzchnie stawowe, struktura i elastyczność torebek stawowych, chrząstek okołostawowych i więzadeł oraz elementy czynne – mięśnie. Mięśnie są zarówno „sprawcami” ruchu, ale także mogą wpływać na ograniczenie ruchomości w stawach. Wiadome jest, iż z wiekiem spada elastyczność zarówno elementów biernych jak i czynnych stabilizujących stawy kręgosłupa co również wpływa na ograniczenie ruchomości segmentu lędźwiowo – krzyżowego. Z kolei nadmierny przerost mięśni także będzie zmniejszał zakres ruchu ze względu na ich małą elastyczność. W przypadku bardzo zaawansowanej choroby krążka międzykręgowego kręgosłup także broni się przed nadmierną ruchomością wypuszczając wyrośla kostne – osteofity (Będziński 1997).

Na wykresie nr 1 przedstawiono ruchomości odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej oraz rotacje według Lewandowskiego (2006).



Wykres 1 Ruchomość kręgosłupa według Lewandowskiego

Źródło: Lewandowski 2006

2.1.2 Patobiomechanizm zmian przeciążeniowych

Wielokrotne powtarzanie naprzemiennych ruchów, np. zginania i prostowania kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej powoduje przyspieszone zużycie krążków międzykręgowych. Jądro miażdżyste, które początkowo stanowi jednorodną całość, w wyniku systematycznego przeciążania pęka i przekształca się w wiele fragmentów znajdujących się w płynnym środowisku. Równocześnie na tym etapie zachodzi rozmiękczenie tylnej części pierścienia włóknistego. Uszkodzone jądro traci możliwość równomiernego rozkładu zmiennych ciśnień na pierścień włóknisty, co powoduje, że zostaje on stale uciśnięty (w przypadku pogłębionej lordozy głównie w części tylnej). Zwiększone w czasie oddziaływanie sił na tylną część pierścienia prowadzi do jego szybszego zużycia i w efekcie przerwania. Przerwanie następuje zazwyczaj w tylnobocznej części pierścienia, ponieważ jego tylna część chroniona jest przez więzadło podłużne tylne. Fragmenty jądra mogą wciskać się w powstałe w pierścieniu szczeliny, prowadząc nawet do penetracji kanału kręgowego. Natomiast pozostałe fragmenty jądra, głównie z powodu utraty wody, twardnieją i tracą swoją elastyczność. Twardnieje i sztywnieje również pierścień włóknisty, który z czasem zmniejsza również swoją wysokość. Prowadzi to do zmniejszenia właściwości amortyzacyjnych pierścienia - w wyniku tego siły zostają przenoszone bezpośrednio na trzony kręgów, co prowadzi do zwiększenia gęstości kości, widocznej jako sklerotyzacja podchrzęstna w obrazie rtg (Dziak 1994).

Proces degeneracyjny opisał Dziak (1994, 2007), dzieląc go na trzy etapy: zwyrodnienie jądra miażdżystego, przemieszczenie jądra oraz włóknienie krążka międzykręgowego. W pierwszym etapie jądro miażdżyste ulega rozmiękczeniu, natomiast pierścień włóknisty rozciąga się i pęka w tylnej części. W wyniku tego zjawiska jądro stopniowo traci możliwości wchłaniania wody, nierównomiernie rozkłada naciski na pierścień włóknisty i płytki krańcowe - nie spełnia więc prawidłowo funkcji amortyzacji obciążeń oddziałujących na kręgi położone wyżej. W kolejnym etapie dochodzi do protruzyj krążka międzykręgowego. Zauważmy, iż jest to proces powolny wymagający stałego nacisku jądra na pierścień włóknisty w wyniku którego, ulega on stopniowemu przerywaniu. Tylna część pierścienia włóknistego wzmocniona jest przez więzadło podłużne tylne, dlatego „wybicie się” jądra miażdżystego z reguły przypada do bocznie od linii środkowej. W momencie,

gdy procesy włóknienia przeważają nad procesami rozpadu jądra i pierścienia włóknistego, rozpoczyna się trzeci etap degeneracji krążków międzykręgowych. Elementy krążka ulegają włóknieniu i wapnieniu co doprowadza do powstawania wyrostki kostnych. Początkowo włóknieje tylna część pierścienia włóknistego ograniczając stopniowo ruchomość trzonów, pociąga to za sobą zmiany w kierunku sklerotyzacji trzonów kręgowych oraz zmniejszanie się szpary międzytrzonowej. Brak prawidłowej amortyzacji wpływa na przebudowę struktury gąbczastej trzonów w kierunku zagęszczenia co w połączeniu z nierównomiernym układem beleczek kostnych wpływa na wzrost kruchości i niebezpieczeństwa występowania złamań kompresyjnych. Natomiast, zwężanie się światła szpary międzytrzonowej ma negatywny skutek na pracę stawów międzywyrostkowych, powodując ich zwyrodnienie i zniekształcenie.

2.1.3 Ergonomia i higiena pracy na stanowisku montażysty

Dane epidemiologiczne dotyczące dolegliwości bólowych kręgosłupa lędźwiowego ujawniają dużą częstotliwość ich występowania w grupie zawodowej pracowników fizycznych. Ból okolicy lędźwiowej stał się chorobą przewlekłą związaną z ograniczeniem wysiłku fizycznego, osłabieniem mięśni oraz z obniżeniem jakości życia. Wynika to z postępującej zmiany trybu życia, niewłaściwego obciążania struktur kręgosłupa podczas pracy oraz przyjmowania nieprawidłowej postawy ciała. Według badań prowadzonych w Polsce bólu odcinka lędźwiowego kręgosłupa dotyczy coraz młodszych osób. Aż 72% społeczeństwa doświadcza przed 40 rokiem życia, dolegliwości bólowych z tej okolicy. Natomiast po 40 roku życia częściej zjawisko to dotyczy mężczyzn 66% niż 30% kobiet (Kołodziej i in., 2005). Na dziale montażu jak również w całym przemyśle motoryzacyjnym pracują głównie mężczyźni. Według danych oni są bardziej narażeni na występowanie dolegliwości bólowych.

Wyróżnia się trzy główne klasy czynników ryzyka pojawienia się zespołu bólowego kręgosłupa. Należą do nich czynniki indywidualne i związane ze stylem życia, czynniki fizyczne i biomechaniczne oraz czynniki psychospołeczne. Przykładami czynników biomechanicznych są: podnoszenie ciężkich przedmiotów, ciężka praca, postawa ciała, narażenie na wibracje, prowadzenie samochodu, pochylanie się, siedzenie, skręcanie tułowia (Ferguson, Marras 1997). Jednak

ocena roli wymienionych czynników w etiologii występowania dolegliwości bólowych kręgosłupa nie jest zadaniem łatwym, ponieważ często trudno określić, czy dany czynnik stał się przyczyną choroby, czy też wpłynął na rokowanie (Frank i in., 1996)

W procesie produkcyjnym czynnik ludzki ma duży wpływ na wydajność, koszty i jakość produkcji. Na podstawie przeglądów warunków pracy, cyklicznie przeprowadzanych w Europie, można stwierdzić, że wymuszona pozycja ciała i powtarzalność ruchów znajdują się na czele listy czynników ryzyka zespołów przeciążeniowych w środowisku pracy. Na te czynniki w wymiarze ponad 25% dziennego czasu pracy narażonych jest 45% i 60% pracowników (Parent-Thirion i in., 2007). Charakter pracy montażysty opiera się w dużej mierze na wykonywaniu powtarzalnych ruchów (270 samochodów w czasie jednego dnia pracy) w ściśle określonych pozycjach ciała. Pracownicy w zależności od miejsca na linii produkcyjnej przymocowują poszczególne elementy konstrukcyjne samochodu. Wykonując przy tym setki powtarzalnych ruchów nadgarstkiem. Pozycję ciała, często muszą dostosować do miejsca montażu (patrz rys. 4)



Rysunek 4 Montaż elementów konstrukcyjnych

Źródło: opracowanie własne

Specyfika pracy na linii montażowej w tym zakładzie wymusza powtarzalne ruchy zginania w przód i prostowania się podczas sięgania po elementy konstrukcyjnej. Ruchy zginania i prostowania kręgosłupa z obciążeniem jakim są

produkowane elementy wpływa na zmianę ciśnień w krążku międzykręgowym oraz tyłoprzemieszczanie się jądra miażdżystego. Z czasem prowadzi to do trwałych uszkodzeń pierścienia włóknistego (patrz rys. 5.)



Rysunek 5 Montaż elementów konstrukcyjnych

Źródło: opracowanie własne

Agnieszka Depa i Mariusz Drużbicki (2008), mając na uwadze obciążenie kręgosłupa, twierdzą, że ból odcinka lędźwiowego dotyka podobnie pracowników, którzy wykonują zarówno lekką jak i bardzo ciężką pracę. Dolegliwości bólowe są powiązane przestrzeganiem zasad profilaktyki bólów kręgosłupa oraz ze sposobem wykonywania pracy fizycznej.

Długotrwałe chodzenie nasila dolegliwości bólowe w odcinku lędźwiowym kręgosłupa u pracowników zatrudnionych na linii produkcyjnej [Wegner]. Chodzenie pracowników wiąże się z przenoszeniem elementów konstrukcyjnych między jednym a drugim stanowiskiem (patrz rys. 6). Wtedy to w wyniku przesunięcia środka ciężkości do przodu zwiększa się moment siły ciężkości, który musi zostać zrównoważony przez sumaryczny moment siły mięśni odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Czynny układ stabilizujący (mięśnie) staje się niewydolny wskutek nadmiernego przeciążania, dlatego obciążenia zostają przeniesione na bierny układ stabilizacyjny, tj. na więzadła i torebki stawów międzykręgowych. Natomiast jeśli przeciążający ruch będzie dalej powtarzany, to w wyniku wzrostu składowej ścinającej siły wypadkowej działającej na krążek międzykręgowy dojdzie do jego uszkodzenia, a następnie do zmian

morfologicznych w trzonach kręgowych i stawach międzykręgowych (Ogurkowska, 2007).



Rysunek 6 Przenoszenie elementów konstrukcyjnych na dziale montażu

Źródło: opracowanie własne

Stodolny (2000) zwraca uwagę, że na aktualnym etapie wiedzy, przy istniejącej doskonałej aparaturze diagnostycznej, sporo wiemy o znacznych uszkodzeniach i zaawansowanych zmianach zwyrodnieniowych w obrębie kręgosłupa będących bezpośrednią przyczyną dolegliwości bólowych. Natomiast wiedza o mechanizmach doprowadzających do tych zmian jest nieproporcjonalnie mała. Uświadomienie pracowników opatobiomechanizmie zmian przeciążeniowych, który zachodzi w ich aparacie ruchu, może być kluczowym elementem w zahamowaniu rozwoju tej choroby.

Joanna Bugajska, Maria Konarska, Tomasz Tokarski i Anna Jędryka-Góral (2007) podają, że wśród pracowników zatrudnionych na jedenastu stanowiskach, w różnych zakładach pracy najintensywniejsze dolegliwości bólowe w obrębie ramion i przedramion odczuwali montażyści, składacz wiązek i dekoratorka tortów (ok. 55 mm VAS). Na siłę bólu w odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa u pracowników fizycznych nie wpływa ich wiek. Natomiast badając siłę bólu całego kręgosłupa, zauważono że mocniejsze epizody bólowe występują w grupie wiekowej 35–49 lat niż w grupie 20–34 lat (Wegner, Błaszczuk, Zygmalska,

Ogurkowska 2017). Elżbieta Cwynar, Maria Kosińska i Martyna Tomczyk-Socha (2013) wykazały wzrost zgłaszania podejrzenia przewlekłych chorób obwodowego narządu ruchu oraz przewlekłych chorób obwodowego układu nerwowego wywołanych sposobem wykonywania pracy przez osoby w wieku produkcyjnym (40–59 lat). Brak profilaktyki i zmian w systemie produkcyjnym może spowodować, że schorzenia o niewielkim stopniu nasilenia będą się rozwijać wraz z wiekiem pracowników (Holemberg, Thelin, Stiernstrom, Svardsudd, 2003).

2.2 Profilaktyka zmian przeciążeniowych narządu ruchu

2.2.1 Zastosowanie technik energizacji mięśniowych w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa

Według teorii Boudlilona (1982) skrócenie mięśnia może być automatycznym mechanizmem wynikającym z nadmiernej reakcji układu ośrodkowego gamma. Podejrzewa się, że dopóki działa ten mechanizm mięsień nie może wrócić do swej normalnej długości spoczynkowej. Z powodu braku możliwości mięśnia do powrotu do pożądanego anatomicznego długości pojawia się ból. Stąd wniosek, że większość ograniczeń stawowych może być wynikiem napięcia i skrócenia mięśni. Dysfunkcje stawowe również mogą być spowodowane uszkodzeniem tkanek miękkich lub twardej części stawu. W takiej sytuacji zmiany okołostawowe i osteofityczne, obserwowane przede wszystkim w chorobach degeneracyjnych, są głównym czynnikiem powodującym restrykcje w dysfunkcji stawowej. Techniki energizacji mięśniowej są bardziej pomocne gdy skrócenie mięśni stanowi pierwotną cechę ograniczenia.

Paul Williams (1965) twierdzi: „stan zdrowia każdego stawu zależy od zachowania równowagi sił między przeciwnie działającymi mięśniami. Jeśli z jakiegoś przyczyn grupa mięśni zginających traci częściowo lub całkowicie możliwości funkcjonalne, przeciwnie działające mięśnie będą ustawiać staw w pozycji przeprostu, co będzie powodować nieprawidłowe obciążenie w obrębie krawędzi stawu. Sytuacja taka występuje w odcinku lędźwiowym każdego człowieka”.

W przypadku terapii dysfunkcji stawowych błędem jest zapominanie o mięśniach otaczających stawy, a szczególnie stawy kręgosłupa. Zwrócenie uwagi na wspomagającą funkcję mięśni prowadzić będzie do normalizacji ich bez

używania nadmiernego wysiłku. Dlatego metody koncentrujące się na tkankach miękkich takie jak np. TEM pozwalają na korygowanie słabszych mięśni, jak i skróconych, często zwłókniałych mięśni antagonistycznych (Schlenke 1994).

Dysbalans mięśniowy pomiędzy napięciem spoczynkowym antagonistów i agonistów powoduje, że staw będzie poruszał się w kierunku napiętego mięśnia (Norris 1999). Zmiana pozycji stawu powoduje przeciążenia powierzchni stawowych związane z przenoszeniem obciążenia masą ciała i powoduje skrócenie przewlekle napiętych tkanek miękkich.

„Techniki energizacji mięśniowej stanowią grupę osteopatycznych (pierwotnie) metod manipulacyjnych tkanek miękkich, w skład których wchodzi precyzyjne kierowane i kontrolowane, rozpoczynane przez pacjenta, napięcia izometryczne i/lub ruchy izotoniczne, wykonywane w celu poprawy funkcji narządu ruchu i zmniejszania objawów bólowych” (Chaitow 2011).

Napięcie izometryczne występuje, gdy mięsień, grupa mięśni lub staw przygotowują się do wykonania ruchu w konkretnym kierunku, a przeciwdziałają temu ruchowi terapeuty. Natomiast napięcia izotoniczne wywołują ruch w strukturach narządu ruchu, ponieważ wielkość oporu wykonywanego przez specjalistę jest większa/mniejsza od siły mięśni. W momencie zbliżenia przyczepów początkowych i końcowych siła pracujących mięśni jest większa od stosowanego oporu, mówimy wtedy o koncentrycznej pracy izotonicznej. Skurcz izotoniczny ekscentryczny występuje wtedy kiedy mięsień jest rozciągany przez siłę terapeuty (Lewit 1999).

Schenk (1994,1997) zbadał wpływ technik energizacji mięśniowej na zakres ruchomości w odcinku szyjnym oraz lędźwiowym. Uzyskano poprawę ruchomości odcinka szyjnego kręgosłupa w grupie eksperymentalnej po zastosowaniu czterotygodniowej terapii. Osoby badane miały ograniczenie ruchomości czynnej w jednej lub w kilku płaszczyznach. Uczestniczyły w 7 spotkaniach terapeutycznych, podczas których dysfunkcyjny staw był ustawiany przy barierze ograniczenia, w tej pozycji trzykrotnie wykonywano lekkie 5-sekundowe napięcia izometryczne. Efekty terapii sprawdzono goniometrem. Uzyskano większą poprawę rotacji w stosunku do grupy kontrolnej. Podobny eksperyment przeprowadzono dla zaburzenia wyprostowania w odcinku lędźwiowym. Terapia odbywała się dwa razy w tygodniu przez cztery tygodnie. Zaobserwowano również

poprawę zakresu ruchomości wyprostu w odcinku lędźwiowym kręgosłupa w stosunku do grupy kontrolnej.

Lenehan i in. (2003) zbadał wpływ pojedynczego zastosowania TEM na czynny ruch rotacji tułowia wykonywany w pozycji siedzącej osób bez objawów subiektywnych. Ustawiano pacjentów w pozycji siedzącej, a odcinek piersiowo-lędźwiowy był wprowadzany w kierunku bariery ograniczenia. W tej pozycji zastosowano TEM składające się z pięciosekundowych napięć izometrycznych w kierunku ograniczenia. Następnie było siedmiosekundowe rozluźnienie, po którym wprowadzano nową barierę. Grupa eksperymentalna uzyskała o 10,7 stopni większy zakres ruchomości skrętu tułowia.

Wymienione badania pokazują, że techniki energizacji mięśniowej poprawiają ruchomość kręgosłupa zarówno po jednorazowym zastosowaniu jak również po czterotygodniowym cyklu terapeutycznym. Cechą wspólną tych badań jest to, że narzędziem pomiarowym był goniometr. Jest to prosty przyrząd wykorzystywany w codziennej pracy fizjoterapeuty. Służy do oceny zakresu ruchomości stawów, głównie wykorzystuje się go do pomiarów oceny efektywności terapii w przypadku dużych stawów obwodowych po zabiegach ortopedycznych. Wynik pomiaru w dużej mierze zależy od dokładności osoby badającej, przyłożenia urządzenia dokładnie w to samo miejsce oraz prawidłowego wyznaczenia osi obrotu stawu. Chaitow (2013) sugeruje również, że brakuje badań dotyczących zmian aktywności EMG mięśni okołokręgosłupowych czy odruchowego rozluźnienia po zastosowanych TEM.

Potwierdzono skuteczność zastosowania TEM w przypadku leczenia dolegliwości bólowych kręgosłupa. Wilson i in. (2003) przebadali dziewiętnastu pacjentów z ostrymi dolegliwościami bólowymi kręgosłupa, u których występowało segmentalne ograniczenia zgięcia kręgosłupa. W grupie kontrolnej zastosowano techniki energizacji mięśniowej adekwatne do dysfunkcji, ćwiczenia wzmacniające oraz program ćwiczeń domowych. Osoby z grupy kontrolnej poddano pozorowanej terapii. Otrzymały one również zestaw ćwiczeń domowych z wykluczeniem elementów TEM. W/w osoby wykonywały także ćwiczenia wzmacniające. Oceniono stopień niepełnosprawności przed terapią w grupie badawczej. Po czterech tygodniach osoby, które uczestniczyły w terapii TEM uzyskały wyraźnie większą zmianę z Indeksie Niepełnosprawności Oswestry.

Nie jest jeszcze dobrze poznany dokładny mechanizm zmniejszania objawów bólowych w wyniku zastosowania technik z zakresu terapii manualnej. Uważa się, że ból jest modyfikowany na poziomie rdzenia kręgowego, bądź w rejonie wyższych piętér ośrodkowego układu nerwowego (Wright 1995, Shaclock 1999). Melzack i Wall (1965) uważają, że manipulację wpływają na proces przetwarzania informacji bólowych na poziomie rdzenia kręgowego. Według teorii kontroli bramkowej bierne mobilizacje i manipulacje stawów będą stymulować mechanoreceptory mięśniowe i stawowe, co będzie zmieniać i hamować dośrodkowe informacje bólowe w rejonie rogów tylnych rdzenia kręgowego, a także potencjalnie zmniejszać objawy bólowe.

Wykazano, że osoby z dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowego kręgosłupa mają zmniejszoną świadomość kierunku ruchu i pozycji odcinka lędźwiowego kręgosłupa (Leinonen i in.2002). Podejrzewa się, że uszkodzenia międzykręgowe aktywujące nocycyptory zlokalizowane w dowolnej strukturze w obrębie kręgosłupa będą pobudzać drogi nocycyptyczne i mogą prowadzić do zmniejszenia dośrodkowych informacji prioprioceptywnych z takiego segmentu (Fryer 2003). Ponad to ból kręgosłupa może powodować zmiany aktywności mięśni około kręgosłupowych. Wywołując nadmierną reakcję na bodziec mięśni leżących powierzchownie, przy czym hamując pracę mięśni około kręgosłupowych znajdujących się głębiej. W konsekwencji regionalne zaburzenia priopriocepcji i zmiany kontroli motorycznej będą mogły wpływać na stabilność segmentalną i być przyczyną dalszych przeciążeń.

Chaitow (2011) sugeruje, zabiegi z zakresu terapii manualnej mogą wpływać korzystnie nie tylko krótkoterminowym działaniu na priopriocepcję i kontrolę motoryczną. Jednak nie ma badań w tym obszarze, z zastosowaniem TEM.

Analizując wyżej wymienioną literaturę stwierdzono, że brakuje badań oceniających stopień klinicznej przydatności technik energizacji mięśniowej w leczeniu dysfunkcji i objawów bólowych kręgosłupa. Większość prac została przeprowadzona na osobach z zaburzeniami ruchomości bez objawów bólowych. Nie ma do tej pory badań oceniających patobiomechanizm zmian przeciążeniowych kręgosłupa skorelowanych z analizą biomechaniczną zmian po zastosowanej terapii TEM skupiającej się na ruchomości, stabilizacji posturalnej czy aktywności mioelektrycznej mięśni przykręgosłupowych.

Na podstawie przeprowadzonego wyżej studium literaturowego oraz badań własnych wysunięto następujące tezy pracy:

Hipotezy badawcze:

1. Długotrwałe obciążenia, wynikające z kilkuletniego, jednostronnego ruchu, stanowią podstawę do twierdzenia o występowaniu funkcjonalnych zmian przeciążeniowych narządu ruchu wśród osób pracujących na stanowisku montażysty;
2. Bezpośrednią przyczyną patologii kręgosłupa wśród pracowników przemysłu motoryzacyjnego (stanowisko montażysty) jest choroba przeciążeniowa o charakterze przewlekłym, która prowadzi do nieodwracalnych zmian strukturalnych w obrębie krążków międzykręgowych i tkanek kostnych kręgow;
3. U osób, u których występują dysfunkcje stawów kręgosłupa jednostkowa terapia segmentalnych technik energizacji mięśniowej wpływa na zmniejszenie napięcia mięśni przykręgosłupowych, poprawę zakresów ruchomości odcinkowej kręgosłupa oraz stabilizacji głębokiej;
4. Oczekuje się, że zaproponowany cykl terapeutyczny wpłynie na stopień niepełnosprawności w badanej grupie;
5. Zakłada się, istnienie korelacji między obrazem radiologicznym i parametrami geometrycznymi kręgosłupa lędźwiowego, a stopniem niepełnosprawności;
6. Przewiduje się, że asymetryczny charakter pracy na stanowisku montażysty wpływa na występowanie asymetrii w aktywności mioelektrycznej mięśni przykręgosłupowych.
7. Zakłada się, że praca na ruchomej linii produkcyjnej wpływa niekorzystnie na wybrane parametry stabilometryczne;

3. Cel Badań

Celem pracy jest ocena zmian przeciążeniowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa w kontekście profilaktyki wtórnej u pracowników działu montażu przemysłu motoryzacyjnego.

Cele szczegółowe będą realizowane w cyklu publikacji:

1. Ocena zmian przeciążeniowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pracowników przemysłu motoryzacyjnego. Praca opublikowana w: *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, t. 35, nr 3, wrzesień 2017, 9 punktów MNiSW
2. Obraz radiologiczny i geometria odcinka lędźwiowego kręgosłupa, a stopień niepełnosprawności u pracowników linii produkcyjnej w przemyśle motoryzacyjnym. Pracoplanowana do publikacji w czasopiśmie *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*”, Impact Factor 0,312.
3. Biomechaniczna ocena segmentarnych technik energii mięśniowej zastosowanych w leczeniu dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Praca planowana do publikacji w czasopiśmie *International Journal of Osteopathic Medicine*, ImpactFactor 1,2.

4. Materiał i metody badawcze

4.1 Materiał badawczy

Badania przeprowadzono na grupie 53 mężczyzn pracujących w fabryce samochodów na linii produkcyjnej- stanowisko montażysty. Dobór do grupy badawczej odbywał się na podstawie analizy biomechanicznej wcześniej sporządzonego materiału filmowego. Wiek badanych mieścił się w przedziale od 20 do 55 lat, średnia wieku wynosiła 36,87 roku, średni staż pracy wynosił 14,65 lat, gdzie minimalny staż pracy to 0,2 lat a maksymalny 40 lat.

Na wyłonionej grupie pracowników zostało przeprowadzone badanie ankietowe. Na podstawie wyników badania do badań podstawowych wyselekcjonowano 21 pracowników, u których występują dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Kryterium włączającym do grupy był ból w skali VAS ≥ 7 . Średni wiek badanych wynosił $38,95 \pm 1,2$ lat. Średni staż pracy wynosił $19,19 \pm 1,27$ oraz średni wskaźnik BMI równał się $26,97 \pm 0,47$. Charakterystykę grupy badawczej przedstawiono w Tabeli 1. Grupę kontrolną stanowią mężczyźni (dwadzieścia jeden osób) w podobnym wieku, zgłaszający dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa. Obraz tomografii komputerowej odcinka lędźwiowego kręgosłupa u tych osób wskazuje na występowanie zmian przeciążeniowych.

Tabela 1 Charakterystyka materiału badawczego

n=21	Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	BMI [kg/m ²]	Staż pracy [lata]	Staż pracy (obecne stanowisko) [lata]
Średnia	38,95	181,19	88,76	26,97	19,19	10,45
Mediana	40,00	182,00	88,00	27,17	20,00	13,00
Minimum	27,00	170,00	72,00	21,74	5,00	1,50
Maksimum	47,00	198,00	115,00	30,45	28,00	28,00

Źródło: opracowanie własne.

Materiał badawczy badań pilotażowych stanowiło 5 osób w przedziale wiekowym od 27 do 37 lat, cierpiących z powodu przewlekłych dolegliwości bólowych okolicy lędźwiowo-krzyżowej kręgosłupa. Charakterystykę grupy pilotażowej przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2 Charakterystyka grupy pilotażowej

n=5	Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa ciała [kg]	BMI [kg/m ²]	Staż pracy [lata]	Staż pracy (obecne stanowisko) [lata]
Średnia	36,2	179,2	86,6	26,95	20,80	8,70
Mediana	37,0	182,0	90,0	27,17	22,0	11,0
Minimum	27,0	173,0	78,0	25,47	17,0	1,5
Maksimum	44,0	184,0	92,0	27,77	25,0	15

Źródło: opracowanie własne.

Podstawowe kryteria przyjęcia do badań pilotażowych:

- praca na linii produkcyjnej na stanowisku montażysty w przemyśle motoryzacyjnym
- wiek: w przedziale od 27 do 40 lat
- Stopień niepełnosprawności od 21 do 80% w skali ODI
- Dolegliwości bólowe występują nie dłużej niż dwanaście tygodni
- występujące uczucie „zablokowania ruchu”,
- ruch w danym kierunku może nasilać lub zmniejszać objawy,
- ból obejmujący okolicę lędźwiowo-krzyżową, pośladki lub uda
- przebyte podobne epizody bólowe w przeszłości
- dolegliwości bólowe trwające nie dłużej niż 12 tygodni
- zmienny obraz objawów w ciągu dnia i wraz z upływem czasu

Do badań nie kwalifikowano pacjentów z:

- przebytą operację w obrębie kręgosłupa lędźwiowego
- nowotworami
- po złamaniach w obrębie kręgosłupa
- osteoporozą

4.2 Metody badawcze

4.2.1 Badanie wstępne

4.2.1.1 Dokumentacja filmowa i fotograficzna

Pierwszym etapem zastosowanego w pracy procesu badawczego była analiza materiałów fotograficznych oraz filmowych. Dane w postaci filmów oraz zdjęć zostały zgromadzone przez pracowników Zakładu Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Pracownicy zostali nagrani w trakcie wykonywania czynności zawodowych. Uzyskano pisemne zgody od pracowników na nagrywanie i fotografowanie. Zostały wyłonione miejsca na linii produkcyjnej, gdzie są przyjmowane najmniej ergonomiczne pozycje ciała. Szczególnie zwracano uwagę na powtarzalność ruchów w stawach obwodowych, pozostawanie w pozycji zgięcia tułowia przy wyprostowanych kończynach dolnych, konieczność przenoszenia ciężarów, długotrwałe wykonywanie wyprostu w odcinku szyjnym kręgosłupa.

4.2.1.2 Badanie ankietowe pracowników

Wśród osób zatrudnionych na wybranych wcześniej stanowiskach przeprowadzono badania ankietowe (załącznik nr 1). Ich celem było zgromadzenie danych na temat najczęściej występujących dolegliwości bólowych. Pierwsza część ankiety zawierała pytania o wiek, wzrost, masę ciała, wykształcenie, obecnie zajmowane stanowisko, staż pracy. Kolejna część pytań dotyczyła przyjmowanych pozycji ciała w trakcie wykonywania pracy zawodowej. Badani mieli określić, czy ich praca wymaga długotrwałego stania, długotrwałego

siedzenia, długotrwałego chodzenia, dźwigania, skręcania tułowia czy zginania tułowia. Zapytano o rodzaje aktywności fizycznej poza pracą zawodową. Ankietowanym zaproponowano do wyboru następujące odpowiedzi: prace w ogrodzie, prace remontowe, siłownia, jazda na rowerze, bieganie lub inne sporty. Pytano również o ich częstotliwość kilka razy w roku, kilka razy w miesiącu, kilka razy w tygodniu, codziennie. Druga część ankiety zawierała pytania dotyczące lokalizacji dolegliwości bólowych z podziałem na odcinek lędźwiowy kręgosłupa, odcinek szyjny kręgosłupa, staw ramienny, staw łokciowy, nadgarstek, staw biodrowy, staw kolanowy oraz staw skokowy. Respondenci mieli określić, czy kiedykolwiek pojawił się ból w którymś z wymienionych rejonów ciała, jeśli tak, to jak silne były epizody bólowe w dziesięciostopniowej skali VAS. Visual Analog Scale (VAS) ocenia intensywności bólu. Składa się z poziomej linii, której lewy koniec oznacza brak objawów (brak bólu) i widoczny jest na skali jako 0. Natomiast jej prawy koniec to występowanie najsilniejszych do wyobrażenia objawów bólowych z oznaczeniem 10. Zadaniem pacjenta jest określenie siły bólu poprzez zaznaczenie na poziomej skali (1-10) jak silne występują u niego dolegliwości. Metoda ta jest z powodzeniem wykorzystywana do opisywania m.in. zaburzeń układu mięśniowo – szkieletowego związanych z pracą u fizjoterapeutów (Iqbal, Alghadir 2015)

Pytano również o częstotliwości dolegliwości bólowych. Czy bóle występują kilka razy w roku, kilka razy w miesiącu, kilka razy w tygodniu czy codziennie? Pytania dotyczyły również charakteru bólu, pozycji ciała które wywołują dolegliwości. Czy ból spowodował przerwanie pracy zawodowej. Zapytano o zabiegi operacyjne, podjętą rehabilitację oraz przyjmowane leki przeciwbólowe.

W pracy zastosowano ankietę, która została stworzona specjalnie na potrzeby danej grupy badawczej. Pozwoliło to na wstępną diagnostykę występowania zmian przeciążeniowych narządu ruchu oraz wyselekcjonowanie pracowników do badań podstawowych. Wszystkie ankiety przeprowadzono w zakładzie pracy badanych mężczyzn, a podczas wykonywania każdego z nich obecna była autorka projektu badawczego.

Zebrane za pomocą ankiety informacje zostały poddane analizie statystycznej. Do analizy uzyskanych wyników wykorzystano następujące testy: test niezależności chi-kwadrat Pearsona, test normalności Shapiro-Wilka, test

Kruskala-Wallisa, test t-Studenta, test U Manna-Whitneya. Wynik testu statystycznego p przyjęto na poziomie $p < 0,05$.

4.2.1.3 **Kwestionariusz Oswestry**

Kwestionariusz Oswestry (OswestryDisability Index- ODI) wykorzystany do oceny niepełnosprawności (załącznik nr 2), która spowodowana jest dolegliwościami bólowymi dolnego odcinka kręgosłupa (Fairbank i in. 1980). Jest on powszechnie stosowanym i zalecanym na świecie kryterium oceny niepełnosprawności osób z zespołami bólowymi kręgosłupa (Fritz, Irrgang 2001; Rapała 2004). Stwierdza się, że jego minimalna istotna klinicznie różnica wynosi 6 punktów (Fritz, Irrgang 2001), co pozwala specjalistom zmierzyć rzeczywiste zmiany w stanie klinicznym pacjenta. Oceniając sprawność funkcjonalną osób z bólem kręgosłupa chory odpowiada na pytania dotyczące: nasilenia bólu, samoobsługi, podnoszenia przedmiotów, chodzenia, siedzenia, stania, spania, życia towarzyskiego, pracy zawodowej oraz podróżowania. Każda odpowiedź była punktowana w następujący sposób: A- 0 pkt, B -1 pkt, C- 2 pkt, D- 3 pkt, E-4 pkt, F-5 pkt. Następnie punkty sumowano; maksymalna ilość punktów wynosiła 50. Przy interpretacji wyników używano skali procentowej 0-100% określających stopnie niepełnosprawności ODI: 0-20% brak niepełnosprawności, 21-40% umiarkowana niepełnosprawność, 41-60% średnia niepełnosprawność, 61-80% ciężka niepełnosprawność, 81-100% całkowita niepełnosprawność (Fairbank i in. 1980).

4.2.2 **Diagnostyka narządu ruchu**

4.2.2.1 **Tomografia komputerowa**

Pacjentom zakwalifikowanym do badań, wykonano tomografię komputerową odcinka L1- S1 kręgosłupa w Pracowni Diagnostyki Obrazowej „Tomma” w Poznaniu¹. Badania wykonano w godzinach porannych. Do

¹ Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu z dnia 11 czerwca 2015. roku.

badania wykorzystano niskodawkowy tomograf komputerowy. W trakcie badania zostały zasłonięte gonady męskie. Opisy zdjęć CT kręgosłupa lędźwiowego zostały wykonane przez lekarza radiologa.

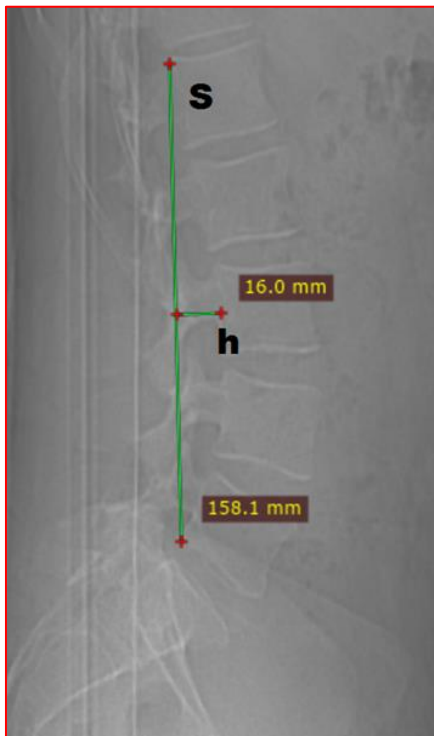
Na podstawie tomogramów wyznaczono następujące parametry geometryczne kręgosłupa: Indeks Lordozy Lędźwiowej (ILL), kąt Whitmana-Fergusona (kW-F), wysokość przednią (Hii) i tylną (Hi) krążków międzykręgowych oraz wysokość przednią (hii) i tylną (hi) trzonów kręgowych. Dla uzyskania dokładnego obrazu struktury tkanki kostnej wykonano również pomiary gęstości radiologicznej.

Indeks Lordozy Lędźwiowej (ILL) określony został na podstawie poniższej zależności:

$$ILL = \frac{h}{s} * 100\%$$

h- maksymalna odległość pomiędzy cięciwą a łukiem lordozy lędźwiowej,

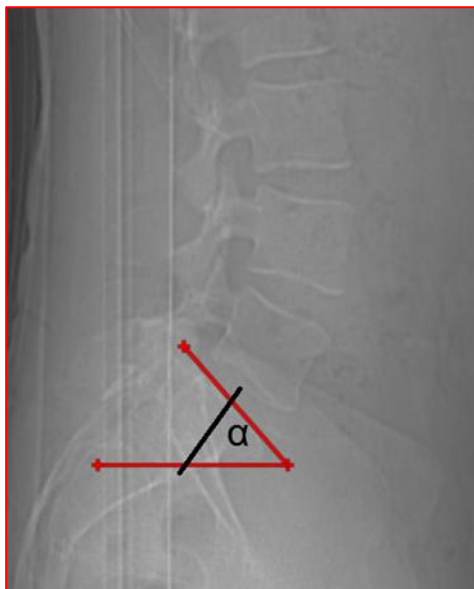
s- długość cięciwy lordozy lędźwiowej (Rysunek 7)



Rysunek 7 Przykładowy pomiar Indeksu Lordozy Lędźwiowej z badania CT wykonany u pracownika działu montażu.

Źródło: opracowanie własne.

Kąt Whitmana- Fergusona (kW- F) określony został między górną płaszczyzną kości krzyżowej a płaszczyzną poziomą (α) (Rys.)

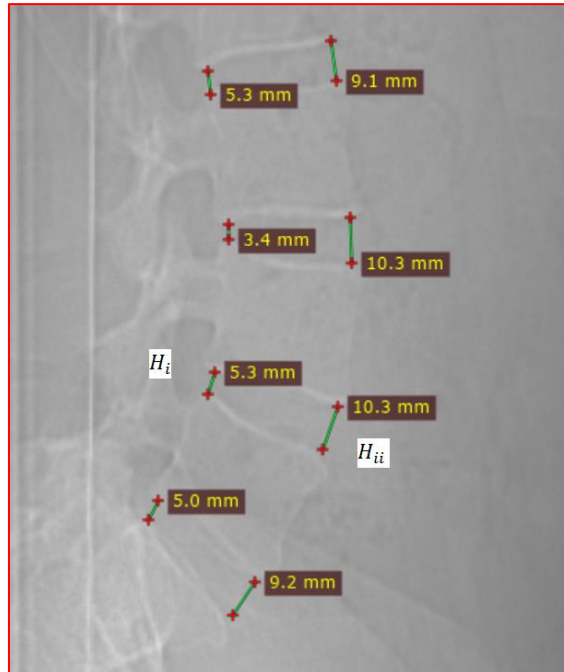


Rysunek 8 Pomiar kąta Whitmana- Fergusona z badania CT wykonany u pracownika działu montażu

Źródło: opracowanie własne.

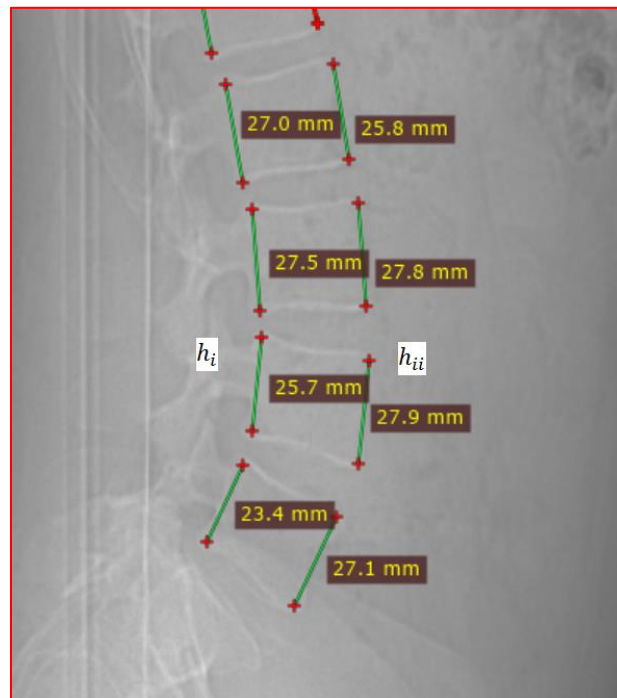
Względny Współczynnik Wysokości (WWW) określony został jako stosunek pomiędzy średnią arytmetyczną wysokości krążka międzykręgowego (H_i, H_{ii}) a średnią arytmetyczną wysokości trzonu kręgowego (h_i, h_{ii}) odcinka lędźwiowego kręgosłupa (Rys. 9).

$$WWW = \frac{H_i + H_{ii}}{h_i + h_{ii}}$$



Rysunek 9 Przykład tomogramu pokazujący schemat pomiaru wysokości krążka międzykręgowego u pracownika działu montażu.

Źródło: opracowanie własne.

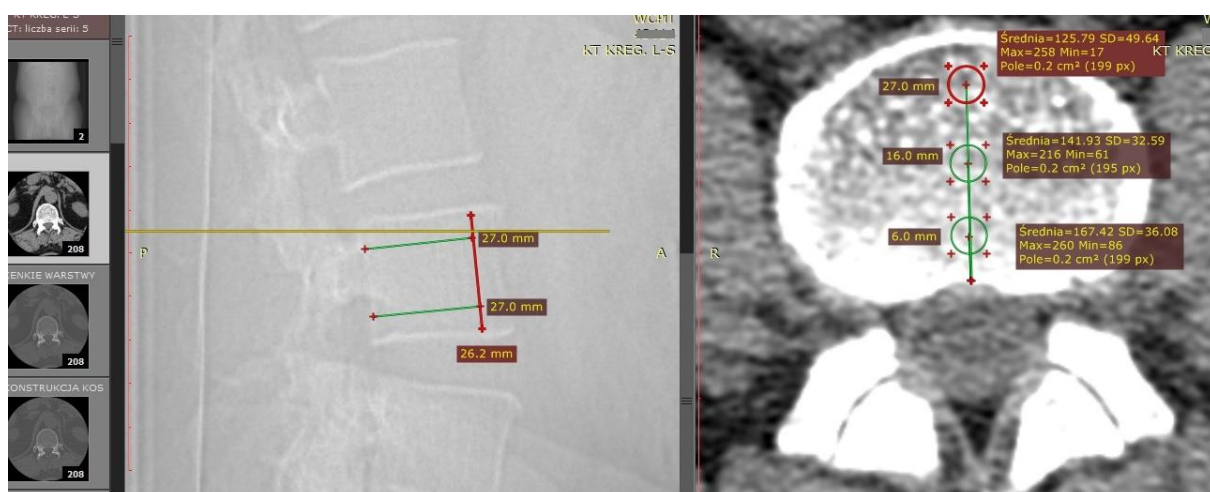


Rysunek 10 Przykład tomogramu pokazujący schemat pomiaru wysokości trzonu kręgowego wykonany u pracownika działu montażu.

Źródło: opracowanie własne.

Pomiar wartości gęstości radiologicznej wraz z odchyleniem standardowym odczytano za pomocą programu RadiAnt DICOM Viewer. Program ten pozwala również na obróbkę graficzną obrazów, wyznaczenie geometrii jak i eksport plików. Każdy nośnik z badaniem tomograficznym zawierał informacje na temat rodzaju badania i jego parametrów, grubości i lokalizacji warstwy pomiarowej, danych pacjenta, miejscu wykonania tomografii oraz daty badania.

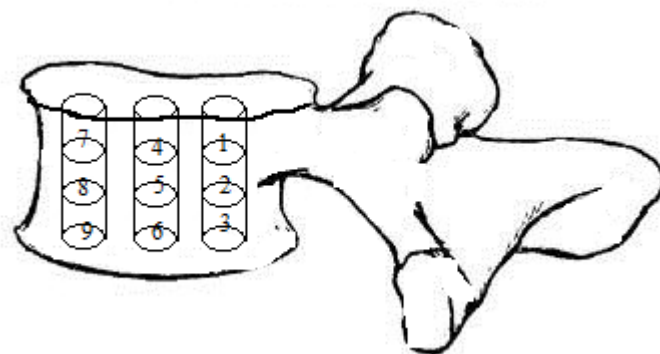
Charakterystyczna wartość dla tomografii komputerowej, czyli grubość warstwy, wynosiła 1,3 mm. Na każdej warstwie ukazującej tkankę kostną gąbczastą dokonano pomiaru gęstości radiologicznej, z obszarów walców o średnicy podstawy 5 mm wraz z bezpośrednim odczytem odchylenia standardowego. Trzy środki kół, ułożone w jednej linii oddalone były kolejno o 6, 16 i 27 mm od kanału rdzenia kręgowego.



Rysunek 11 Schemat pomiaru gęstości radiologicznej kości wraz z wyznaczeniem odległości próbek względem kanału rdzenia kręgowego

Źródło: opracowanie własne.

W dalszej analizie wyników zastosowano model zaproponowany przez Ogurkowską (2007). Pomiary zebrane ze wszystkich warstw pogrupowano w obszary walców przedstawionych na rys. 11 oraz uśredniono je, otrzymując 9 próbek o znanej, średniej gęstości radiologicznej.



Rysunek 12 Schemat przedstawiający walcowe próbki miejsc pomiaru gęstości radiologicznej

Źródło: opracowanie własne.

4.2.2.2 Diagnostyka funkcjonalna

Badanie funkcjonalne przeprowadzone zostało m.in. w celu potwierdzenia informacji pochodzących z wywiadu przeprowadzonego za pomocą ankiety patrz punkt

Pierwszym elementem diagnostyki funkcjonalnej jest obserwacja prowadzona od momentu wejścia pacjenta do laboratorium. Zwracano uwagę, jak pacjent wchodzi, jak siada, jaki siedzi. Później szczegółowo oglądano jego kręgosłup w pozycji strzałkowej, zwracając uwagę na lordozę, np. jeśli jest pogłębiona, a pacjent stoi pochylony, to może przyczyną tego ustawienia jest biodro. W pozycji czołowej zwracano szczególnie uwagę na ustawienie barków względem miednicy. Przesunięcie barków w bok może być ustawieniem przeciwbólowym, dewiacją świadczącą o wielkości przepukliny.

Kolejnym elementem badania są ruchy aktywne, dające możliwość zbadania kręgosłupa w obciążeniu. W czasie wykonywania tych testów oceniano lokalizację bólu i ograniczenia wykonywanych ruchów. Tak więc pacjent wykonuje:

- Wyprost
- Zgięcie boczne w lewo
- Zgięcie boczne w prawo
- Zgięcie

Badanie neurologiczne zostało wykonywane w celu oceny stanu obwodowego układu nerwowego pacjenta. Wynik tego badania stanowi o prognozie poprawy pacjenta. Analizowano siłę mięśniową mięśni wskaźnikowych unerwianych z poszczególnych segmentów kręgosłupa. Sprawdzone również odruchy neurologiczne i dermatomy według tabeli nr 3

Tabela 3 Badanie neurologiczne odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa

Korzeń nerwowy	Mięsień wskaźnikowy	Odruch neurologiczny	Czucie powierzchniowe-dermatomy
L1-2	m.dźwigacz jądra	Odruch z mięśnia dźwigacza jądra	Linia pasa biodrowego
L2-3	mm.przywodziciele	Odruch z mięśni przywodzicieli (przyczep początkowy)	Udo-strona przednia aż do kolana
L4	m.piszczelowy przedni m.czworogłowy (m.obszerny przyśrodkowy)	Odruch ze ścięgna rzepki	Podudzie-strona przyśrodkowa aż do kostki
L5	m.prostownik palucha długi m.prostownik palców m.piszczelowy tylny	Odruch z mięśnia piszczelowego tylnego (przyczep końcowy)	Stopa-strona grzbietowa, paluch
S1	mm.strzałkowe m.trójgłowy łydki (głowa przyśrodkowa m. grzuchatego łydki)	Odruch ze ścięgna Achillesa	Stopa-strona boczna, podeszwa, mały palec

Źródło: opracowanie własne.

Do oceny klinicznej kręgosłupa badanych mężczyzn wybrano następujące testy funkcjonalne, które zostały wykonane przed i po zakończeniu terapii:

Test odległości końca palca od podłoża.

Test wykonywany jest w pozycji stojącej, przy wyprostowanych stawach kolanowych. Badany powinien skłonić się do przodu i wyprostowanymi kończynami górnymi sięgnąć możliwie do stóp. Dokonywany jest pomiar odległości pomiędzy końcami palców dłoni, a podłożem. Odległość jest niespecyficznym objawem zależącym od:

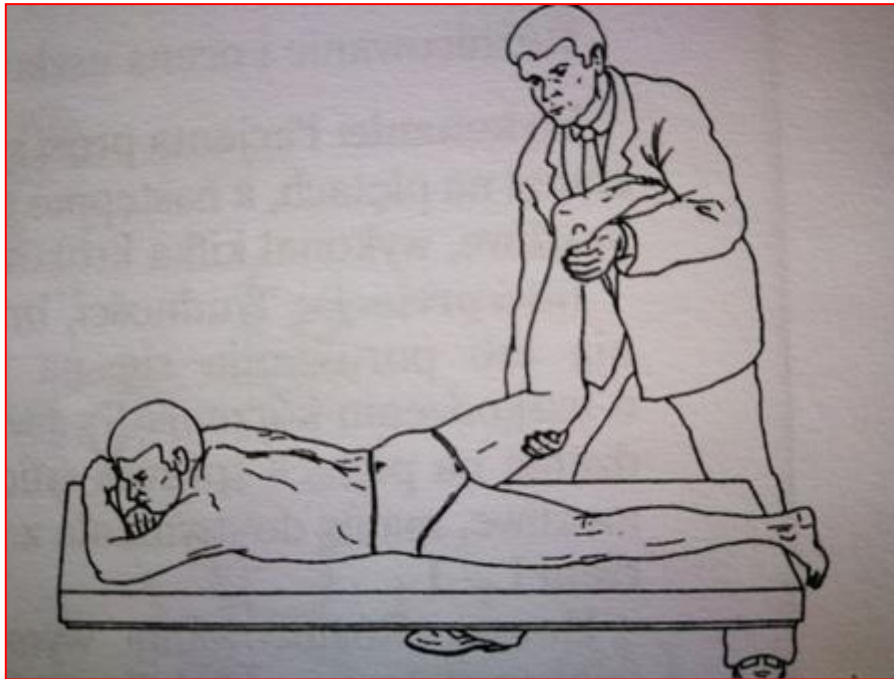
- ruchomości odcinka lędźwiowego kręgosłupa,
- skrócenia mięśni kulszowo-goleniowych,
- obecności objawu Lasegue'a
- funkcji stawu biodrowego.

Test Lasegue'a

Test wykonywany jest w leżeniu na plecach. Badający wolno unosi wyprostowaną w stawie kolanowym kończynę dolną pacjenta do momentu, aż pojawią się dolegliwości bólowe. Objaw Lasegue'a przy ucisku korzeni nerwowych L5-S1 zazwyczaj dodatni jest już przy 20-30 stopniach. Ból pojawia się błyskawicznie przenosi się do kończyny dolnej, a objęty w niej obszar zaburzeń ruchowo-czuciowych odpowiada zajętemu korzeniowi nerwowemu. Należy zmierzyć kąt, do jakiego można unieść kończynę a jego wielkość świadczy o stopniu podrażnienia korzeni nerwowych. Jeżeli przy unoszeniu nogi ból pojawia się stopniowo, promieniuje do tylnej powierzchni uda, to są to objawy zmian zwyrodnieniowych stanów kręgosłupa, zapalenia więzadeł miednicy albo znacznego napięcia mięśni kulszowo-goleniowych.

Odwrócony test Lasegue'a

Test wykonywany jest w leżeniu na brzuchu. Badacz unosi zgiętą w stawie kolanowym kończynę. Przeprost w stawie biodrowym powoduje naciągnięcie nerwu udowego. Objawy podrażnienia korzeni nerwowych z segmentu L3-L4 pojawiają się na przedniej powierzchni uda, rzadko na podudziu (patrz rys. 13)



Rysunek 13 Odwrócony objaw Lasegue'a

Źródło: Backup 2012.

Test wyprzedzania

Badający układa swoje kciuki na kolcach biodrowych tylnych górnych badanego. Pacjent wykonuje skłon w przód przy wyprostowanych kolanach, a badający obserwuje ruchomość obu kolców. Prawidłowo kolce biodrowe tylne górne przy skłonie tułowia powinny być na takiej samej wysokości względem siebie jak przy wyproście na początku badania, ze względu na symetryczne obniżanie się. Jeżeli jeden kolec biodrowy tylny górny przemieszcza się ku górze w stosunku do drugiego (wyprzedza), świadczy to o zablokowaniu stawu krzyżowo-biodrowego po tej stronie.

Test Mennella

Służy do wykazania zmian chorobowych w stawie biodrowym. Osoba badana w pozycji leżącej na brzuchu. Badający jedną ręką dociska kość krzyżową dla stabilizacji miednicy, drugą ręką chwytem powyżej stawu kolanowego unosi wyprostowaną kończynę dolną wykonując bierny przeprost w stawie

biodrowym. Występujący podczas przeprustu ból świadczy o zmianach chorobowych stawu biodrowego.

Test Thomasa

Wykonuje się w celu wykrycia przykurczu zginaczy stawu biodrowego (m. biodrowo-lędźwiowy, m. prosty uda, m. naprężacz powięzi szerokiej). Pozwala określić wyprost w stawie biodrowym. Pacjent znajduje się w pozycji leżenia tyłem, kończyna dolna badana jest wyprostowana. Terapeuta zgina maksymalnie kończynę przeciwną w stawie biodrowym i kolanowym lub pacjent robi to czynnie dociskając kolano do klatki piersiowej (Buckup 2012).

4.2.2.3 Segmentarne techniki energizacji mięśniowej

W metodyce stosowania technik energizacji mięśniowej w przypadku dysfunkcji stawowych najważniejsze jest rozpoznanie bariery ograniczenia. Znany jest prawidłowy zakres ruchomości dla danego stawu oraz prawidłowe czucie końcowe ruchu, co z kolei wymaga ustalenia bariery fizjologicznej i anatomicznej danego stawu. Kaltenborn (1985) określił prawidłowe rodzaje czucia końcowego:

- Prawidłowe miękkie czucie końcowe ruchu związane jest ze zbliżeniem do siebie tkanek
- Prawidłowe twarodoelastyczne czucie końcowe ruchu związane jest z rozciągnięciem torebki stawowej lub więzadeł
- Prawidłowe kostne czucie końcowe ruchu występuje wówczas, gdy kość zbliża się do kości.

Nagły twarodoelastyczny opór występuje, gdy ograniczenie ruchu związane jest z obecnością blizn. Elastyczne ale mniej miękkie czucie końcowe ruchu, występuje z powodu zwiększonego napięcia mięśniowego. Zmiany zwyrodnieniowe kostno-stawowe charakteryzują się nagłym wystąpieniem twarodoelastycznego czucia końcowego ruchu (Kalterbon 1998).

Kolejnym ważnym elementem terapii energizacji mięśniowej w obrębie stawów jest bardzo dokładna diagnostyka strukturalna. Stiles (1984) podkreśla, że wpływa to bezpośrednio na skuteczność terapii dysfunkcji stawowych. Jeśli TEM są niedokładnie ukierunkowane, to może się okazać że spowodujemy

hipermobilność w obrębie sąsiednich segmentów, ponieważ zadziałamy na tkanki o prawidłowej długości. Przy ponownym testowaniu ogólnego zakresu ruchomości będzie wrażenie iż ograniczenie ruchomości na zaburzonym segmencie zostało zmniejszone. Precyzyjne ustalenie ograniczenia zależy od dokładności badania palpacyjnego, na które wpływa znajomość zarówno anatomii oraz doświadczenie terapeuty.

Sandra Yates (1991) określa jakie warunki powinny być spełnione podczas terapii dysfunkcji stawowych z wykorzystaniem TEM.

- Staw powinien być ustawiony w pozycji bariery fizjologicznej. W przypadku segmentów kręgosłupa jest to ustawienie trójpłaszczyznowe: zgięcie lub wyprost, skłon boczny i rotacja.
- Badany napina izometrycznie mięsień przez 3 sekundy w kierunku ułatwionym (tzn. w kierunku przeciwnym do bariery ograniczenia), w tym czasie terapeuta oporuje wszystkie składowe tej czynności. Czas trwania napięcia według Yates to 3s.
- Pacjent między kolejnymi napięciami rozluźnia się przez około 2 sekundy, w tym czasie terapeuta ustawia staw w miejscu nowej bariery ograniczenia.

Goodridge (1981) stwierdza, że „słabe wyniki terapeutyczne są najczęściej spowodowane nieprawidłową lokalizacją siły, która zwykle jest zbyt duża”.

Ważnym elementem technik stosowanych przy dysfunkcjach stawowych jest brak stosowania siłowego przemieszczenia tkanek. Po wykonaniu napięcia izometrycznego staw jest wprowadzany do nowej bariery bez stosowania siły.

W grupie badawczej zastosowano oporowane napięcie trwające od 3-7 sekund według wytycznych Mitchella (1995). Natomiast poproszono pacjentów, aby siła skurczu była na poziomie 20% maksymalnej siły jaką mogą wygenerować w zadanym ruchu. Pierwszym etapem terapii, było badanie palpacyjne wyrostów kolczystych kręgosłupa lędźwiowego i wyrostka kolczystego S1. W kolejnej fazie terapeuta wykonywał ruchy bierne rotacji i skłonu do boku w celu określenia deficytu ruchowego. Porównywano barierę ruchomości kręgosłupa po obu stronach tak aby prawidłowo określić zaburzenie. Pacjent znajdował się w pozycji leżenie tyłem. W zależności od zdiagnozowanego rodzaju dysfunkcji stosowano dwa protokoły poprawy ruchomości na danym segmencie kręgosłupa.

Protokół nr 1. Dysfunkcja kręgu lędźwiowego ERS.

WSKAZANIE: Deficyt ruchomości kręgu lędźwiowego w kierunku zgięcia, rotacji lewej, zgięcia bocznego w lewo (rys. 14).

POZYCJA WYJŚCIOWA

Pacjent:

- leży na lewym boku, biodra i kolana zgięte +/- 90 stopni
- tułów skręcony tak, aby obręcz barkowa była w kontakcie z podłożem
- kończyna górna lewa wzdłuż tułowia, druga zwisa poza stół

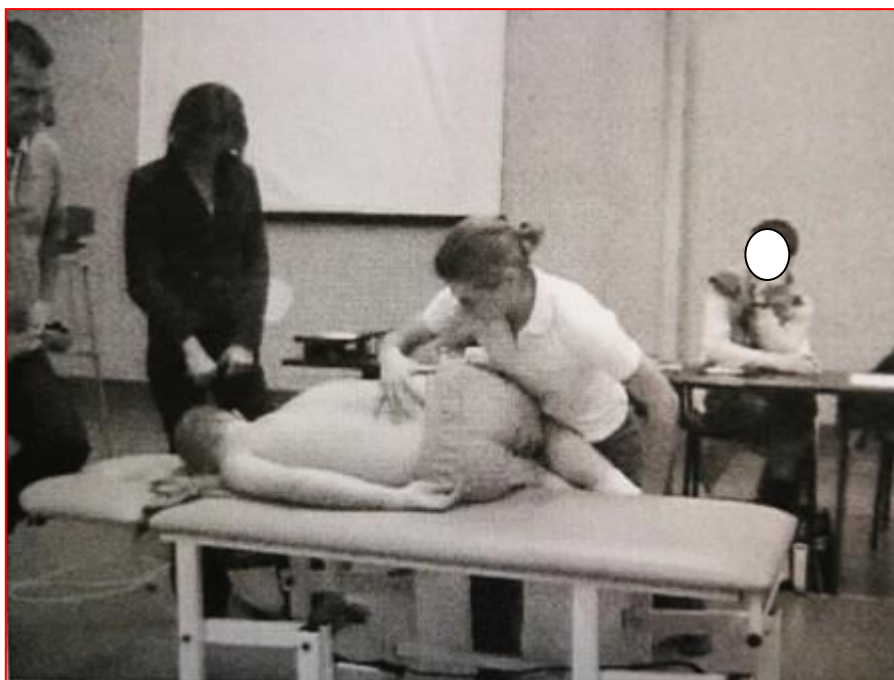
Terapeuta:

- stoi na wysokości miednicy
- prawa ręka w kontakcie z przestrzenią międzywyrstkową pod kręgiem w dysfunkcji

WYKONANIE ZABIEGU

- terapeuta obejmuje pięty pacjenta swoją lewą ręką, zgina jego biodra i zatrzymuje się zanim poruszy kręgi dysfunkcji
- utrzymuje tę pozycję obejmując swoimi kolanami kolana pacjenta
- zbliża stopy pacjenta w kierunku podłogi i zatrzymuje się zanim poruszy kręgi dysfunkcji
- prosi pacjenta o unoszenie stóp i stawia opór (napięcie izometryczne)
- prosi o rozluźnienie
- poszukuje nowej bariery ruchowej poprzez opuszczanie stóp, zgięcie bioder i prosi pacjenta o wyciąganie prawej kończyny górnej do podłogi
- powtórzyć 3, 4 razy
- przetestować i ponowić w razie potrzeby

UWAGI: ta sama technika pozwala na normalizację, dysfunkcji ERS lewostronnej; wystarczy w tym przypadku ułożyć pacjenta na prawym boku i odwrócić parametry.



Rysunek 14 Dysfunkcja kręgu kręgu lędźwiowego ERS

Zródło: Techniki osteopatyczne Colot 2015

Protokół nr 2. Dysfunkcja kręgu lędźwiowego FRS.

WSKAZANIE: Deficyt ruchomości kręgu lędźwiowego w kierunku wyprostu, rotacji lewej, zgięcia bocznego w lewo (rys.15).

POZYCJA WYJŚCIOWA

Pacjent:

- leży na prawym boku
- prawa kończyna dolna wyprostowana, druga wyprostowana w biodrze, kolano zgięte +/- 90stopni

Terapeuta:

- stoi na wysokości miednicy
- prawa ręka w kontakcie z przestrzenią międzywyrstkową nad kręgiem w dysfunkcji
- drugą ręką ciągnie ramię prawe pacjenta do siebie i w górę, aż do wprowadzenia w ruch w/w przestrzeni międzywyrstkowej
- prosi o utrzymanie tej pozycji i uchwycenie brzegu stołu

- zmienia położenie rąk
 - lewa ręka w kontakcie z przestrzenią międzywyrostkową pod kręgiem dysfunkcji
 - prawa ręka odpycha kończynę dolną prawą do tyłu, aż do wywołania ruchu w w/w przestrzeni
- terapeuta chwyci staw skokowy lewy i doprowadza do rotacji wewnętrznej, wyprost, odwiedzenia w stanie biodrowym
- zatrzymuje się zanim poruszy kręg dysfunkcji

WYKONANIE ZABIEGU (b)

- terapeuta prosi pacjenta o wykonanie:
 1. zgięcia lewego biodra i stawia opór
 - prosi o rozluźnienie
 - poszukuje nowej bariery ruchowej poprzez wyprost w biodrze powtarzając 3, 4 razy
 2. przywodzenia w stawie biodrowym i stawia opór
 - prosi o rozluźnienie
 - poszukuje nowej bariery ruchowej poprzez odwodzenie w stawie biodrowym powtarzając 3, 4 razy
 - proponuje przetestować i ponowić w razie potrzeby

UWAGI: ta sama technika pozwala na normalizację, dysfunkcji FRS prawostronnej; wystarczy w tym przypadku ułożyć pacjenta na lewym boku i odwrócić parametry.



Rysunek 15 Dysfunkcja kręgu lędźwiowego FRS

Źródło: Techniki osteopatyczne ColotTh.2015.

4.2.3 Biomechaniczna ocena stanu narządu ruchu przed zaproponowaną profilaktyką wtórną

Pomiary parametrów biomechanicznych wykonywane są w nowoczesnym wyposażonym laboratorium biomechaniczno-kinezyjologicznym Zakładu Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu. Planuje się przeprowadzić badania na wszystkich pracownikach w ramach 3 sesji pomiarowych. Pierwszy zapis odbywają się przed przystąpieniem do wykonywania terapii na odcinku lędźwiowym kręgosłupa, drugi wykonuje się zaraz po zakończeniu jednej sesji terapeutycznej. Ostatnie pomiary odbywają się po zakończeniu czterotygodniowego cyklu terapeutycznego.

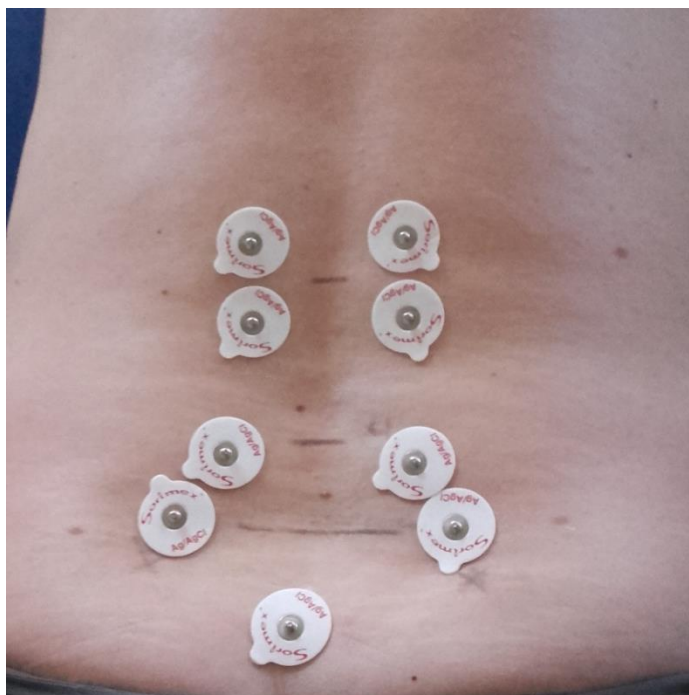
W grupie pilotażowej dokonano dwóch pomiarów oceniających efekt jednorazowej terapii na odcinek lędźwiowy kręgosłupa. Pozostałe pomiary zostaną wykonane po zakończeniu leczenia.

4.2.3.1 Elektromiografia

W badaniu wzięli udział pracownicy zakwalifikowani do grupy pilotażowej, zgłaszający dolegliwości bólowe ze strony odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa, którym wcześniej wykonano badanie tomografii komputerowej.

Do oceny mięśniowych potencjałów elektrycznych, posłużono się wielokanałowym systemem EMG NoraxonTeleMyo 2400T G2. Szesnastokanałowy sprzęt umożliwiał synchroniczny zapis aktywności elektrycznej mięśni oraz zakresów ruchomości.

Do analiz wybrano dwa mięśnie bezpośrednio oddziałujące na odcinek lędźwiowy kręgosłupa, a mianowicie: prostownik grzbietu (erectorspinae) oraz mięsień wielodzielny (multifidus). W przypadku prostownika grzbietu części lędźwiowej elektrody znajdowały się symetrycznie, w odległości dwóch palców od kręgosłupa na poziomie wyrostka kolczystego kręgu L1. W celu zbadania aktywności elektrycznej mięśnia wielodzielnego elektrody przyklejono na linii łączącej kolec biodrowy tylny górny oraz przestrzeń międzykręgową L1/L2 na wysokości wyrostka kolczystego L5. Lokalizację i sposób przyklejania elektrod określono na podstawie wytycznych SENIAM (patrz rys 16).



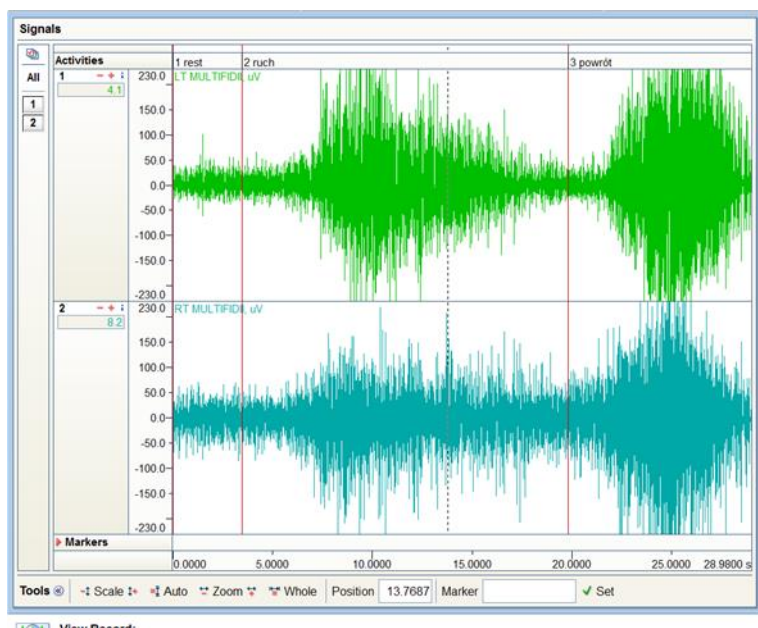
Rysunek 16Schemat naklejania elektrod na mięsień prostownik grzbietu oraz wielodzielny

Źródło: opracowanie własne.

Aktywność mięśni rejestrowana była podczas wykonywania przez pacjenta skłonu w przód w pełnym, możliwym zakresie. Przed przystąpieniem do badania omówiono oraz zaprezentowano prawidłowe wykonanie próby:

- Pozycja wyjściowa – w staniu, pozycja wyprostowana, stopy ustawione na szerokość bioder.
- Tempo wykonywania skłonu dyktuje prowadzący – skłon – min. 3 sekundy, zatrzymanie – min. 3 sekundy, wyprost – min. 3 sekundy.
- Wraz z rozpoczęciem wydechu pacjent roluje ciało zaczynając od głowy płynnie przechodzi do skłonu w przód.
- Przez całą próbę kończyny górne pacjenta opadają swobodnie.
- Stawy kolanowe są wyprostowane
- Wyprost wykonywany jest poprzez rolowanie w odwrotną stronę (głowa jako ostatni element).
- Przed rejestracją badania 2 pierwsze cykle traktowane są jako szkoleniowe.
- Każdy pacjent całą próbę wykonuje 3 razy.
- Procedura powtarzana jest po zakończeniu pierwszej sesji terapeutycznej.

Wykorzystując oprogramowanie MyoResearch (MR) jednocześnie rejestrowano sygnały elektryczne z czterech kanałów. Synchronizacja z kamerą cyfrową umożliwiła równoczesny zapis wideo wykonywanych prób. Program MyoResearch posłużył także do późniejszej obróbki jak i interpretacji wyników. Surowy sygnał wygładzono za pomocą RMS oraz usunięto z niego szum EKG. RMS (Root Square) oznacza wartość skuteczną sygnału EMG. Jest ona odwrotnie proporcjonalna do szybkości przewodzenia włókien mięśniowych oraz zależy od liczby i stopnia aktywności jednostek ruchowych (Bober 2001).



Rysunek 17 Surowy sygnał elektromiograficzny

Źródło: opracowanie własne.

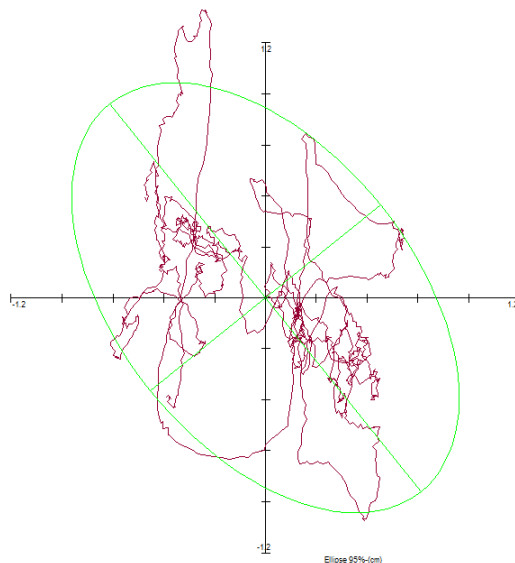
4.2.3.2 Platforma stabilometryczna

Platforma **ACCU SWAY** z oprogramowaniem **BalanceClince** pozwala na kompletny pomiar obiektywnych parametrów związanych z oceną wychwiań postawy i równowagi.

Badani wykonywali 6 prób na platformie stabilometrycznej. Stanie obunóż z kończynami górnymi opuszczonymi wzdłuż tułowia z oczami otwartymi i zamkniętymi. Zadaniem osób badanych było utrzymanie nieruchomej pozycji stojącej przez okres 30 sekund. Wykonano 3 próby w warunkach oczu otwartych i 3 próby przy zamkniętych oczach, przerwa między powtórzeniami trwała 10 sekund. Kolejne pomiary zrobiono w staniu naprzemiennym jedno-nóż przy oczach otwartych i zamkniętych. Podczas próby badani mieli utrzymywać równowagę stojąc na jednej kończynie, druga miała być zgięta w stawie kolanowym do kąta 90 stopni. Czas trwania próby 15 sekund, 10 sekund przerwy między pomiarami. Uzyskano 18 pomiarów, pomiary zostały powtórzone po jednej sesji terapeutycznej oraz po czterotygodniowym cyklu terapeutycznym.

Analizowanymi parametrami na platformie AccuSway były: droga jaką przebywa COP (center of pressure), pole elipsy wyznaczone przez 95% punktów

pomiarowych (rys. 18), prędkość średnia przemieszczeń punktu COP, odległość wychyleń punktu COP zaznaczoną na osi X i Y.

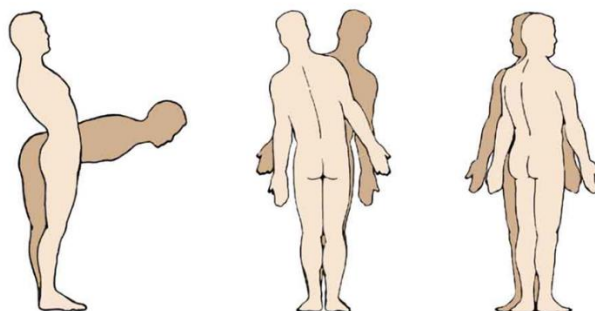


Rysunek 18 Pole elipsy wyznaczone przez 95% punktów pomiarowych.

Źródło: opracowanie własne.

4.2.3.3 System CPG1v0 do pomiaru ruchomości kręgosłupa

Ruchomość odcinka lędźwiowego L1-S1 wyznaczono na podstawie pomiaru zakresu kątów dla następujących pozycji ciała: skłon do przodu/tyłu, skłon w lewo/prawo, rotacja w lewo/prawo (patrz rys. 19).

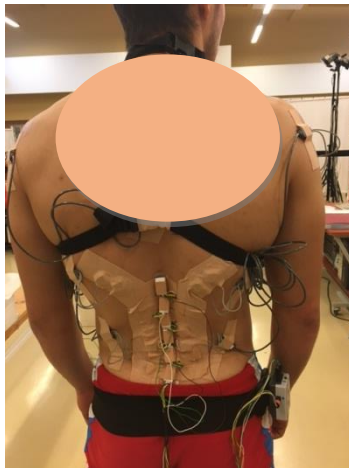


Rysunek 19 Pomiar ruchomości. 1 - skłon do przodu/tył, 2 - skłon w lewo/prawo, 3 - rotacja w lewo/prawo

Źródło: Ogurkowska 2007.

Badania wykonano przy pomocy trójosiowego Systemu CPG1v0 (patrz rys. 20) z oprogramowaniem do pomiaru prędkości kątowych oraz kątów przemieszczenia segmentów, do których jest on przytwierdzony.

Po uprzednim wyzerowaniu sprzętu, w pozycji stojącej, przy ustabilizowanej miednicy na wysokości talerzy biodrowych, w zależności od płaszczyzny pomiaru (strzałkowa, czołowa i poprzeczna), wyznaczano możliwie największy kąt odchylenia odcinka lędźwiowego od pozycji wyjściowej.



Rysunek 20 Trójosiowe urządzenie CPG1v0

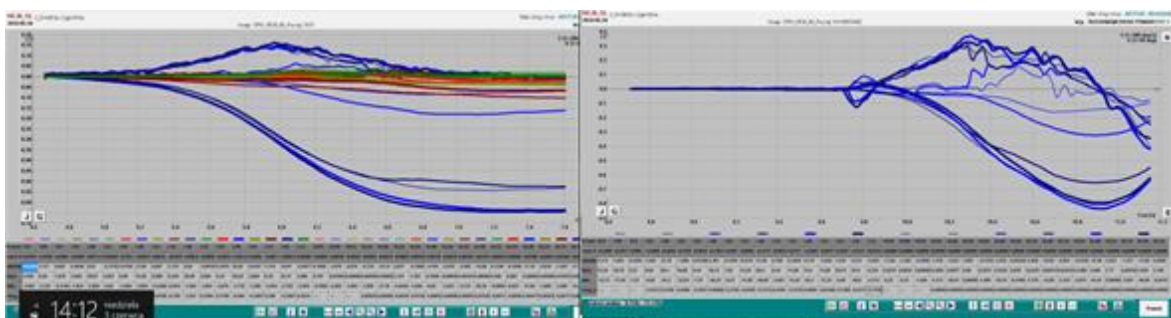
Źródło: opracowanie własne.

Na rysunkach 21 – 26, przedstawiono przykłady uzyskanych wyników badania ruchomości odcinka lędźwiowego kręgosłupa :

- w płaszczyźnie strzałkowej – przeprost

A. Przed terapią

B. Po terapii



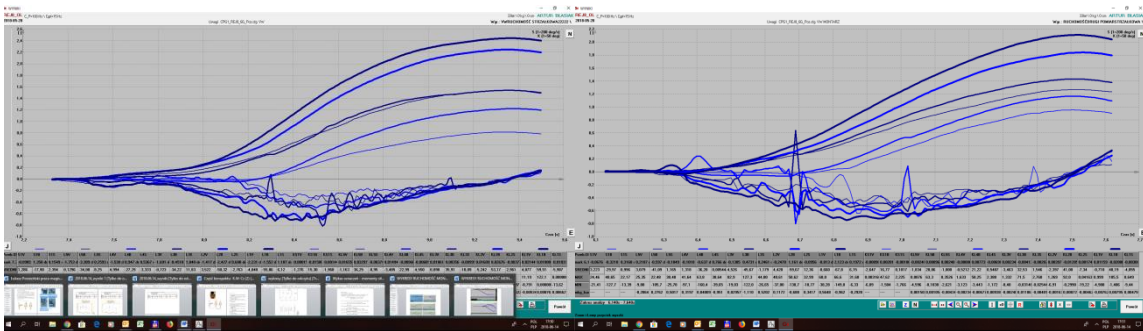
Rysunek 21 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej – przeprost

Źródło: opracowanie własne.

- w płaszczyźnie strzałkowej– zginanie

A. Przed terapią

B. Po terapii



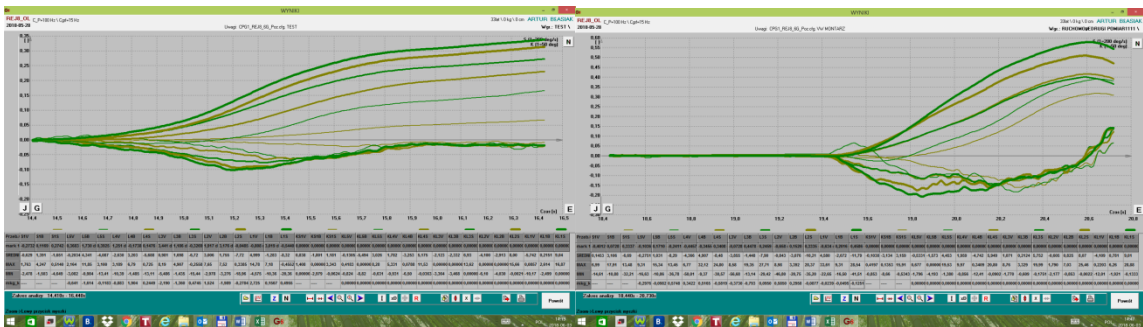
Rysunek 22 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej- zginanie

Źródło: opracowanie własne.

- w płaszczyźnie czołowej – zginanie w prawą stronę

A. Przed terapią

B. Po terapii



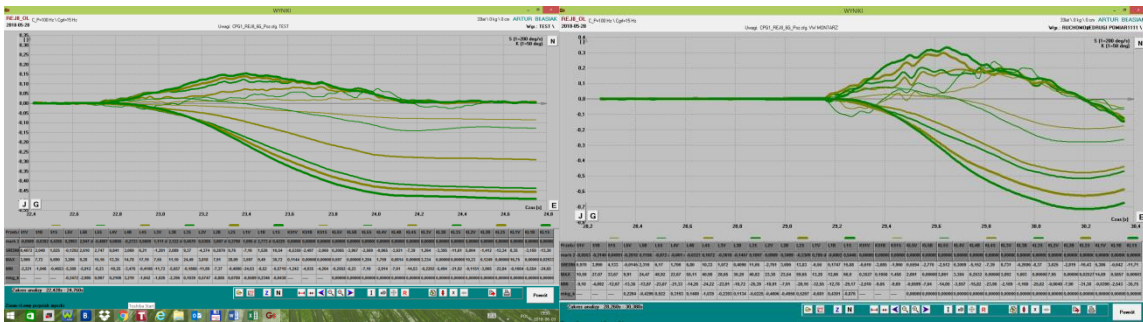
Rysunek 23 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej zginanie w lewą stronę

Źródło: opracowanie własne.

- w płaszczyźnie czołowej – zginanie w lewą stronę

A. Przed terapią

B. Po terapii



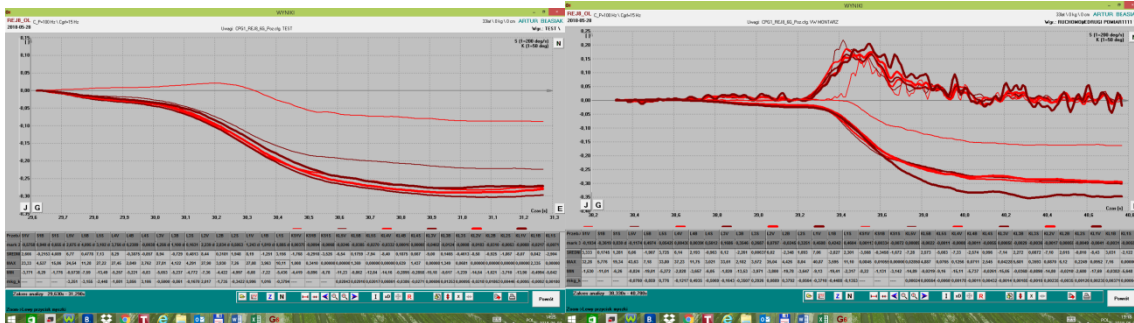
Rysunek 24 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej zginanie w prawą stronę

Źródło: opracowanie własne.

- w płaszczyźnie poprzecznej – rotacja prawą stronę

A. Przed terapią

B. Po terapii



Rysunek 25 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie poprzecznej w prawą stronę

Źródło: opracowanie własne.

- w płaszczyźnie poprzecznej – rotacja lewą stronę

A. Przed terapią

B. Po terapii



Rysunek 26 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie poprzecznej w lewą stronę

Źródło: opracowanie własne.

4.2.4 Biomechaniczna ocena stanu narządu ruchu po jednorazowej terapii

4.2.4.1 Elektromiografia

Po wykonaniu przez fizjoterapeutę technik energizacji mięśniowych wykonano ponowne pomiary czynności mioelektrycznej mięśnia prostownika grzbietu i mięśnia wielodzielnego. Metodologia badania patrz punkt 4.2.3.1

4.2.4.2 Platforma stabilometryczna

Wykonano ponowne pomiary stabilizacji głębokiej na platformie AMTI, po zastosowaniu terapii na odcinek lędźwiowo-krzyżowy kręgosłupa. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.3.2

4.2.4.3 SystemCPG1v0 do pomiaru ruchomości kręgosłupa

Do oceny zmiany ruchomości odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa po wykonaniu terapii na odcinek lędźwiowo-krzyżowy kręgosłupa wykorzystano ponownie system CPG1v0. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.3.3

4.2.5 Ocena funkcjonalna i biomechaniczna stanu narządu ruchu po czterotygodniowej terapii.

4.2.5.1 Skala Vas

W celu oceny siły bólu w odcinku lędźwiowym kręgosłupa użyto ponownie skali VAS. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.1.2

4.2.5.2 Kwestionariusz Oswestry

Zmianę stopnia niepełnosprawności po czterotygodniowej terapii na odcinek lędźwiowo-krzyżowy kręgosłupa oceniono Kwestionariuszem Oswestry. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.1.3

4.2.5.3 Diagnostyka funkcjonalna

Zastosowane przed cyklem terapeutycznym testy kliniczne wykonano po zakończeniu leczenia. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.2.2

4.2.5.4 Elektromiografia

Do ponownej oceny aktywności mięśni prostownika i wielodzielnego po czterotygodniowym leczeniu wykorzystano elektromiografię powierzchniową. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.3.2

4.2.5.5 Platforma stabilometryczna

Po zakończonym cyklu terapeutycznym zmierzono ponownie stabilizację głęboką badanych mężczyzn wykorzystując platformę AMTI. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.3.3

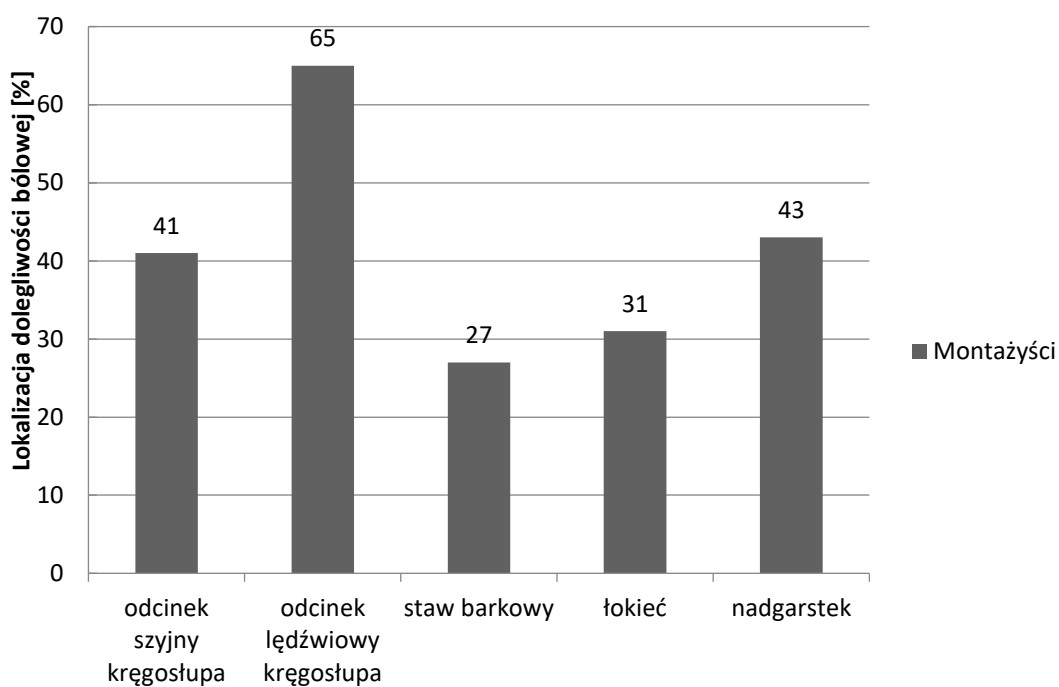
4.2.5.6 SystemCPG1v0 do pomiaru ruchomości kręgosłupa

Do porównania zakresów ruchomości odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa wykorzystano pomiary uzyskane za pomocą systemu żyroskopowego. Metodologia badania - patrz punkt 4.2.3.4

5. Wyniki

5.1 Wyniki badań ankietowych

Najważniejszymi informacjami uzyskanymi dzięki przeprowadzonym badaniom ankietowym było określenie lokalizacji i natężenia najczęściej występujących dolegliwości bólowych wśród pracowników działu montażu przemysłu motoryzacyjnego. Najczęściej zgłaszaną dolegliwością (aż 65% badanych) jest ból odcinka lędźwiowego kręgosłupa (patrz wykres 1). Co więcej, ponad 1/3 badanych odczuwa ból odcinka lędźwiowego kręgosłupa kilka razy w tygodniu lub nawet codziennie. Kolejno, pacjenci uskarżają się na odcinek szyjny kręgosłupa (41%), nadgarstek (43%) oraz na staw barkowy (27%). Pojedyncze osoby cierpią z powodu bólu stawów biodrowych oraz stopy.



Wykres 2 Lokalizacja dolegliwości bólowych w grupie badawczej

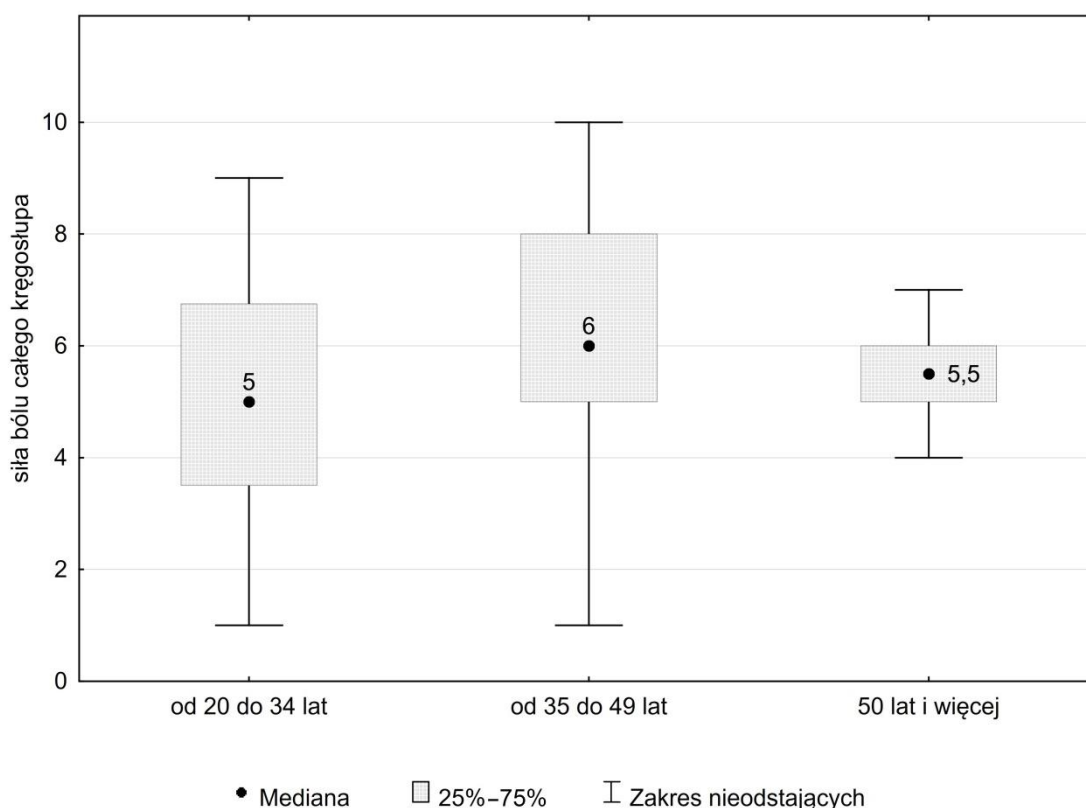
Źródło: opracowanie własne.

Kręgosłup nie funkcjonuje jako pojedyncza wyizolowana struktura, ale jest częścią łańcucha biokinematycznego, na którego prawidłowe funkcjonowanie ma wpływ wiele czynników. Powyższe, badania ankietowe pozwoliły ocenić

wpływie wieku, pozycji przyjmowanych w trakcie pracy, aktywności fizycznej, stażu pracy na ból w poszczególnych segmentach kręgosłupa.

Test niezależności *chi-kwadrat* Pearsona wskazuje na brak powiązania pomiędzy występowaniem bólu odcinka szyjnego, a wiekiem $p=0,7069$. Jak również na brak powiązania pomiędzy występowaniem bólu odcinka lędźwiowego a wiekiem $p=0,77828$

Grupy wiekowe nie różnią się także pod względem siły bólu odcinka lędźwiowego kręgosłupa wyrażonej w skali VAS ($p=0,0938$) oraz szyjnego ($p=0,0894$). Porównując grupy wiekowe pod względem siły bólu całego kręgosłupa, stwierdzono zróżnicowanie na poziomie istotności $p=0,0524$, co jest związane ze zróżnicowaniem grupy od 20 do 34 lat, a grupą osób w przedziale od 35 do 49 lat na poziomie $p=0,0484$, zróżnicowanie stwierdzone na podstawie testu *post-hoc* dla testu ANOVA Kruskala-Walisa) (rys. 27). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy częstotliwością pojawiania się bólu a jego siłą zarówno w odcinku szyjnym, jak i lędźwiowym.



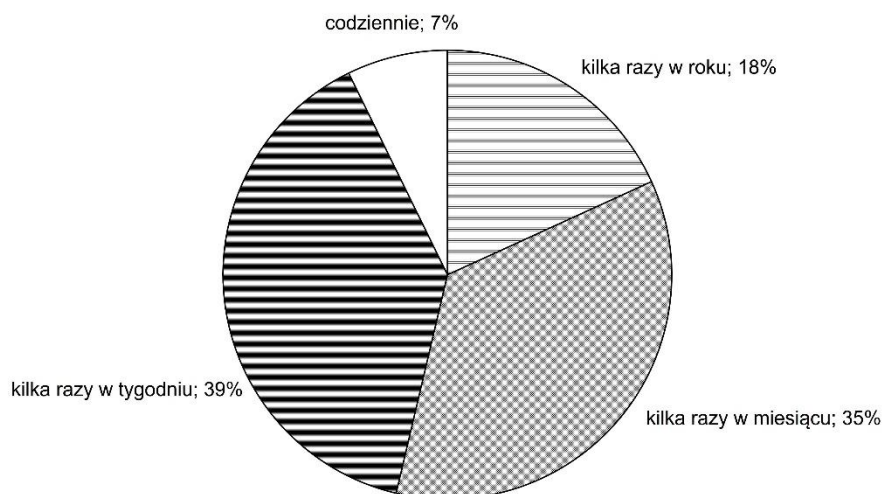
Rysunek 27 Zależność pomiędzy grupami wiekowymi a siłą bólu kręgosłupa

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem badania było sprawdzenie korelacji pomiędzy czynnościami, które najczęściej wykonują pracownicy w trakcie pracy, a występowaniem bólu w odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa. Nie zaobserwowano żadnych powiązań pomiędzy pozycją ciała wymaganą w pracy a bólem w odcinku szyjnym kręgosłupa. W przypadku odcinka lędźwiowego test niezależności *chi-kwadrat* wskazuje na istnienie korelacji pomiędzy występowaniem bólu a długotrwałym chodzeniem ($p = 0,0209$).

Przeprowadzono również analizę dotyczącą wpływu rodzaju aktywności fizycznej poza pracą zawodową na ból zarówno w odcinku szyjnym jak i lędźwiowym. Na podstawie testu niezależności *chi-kwadrat* stwierdzono istotne powiązanie pomiędzy jazdą na rowerze a występowaniem bólu odcinka szyjnego kręgosłupa ($p = 0,0257$).

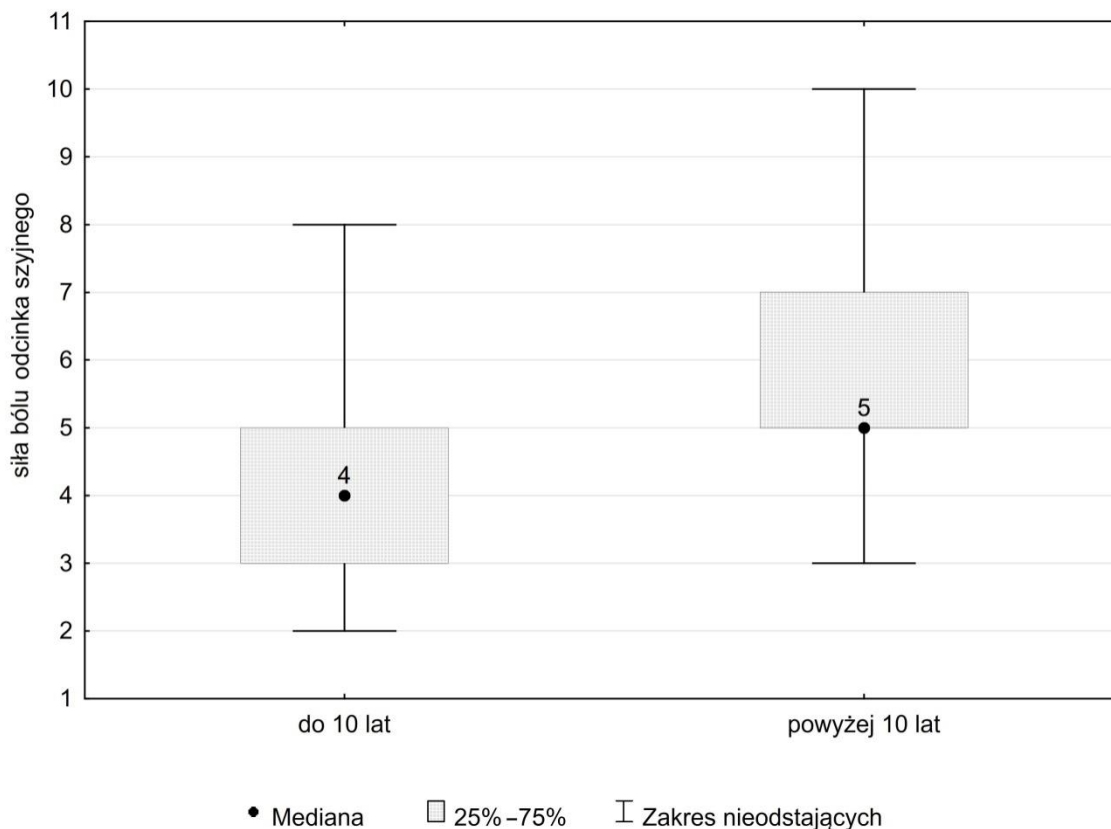
Można stwierdzić, że pracownicy linii produkcyjnej zakładu produkcyjnego działu montażu do osób aktywnych. 38% badanych podejmuje aktywność fizyczną kilka razy w tygodniu, 35% mężczyzn deklaruje aktywność po pracy kilka razy w miesiącu, jedynie 17% pracowników ćwiczy kilka razy w roku, natomiast 8% ankietowanych podejmuje aktywności fizyczną codziennie(rys. 28).



Rysunek 28 Częstotliwość aktywności fizycznej pracowników poza pracą zawodową

Źródło: opracowanie własne.

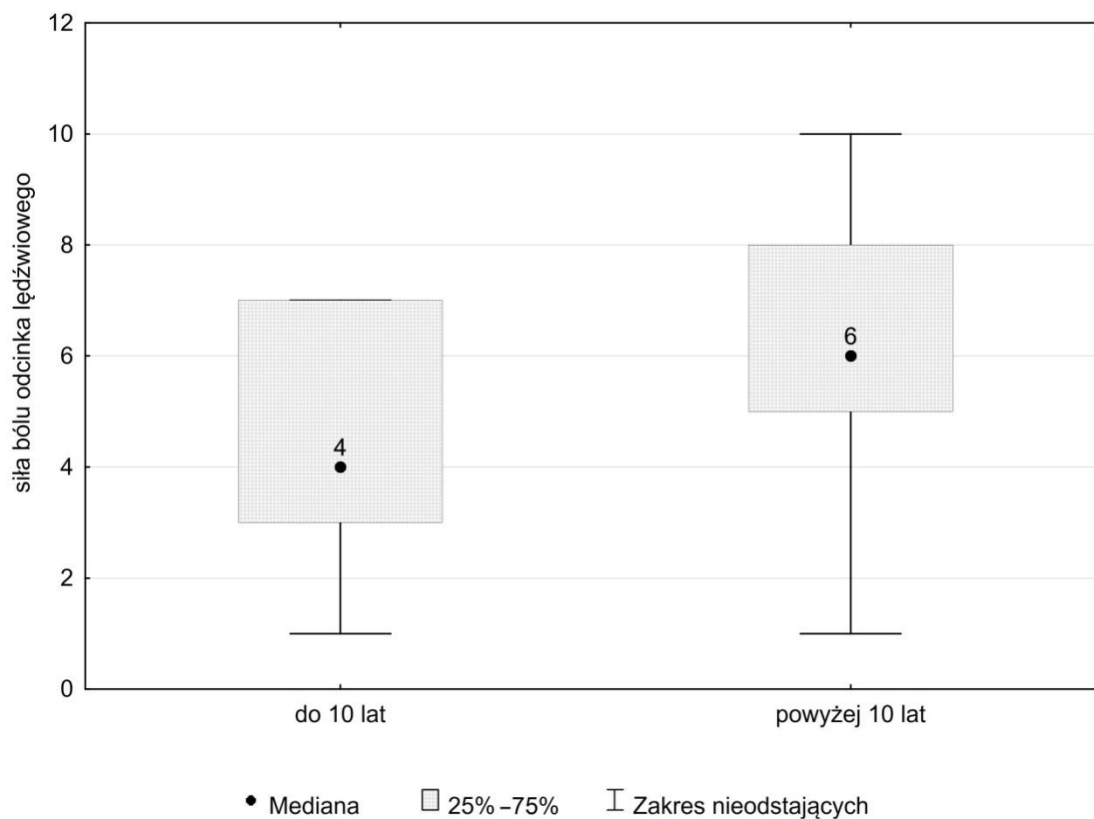
W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy dwiema grupami pracowników ze stażem pracy do 10 lat pracy i powyżej 10 lat pracy pod względem siły bólu odcinka szyjnego kręgosłupa wyrażonej w skali VAS ($p = 0,0326$) (rys. 29).



Rysunek 29 Porównanie stażu pracy, z bólem odcinka szyjnego

Źródło: opracowanie własne.

Z analizy wynika, że pracownicy ze stażem powyżej 10 lat zgłaszali średnio silniejszy ból kręgosłupa mierzony w skali VAS niż pracownicy ze stażem pracy do 10 lat ($p = 0,0121$). Grupa pracowników ze stażem pracy powyżej 10 lat charakteryzuje się większą siłą bólu odcinka lędźwiowego niż grupa pracowników ze stażem pracy do 10 lat (rys. 30). Świadczy, to o tym, że praca na linii produkcyjnej w badanym zakładzie wpływa negatywnie na siłę dolegliwości bólowych w obrębie kręgosłupa.



Rysunek 30 Porównanie stażu pracy, z bólem odcinka lędźwiowego

Źródło: opracowanie własne.

Prace własne pokazują, że u badanych montażystów występują problemy bólowe kręgosłupa mimo działań profilaktycznych prowadzonych przez zakład. Pracownicy regularnie przechodzą szkolenia z zakresu ergonomii pracy. Na terenie zakładu znajduje się ośrodek zdrowia wraz z zapleczem sportowym.

5.2 Badania pilotażowe

Geometria odcinka lędźwiowego kręgosłupa grupy pilotażowej

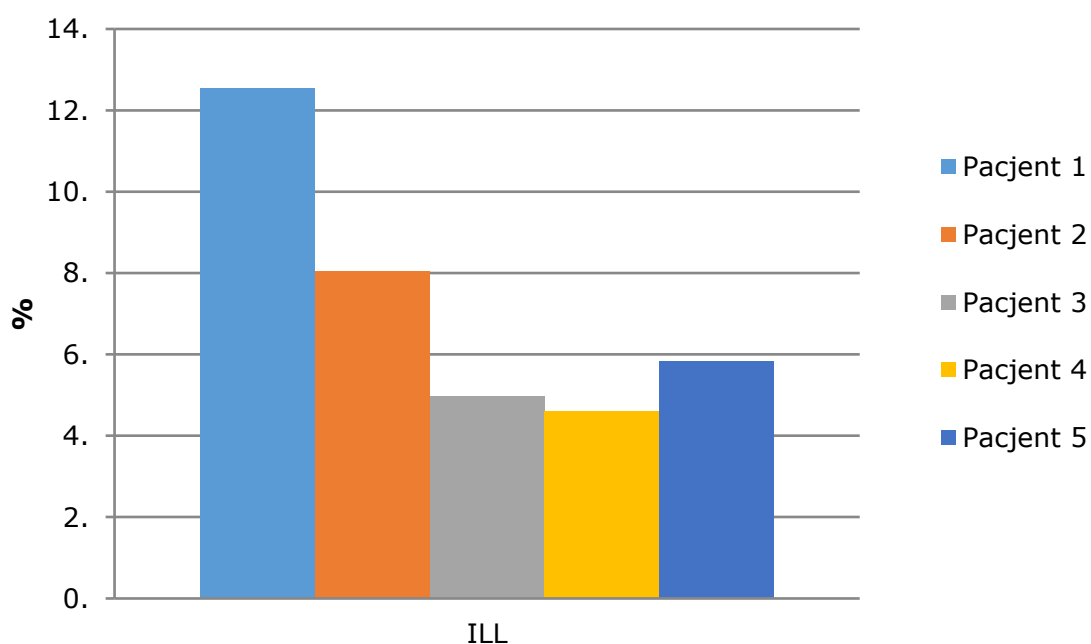
Odcinek lędźwiowy kręgosłupa zgodnie ze swoją funkcją, budową jak i lokalizacją przenosi największe obciążenia. Krążki międzykręgowe jako struktury sprężyste mające na celu amortyzację i ochronę kolejnych segmentów kręgosłupa, dostarczają szeregu danych na temat stanu zdrowotnego kręgosłupa. W związku z tym podjęto próbę analizy parametrów geometrycznych odcinka lędźwiowo - krzyżowego kręgosłupa u pięciu pacjentów z grupy pilotażowej.

Indeks Lordozy Łędźwiowej

Dla każdego z pracowników obliczono wartość Indeksu Lordozy Łędźwiowej. W danych literaturowych Będziński podaje średnie wartości ILL dla odpowiednich pozycji ciała:

- Pozycja stojąca 6,79%
- Siedząca (kąt odchylenia oparcia 80°) 6,85%
- Siedząca (kąt odchylenia oparcia 100°) 4,56%
- Siedząca (kąt odchylenia oparcia 115°) 4,29%

Obserwując więc zmianę wartości ILL odnośnie pozycji ciała można zauważyć, iż zmniejsza się ona, im pacjent znajduje się bliżej pozycji leżącej. Badanie tomograficzne wykonywane było właśnie w takiej pozycji (Będziński 1997). Na Wykresie 3 przedstawiono kąt ILL dla badanych pacjentów. U trzech z nich zaobserwowano powiększenie tego kąta.

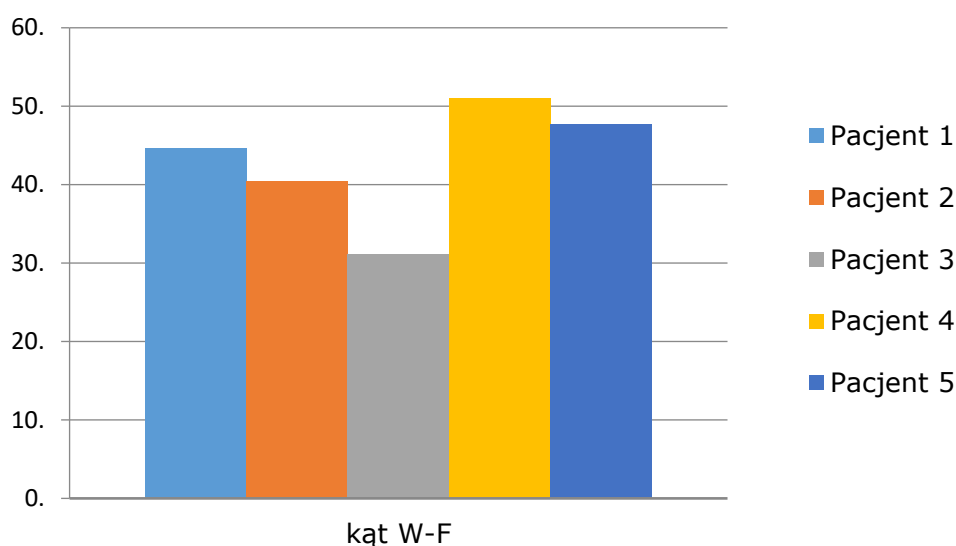


Wykres 3 Indeks Lordozy Łędźwiowej ILL u badanych pacjentów

Źródło: opracowanie własne.

Kąt Whitmana – Fergusona

Jest to kąt zależny od ustawienia kości krzyżowej oraz od przebiegu i wielkości łuku lordozy lędźwiowej. Norma dla tego parametru mieści się w przedziale 25° - 42(Majcher 2002). Zarówno niewystarczający jak i nadmierny kąt nachylenia kości krzyżowej ma negatywny wpływ na biomechanikę części lędźwiowo – krzyżowej kręgosłupa. Wśród badanych pacjentów wartości wymienionego wyżej parametru wyniosły odpowiedni w przedziale od 31,1 do 51 stopni (Wykres 4). Zbyt duży kąt W – F powoduje przeciążenie krążka międzykręgowego oraz nadmierny nacisk zwłaszcza na krąg L5 (Gołębiowska 2009).



Wykres 4 Wartość kąta Whitmana – Fergusona u badanych pracowników

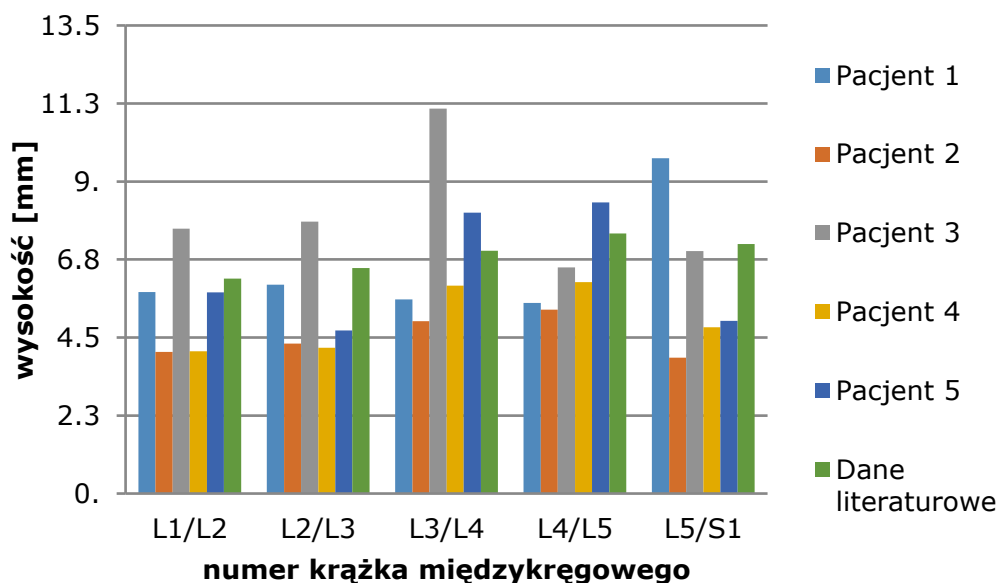
Źródło: opracowanie własne.

Względny Współczynnik Wysokości

Informacje na temat wysokości krążków międzykręgowych jak i trzonów kręgowych mówią wiele o stanie zdrowotnym kręgosłupa. Odpowiednie uwodnienie krążka międzykręgowego ściśle wiąże się z jego wysokością. Zebrane informacje i obliczone parametry geometryczne umożliwiają także ocenę stopnia zaawansowania zmian zwyrodnieniowych odcinka lędźwiowo – krzyżowego kręgosłupa. Otrzymane wyniki zestawiono z danymi literaturowymi, które posłużyły

za normy dla dorosłych mężczyzn (Alam i in. 2014; Berry, Moran 1987; Isachar, Moshe, 1986; Tang i in. 2016)

Na Wykresie 5 przedstawiono zmianę tylnej wysokości krążka międzykręgowego u badanych pacjentów.

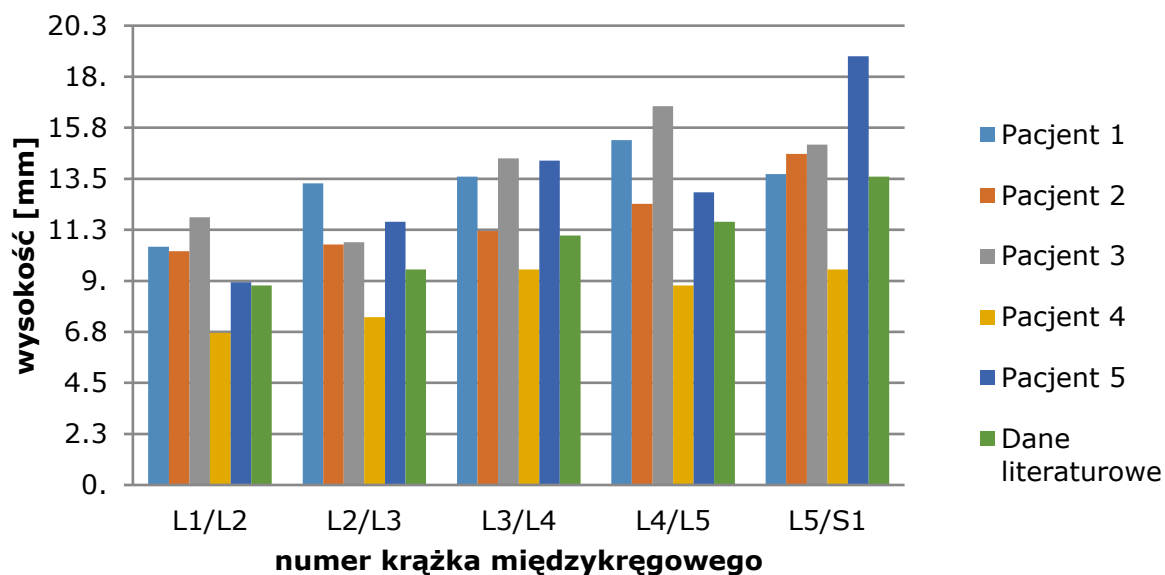


Wykres 5 Tylne wysokości krążków międzykręgowych w funkcji numeru krążka

Źródło: opracowanie własne.

Analizując wartości H_i dla L1 - L5 można stwierdzić przyrost tylnej wysokości krążków międzykręgowych na odcinku pierwszych czterech krążków. Obserwacja ta pokrywa się z danymi literaturowymi charakteryzującymi się także przyrostem tylnej wysokości, jednak występującym na innym poziomie. W stosunku do norm tylna wysokość ostatniego krążka międzykręgowego jest mocno zaniżona dla obu badanych mężczyzn i wynosi ok. 66% danych literaturowych.

Na Wykresie 6 przedstawiono zmianę przednich wysokości krążków międzykręgowych w odcinku lędźwiowo – krzyżowym kręgosłupa u pracowników przemysłu motoryzacyjnego.

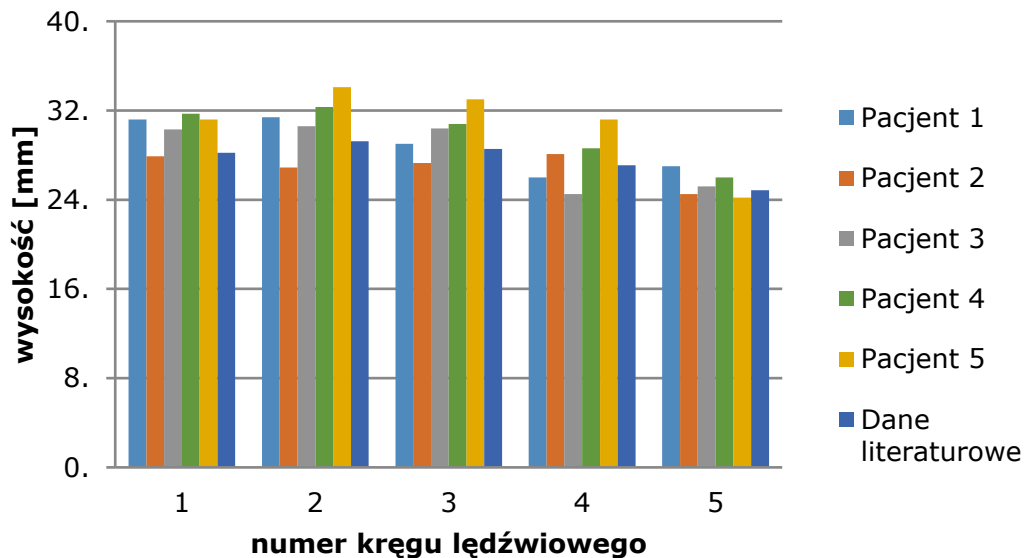


Wykres 6 Przednie wysokości krążków międzykręgowych w funkcji numeru krążka

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie dokonanych pomiarów widoczne jest zwiększanie się przedniej wysokości krążka wraz z kolejnym numerem kręgu na odcinku od L1 – L5 u wszystkich pacjentów z wyjątkiem pacjenta nr 4. Według wspomnianych norm literaturowych, przednia wysokość krążków międzykręgowych H_{ii} wzrasta na całej długości odcinka lędźwiowego. Uzyskane wartości u czterech pacjentów są wyższe niż dane literaturowe.

Na kolejnym wykresie (Wykres 7) zobrazowano zmiany tylnych wysokości trzonów kręgowych, na przebiegu części lędźwiowej kręgosłupa. Informacje na temat cech morfologicznych kręgów także pomagają w diagnozowaniu zmian przeciążeniowych krążków między kręgowych.

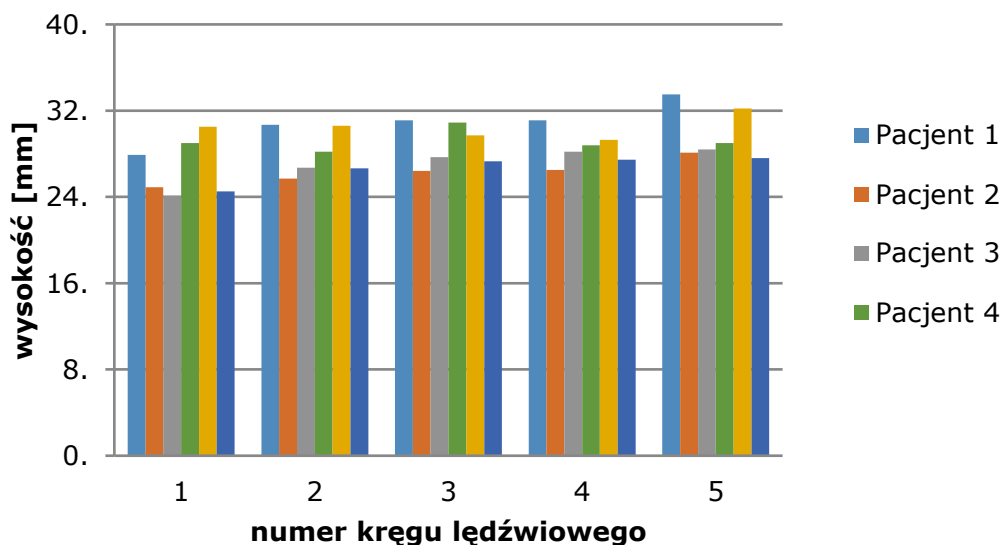


Wykres 7 Tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu

Źródło: opracowanie własne.

Poniżej kręgu L2 widoczny jest spadek tylnej wysokości trzonów kręgowych wraz z numerami kolejnych kręgów. Największą tendencję obserwuje się u pacjenta nr 5. Zależność ta jest także widoczna w przypadku analizy danych literaturowych. Otrzymane wysokości są zbliżone do wysokości normatywnych najbardziej w przypadku pacjenta nr 2. U pozostałych mężczyzn wartości są wyższe w stosunku do norm literaturowych.

Wykres 8 prezentuje wartości przedniej wysokości trzonów kręgowych pracowników przemysłu motoryzacyjnego w porównaniu z danymi literaturowymi.



Wykres 8 Przednie wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu

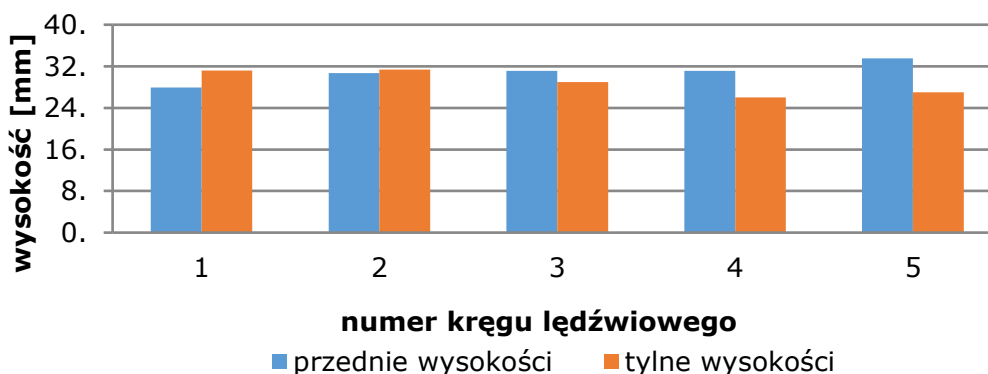
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku przedniej wysokości trzonów kręgowych można zauważyć tendencję wzrostową, wraz ze zwiększaniem się numeru kręgu lędźwiowego. Stwierdzenie to jest prawdziwe zarówno odnośnie do badanych mężczyzn zatrudnionych w dziale montażu, jak i danych literaturowych.

Na Wykresach 9 – 13 przedstawiono porównanie przednich i tylnych wysokości kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u badanych pracowników.

U pacjenta nr 1 zauważa się, że w kręgu L1 dominuje patologiczny wzorzec przewagi tylnej wysokości kręgów nad przednią $h_i > h_{ii}$. Z kolei w kręgach lędźwiowych L3-L5 obserwuje się klinowacenie się kręgów w kierunku przeciwnym, a mianowicie przednie wysokości trzonów kręgowych są większe aniżeli tylne $h_{ii} > h_i$.

Przednie i tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu - Pacjent 1

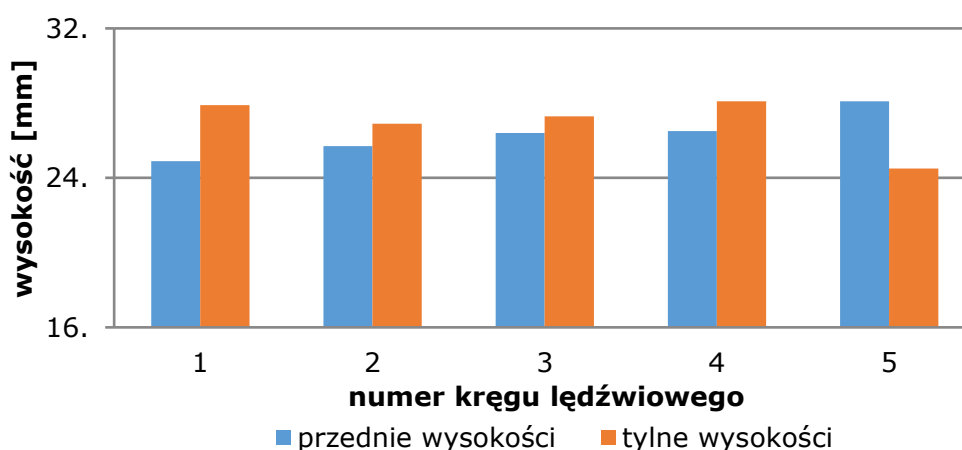


Wykres 9 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 1

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku pracownika nr 2 w kręgach L1 – L4 dominuje patologiczny wzorec przewagi tylnych wysokości kręgów nad przednią $h_i > h_{ii}$. Natomiast na poziomie kręgu L5 występuje klinowacenie kierunku przeciwnym, a mianowicie przednie wysokości trzonów kręgowych są większe niż tylne $h_{ii} > h_i$.

Przednie i tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu - Pacjent 2

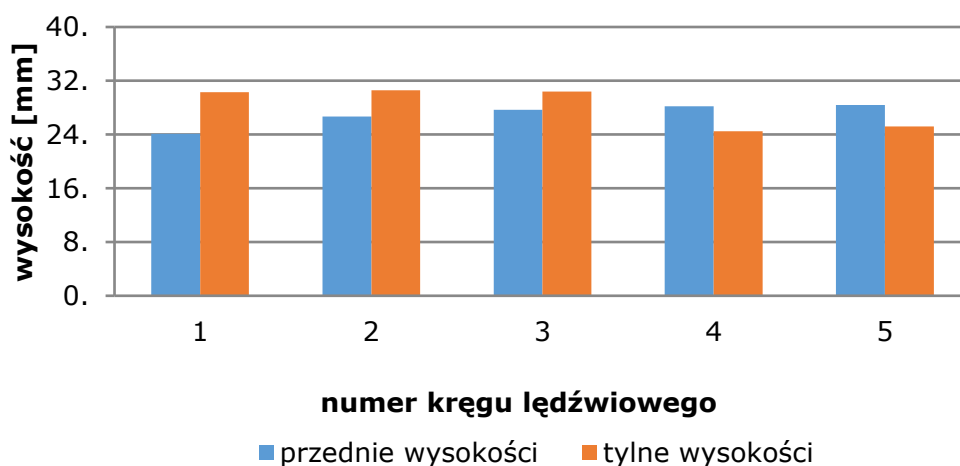


Wykres 10 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 2

Źródło: opracowanie własne.

Podobną tendencję jak w przypadku pracownika nr 2, obserwuje się u pacjenta nr 3 w kręgach L1 – L3 dominuje patologiczny wzorec przewagi tylnej wysokości kręgów nad przednią $h_i > h_{ii}$. Klinowaceniów kierunku przeciwnym występuje na kręgu L4 i L5.

Przednie i tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu - Pacjent 3

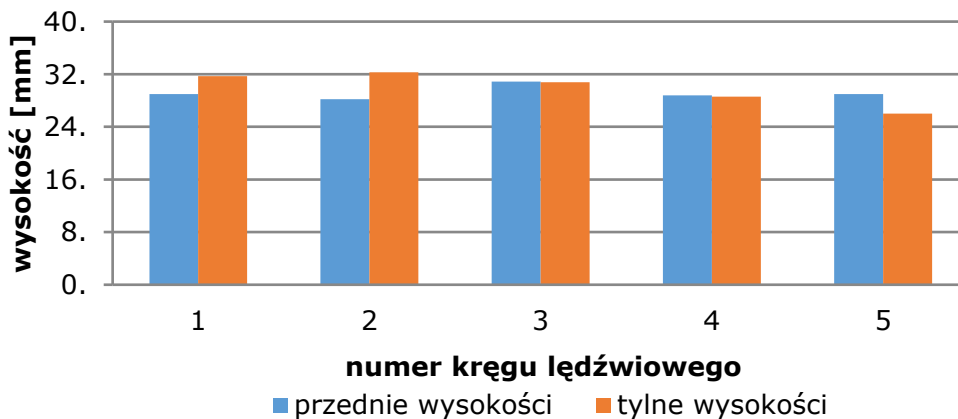


Wykres 11 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 3

Źródło: opracowanie własne.

U pacjentów nr 4 i nr 5 na kręgu L5 wysokości przednie trzonów kręgowy są wyższe w stosunku do tylnych wysokości. U mężczyzny nr 5 taką tendencję zauważa się również na poziomie L4. Na odcinku L1-L4 u pracownika nr 4 i na odcinku od L1-L3 u pacjenta nr 5 występuje patologiczny wzorec przewagi tylnej wysokości kręgów nad przednią $h_i > h_{ii}$.

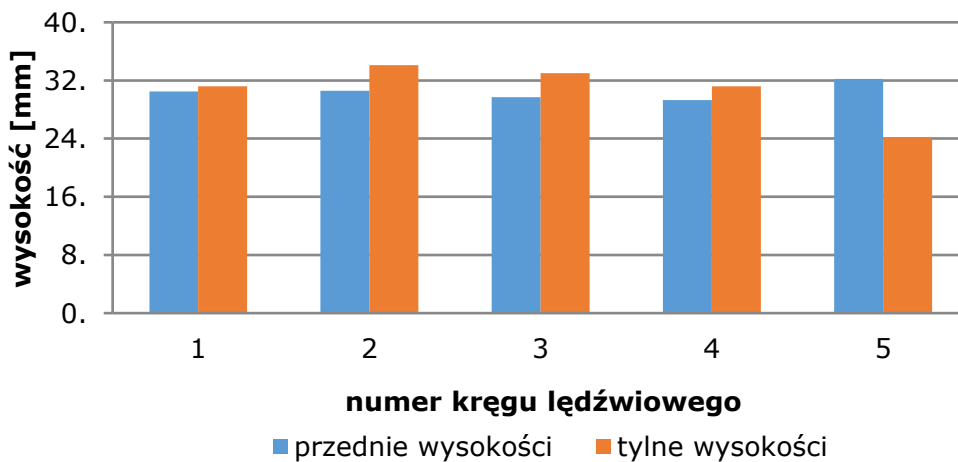
Przednie i tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu - Pacjent 4



Wykres 12 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 4

Źródło: opracowanie własne.

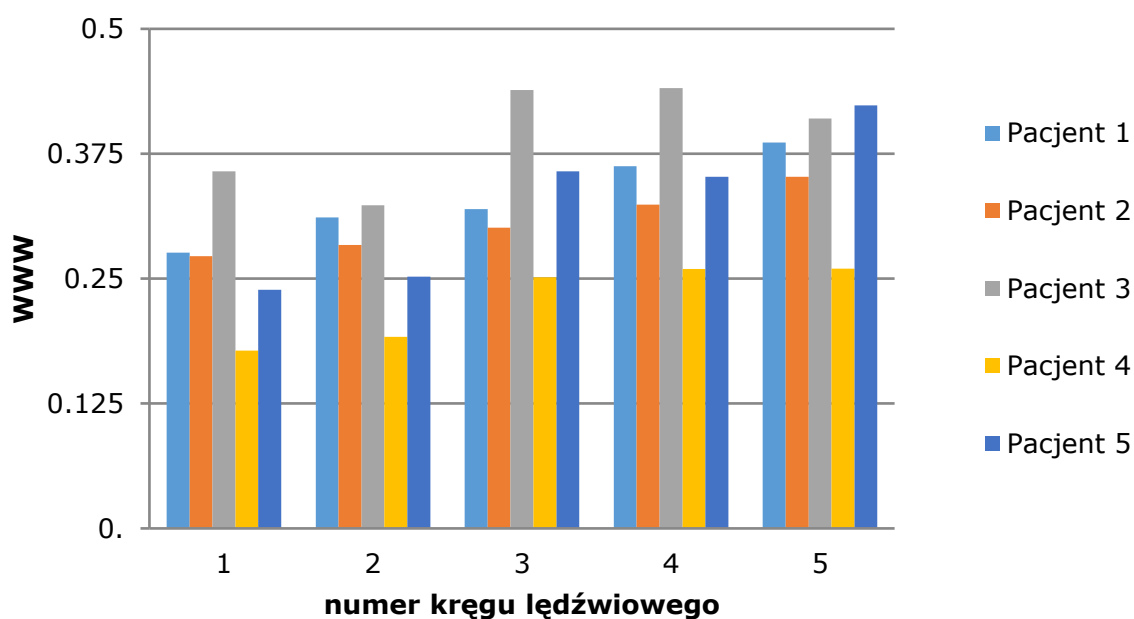
Przednie i tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu - Pacjent 5



Wykres 13 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 5

Źródło: opracowanie własne.

Obliczona wartość Względnego Współczynnika Wysokości u badanych mężczyzn zwiększa się w przedziale od L1 do L5 (patrz wyk. 14). Zgodnie z danymi literaturowymi wielkość Względnego Współczynnika Wysokości rośnie wraz z numerem kręgu lędźwiowego [35]. Powinna się ona także zawierać w przedziale $<0,27 - 0,47>$. Najmniejsza uzyskana wartość WWW wyniosła 0,18 (Pacjent nr 4) i nie mieści się ona w zakresie norm. Warto również zaznaczyć, iż dane obliczone dla wszystkich kręgów lędźwiowych dla pacjenta nr 4 są mniejsze od porównywanych danych normatywnych. U pacjenta nr 5 w przypadku kręgów L1 i L2 wartości są niższe od danych referencyjnych. Niższe wartości WWW mogą świadczyć o występującej chorobie degeneracyjnej krążków kręgowych i zmniejszaniu się w czasie szpary międzykręgowej oraz włóknieniu krążków.



Wykres 14 Względny Współczynnik Wysokości w funkcji numeru kręgu

Źródło: opracowanie własne.

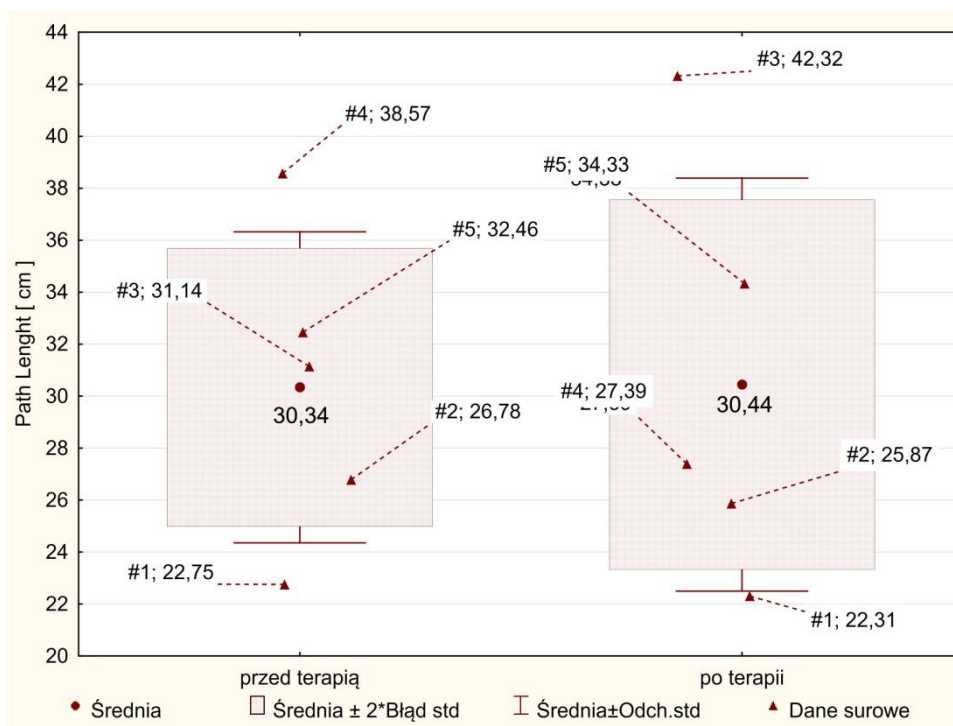
Analiza parametrów biomechanicznych grupy pilotażowej

Analiza parametrów stabilometrycznych

Analizie poddano wybrane parametry uzyskane dzięki platformie stabilometrycznej AMTI. W celu łatwiejszej analizy pacjentom przyporządkowano numery od 1 do 5. Każdy parametr oceniono, według wcześniej ustalonego protokołu badania. Porównano wyniki uzyskane przed i po zastosowaniu jednorazowej terapii podczas stania obunóż przy oczach otwartych i zamkniętych, staniu przy oczach otwartych jedno nogę raz na prawej raz na lewej kończynie dolnej oraz staniu przy oczach zamkniętych jedno nogę raz na prawej raz na lewej kończynie.

PathLength- długość ścieżki, czyli całkowita droga wyrażona w cm, którą przebył środek nacisku stóp (COP) badanego w ciągu 30s,.

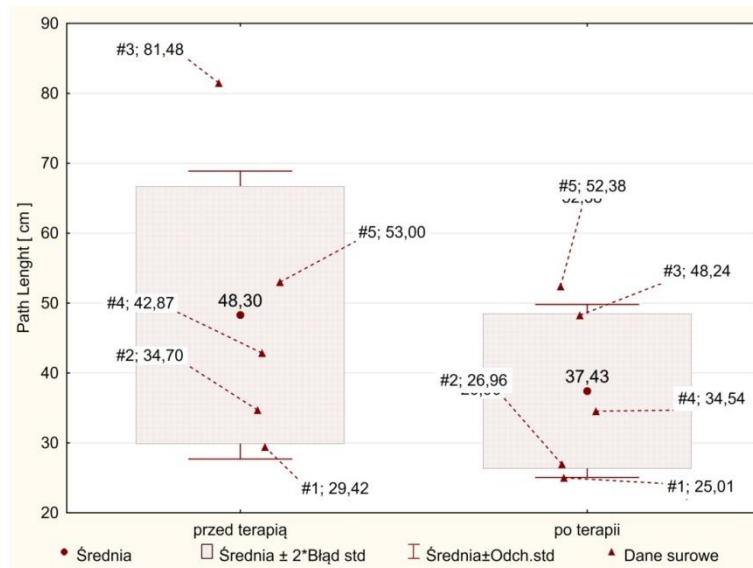
Analizując poszczególnych pacjentów widać zmianyw długość ścieżki. Największą poprawę uzyskał pacjent nr 4 przy pierwszy pomiarze uzyskał średni wynik 38,57 cm natomiast po leczeniu, długość ścieżki wynosiła 27,39 cm. Również zmianę zaobserwowano u pacjenta nr 1 i 2.



Rysunek 31 Długość drogi przed i po terapii przy pomiarze obunóż z oczami otwartymi

Źródło: opracowanie własne.

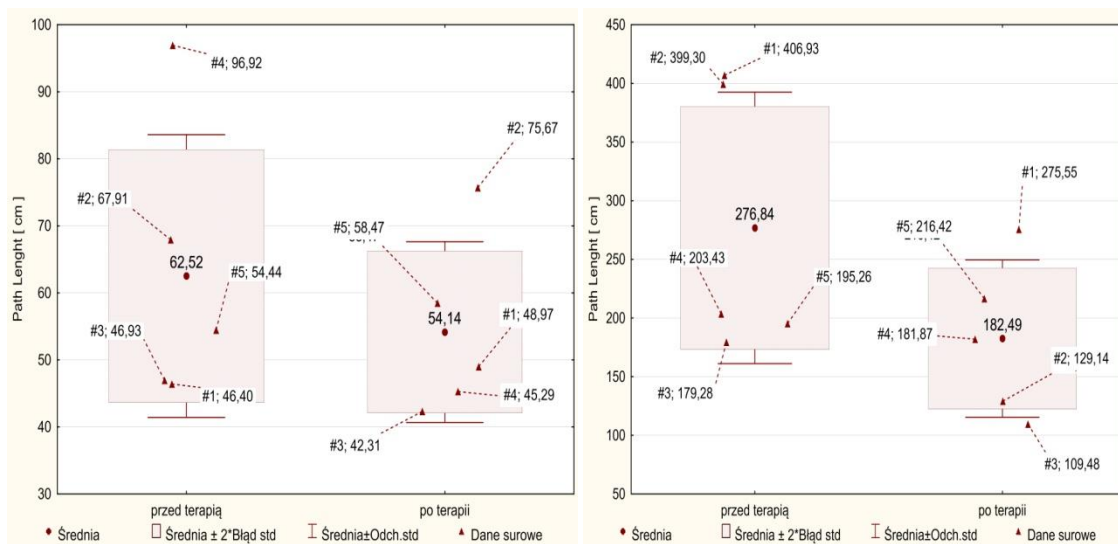
W przypadku próby stania obunóż z oczami zamkniętymi zauważa się różnice średnich wartości PathLength (długość ścieżki) na poziomie 10,87 cm (patrz rys. 32). U wszystkich pacjentów uzyskano poprawę. Ponownie najlepszy wynik uzyskał pacjent nr 3, gdzie wartość początkową miał na poziomie 81,48 cm po terapii uzyskał wynik 48,24 cm. Można wysnuć hipotezę, że zastosowana terapia wpłynęła pozytywnie na stabilizację głęboką dzięki wzmocnieniu oddziaływania proprioceptorów znajdujących się w stawach. Za utrzymywanie pozycji pionowej ciała w momencie zamknięcia oczu, odgrywają większą rolę mięśnie.



Rysunek 32 Długość drogi przed i po terapii przy pomiarze obunóż z oczami zamkniętymi

Źródło: opracowanie własne.

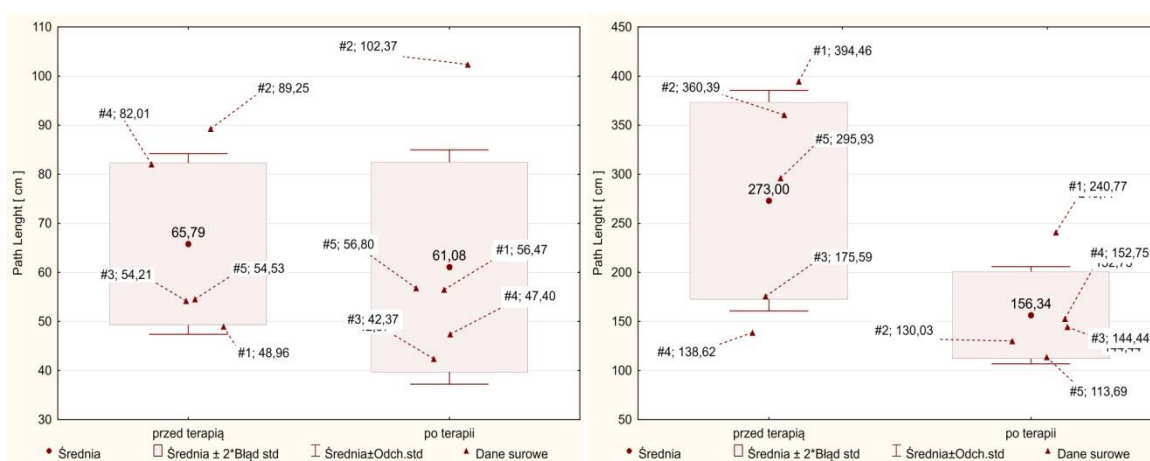
Poprawę średnich wartości dla całej grupy parametru PathLength uzyskano w przypadku testu stania jednonóż na kończynie prawej z oczami zamkniętymi i otwartymi (patrz rys. 33). Zauważa się tak jak w przypadku stania obunóż, że lepsze wyniki uzyskują pacjenci przy pomiarze z oczami zamkniętymi. Pogorszenie wyniku można zaobserwować przypadku testu z oczami otwartymi dla prawej kończyny dolnej u pacjenta nr 2 nr 1 i nr 5. Natomiast nie zauważa się poprawy u pacjenta nr 5 w przypadku próby z zamkniętymi oczami.



Rysunek 33 Porównanie parametru długości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej prawej

Źródło: opracowanie własne.

Największą poprawę długości ścieżki, jaką zaznacza środek nacisku stopy lewej zauważa się w przypadku próby z zamkniętymi oczami (patrz rys. 34). Zmiana średnich wartości wynosi 116,66 cm. Tylko u jednego badanego nr 4 zaobserwowano pogorszenie. Poprawę przy teście dla lewej kończyny dolnej z oczami otwartymi uzyskali pacjenci nr 4 i nr 3.

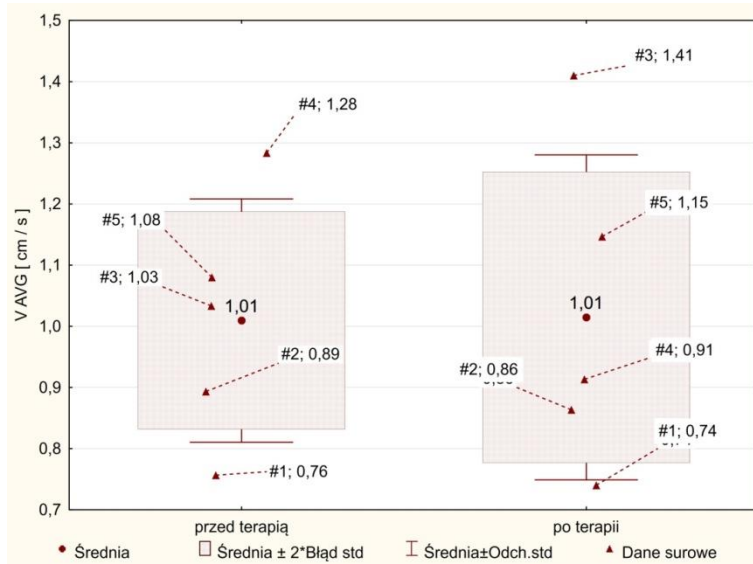


Rysunek 34 Porównanie parametru długości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej lewej

Źródło: opracowanie własne.

V AVG- Średnia prędkość, z jaką porusza się środek nacisku stóp podczas badania, wyrażoną w cm/s

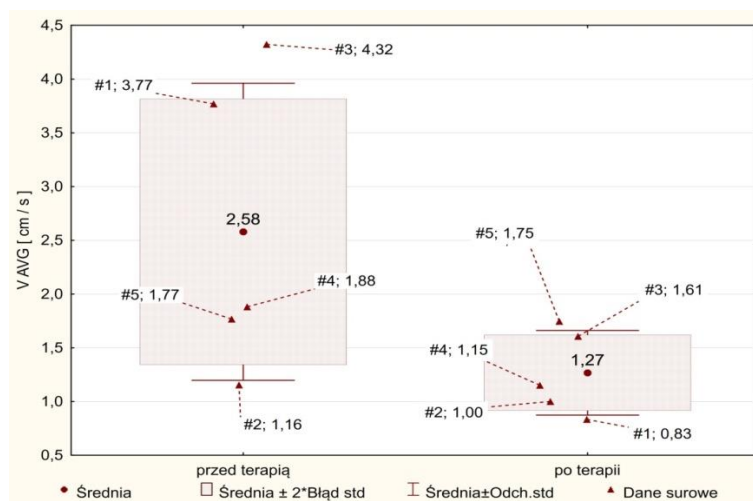
Średnie wartości prędkości VAVG uzyskane przed terapią i po terapii dla próby stania obunóż przy oczach otwartej nie różnią się (rys 35).



Rysunek 35 Średnia prędkość podczas próby obunóż z oczami otwartymi

Źródło: opracowanie własne.

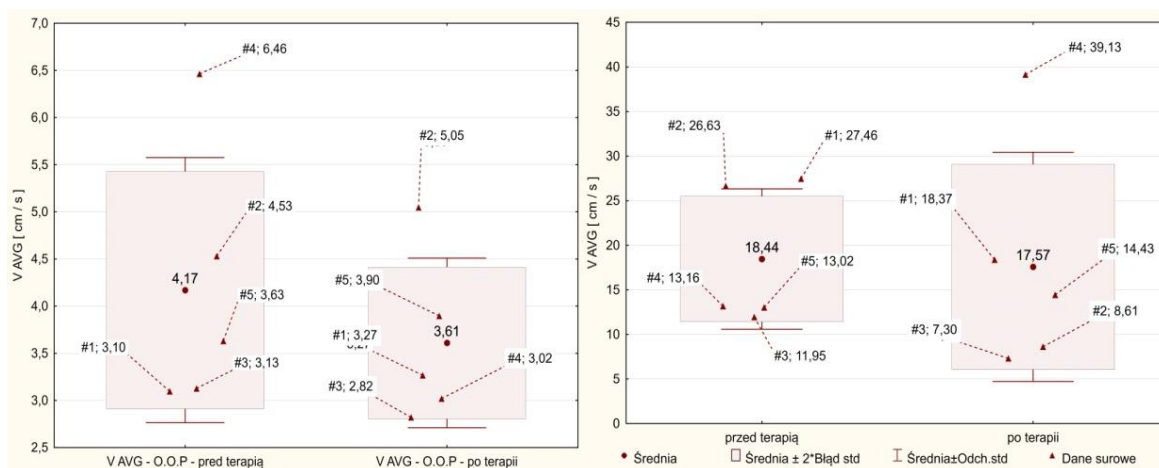
Podobnie jak w przypadku parametru droga ścieżki, prędkość ścieżki poprawiła się w przypadku próby z oczami zamkniętymi. (patrz rys. 36) Uzyskano bardzo dobry wynik. Prawie o połowę zmniejszyła się VAVGz wartości 2,58 cm/s na 1,27 cm/s.



Rysunek 36 Średnia prędkość ścieżki podczas próby obunóż z oczami zamkniętymi

Źródło: opracowanie własne.

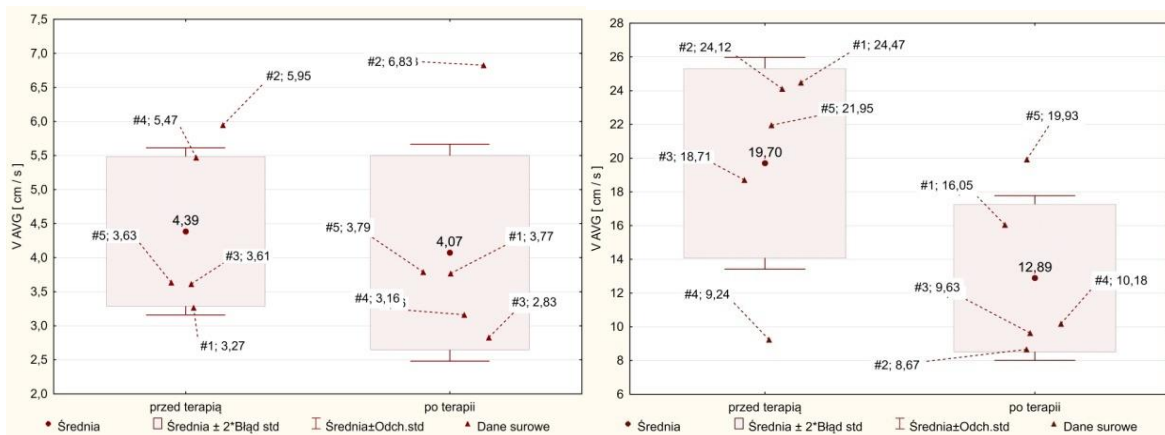
W przypadku testu stania jednonóż na lewej kończynie z oczami zamkniętymi i otwartej zauważa się ponownie poprawę po terapii dla pomiarów uzyskanych przy oczach zamkniętych. Czterech pacjentów uzyskało lepsze wyniki niż przed zastosowanymi technikami na odcinek lędźwiowy kręgosłupa (rys 37).



Rysunek 37 Porównanie parametru prędkości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej prawej

Źródło: opracowanie własne.

Pomiary dla prawej kończyny dolnej przy oczach zamkniętych i otwartych nie wskazują istotnych różnic. Średnie wartości nie znacznie się poprawiły przy obu próbach (rys 38).

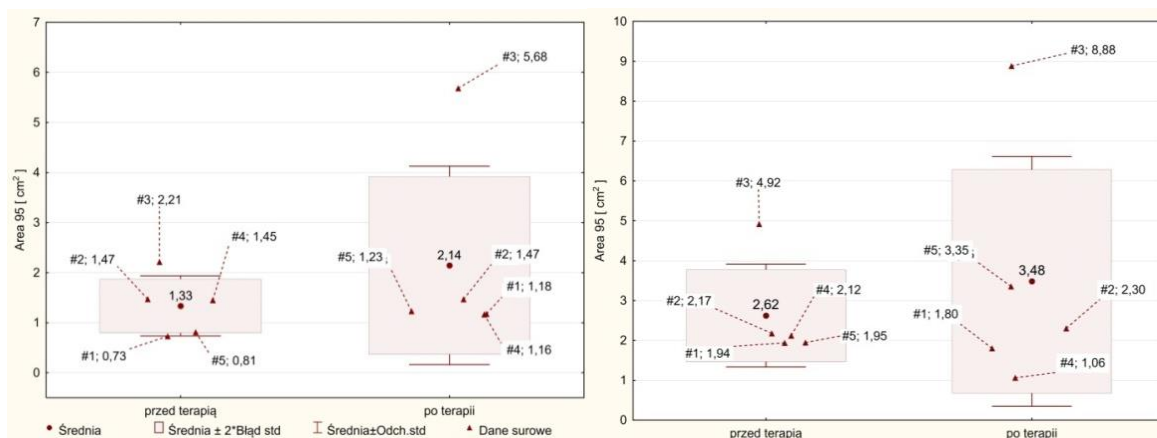


Rysunek 38 Porównanie parametru prędkości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej lewej

Źródło: opracowanie własne.

Area 95-pole elipsy, w którym się zawiera 95% punktów pomiarowych (współrzędne punktu przyłożenia wypadkowej siły reakcji podłoża)

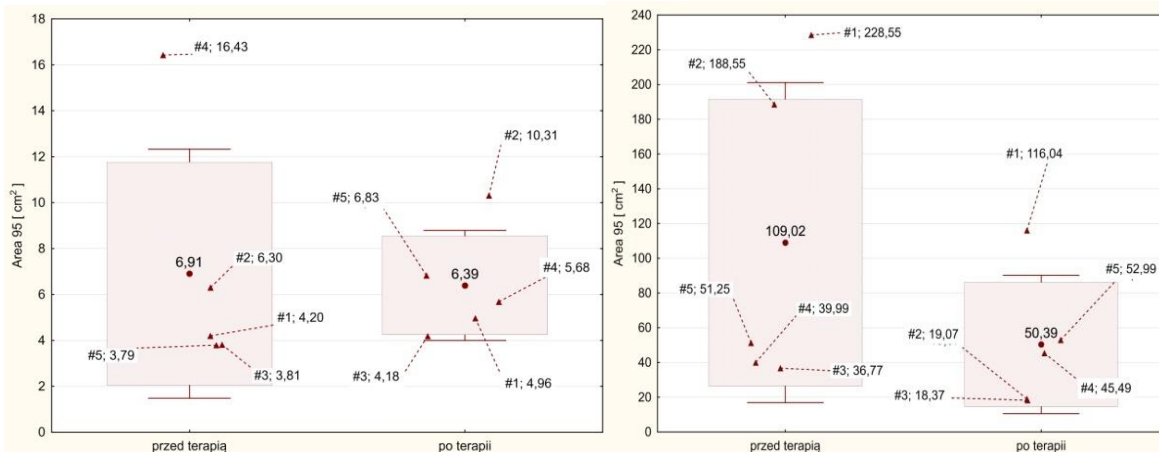
Pole elipsy w przypadku pomiarów obunóż dla prób przy oczach otwartych i zamkniętych nieznacznie się powiększyło (rys. 39). W obu protokołach największą elipsę miał pacjenta nr 3.



Rysunek 39 Pole elipsy przed i po terapii przy pomiarze obunóż z oczami otwartymi (lewy wykres) oraz z oczami zamkniętymi (prawy wykres)

Źródło: opracowanie własne.

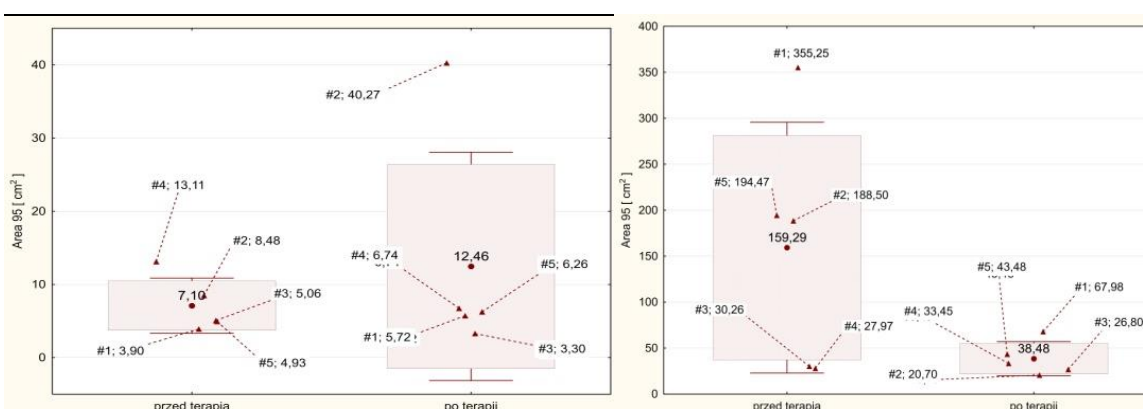
W przypadku prób jednonóż na prawej kończynie, poprawę zauważa się po terapii przy zamkniętych oczach aż o 58,81cm² zmniejszyło się pole powierzchni. Przy testach z oczami otwartymi ta poprawa jest nieznaczna (rys. 40).



Rysunek 40 Porównanie parametru pole elipsy przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej prawej

Źródło: opracowanie własne.

Analizując średnie wyniki dla pomiarów stania na lewej kończynie dolnej (rys. 41). Podczas stania przy oczach otwartych zauważa się pogorszenie, natomiast wszyscy badani uzyskali lepsze wyniki przy próbie z oczami zamkniętymi. Różnica pola elipsy przed i po terapii to 120,81 cm². Wszyscy pracownicy po zastosowanych technikach na odcinek lędźwiowy zakreślili mniejsze pole elipsy podczas badania na platformie stabilometrycznej.



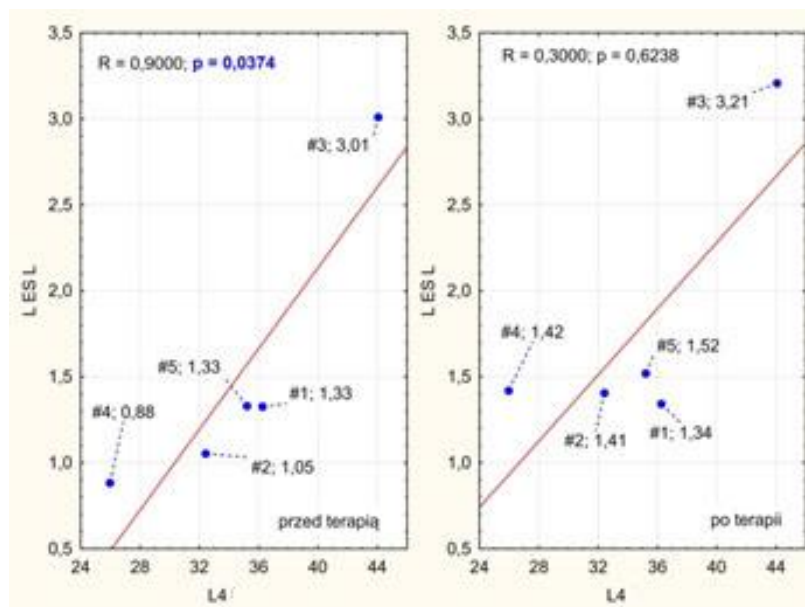
Rysunek 41 Porównanie parametru pole elipsy przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej lewej

Źródło: opracowanie własne.

Analiza potencjałów elektrycznych mięśni

Na podstawie wyników badania EMG zauważono związek między Względnym Współczynnikiem Wysokości (WWW), a mioelektryczną czynnością prostownika grzbietu.

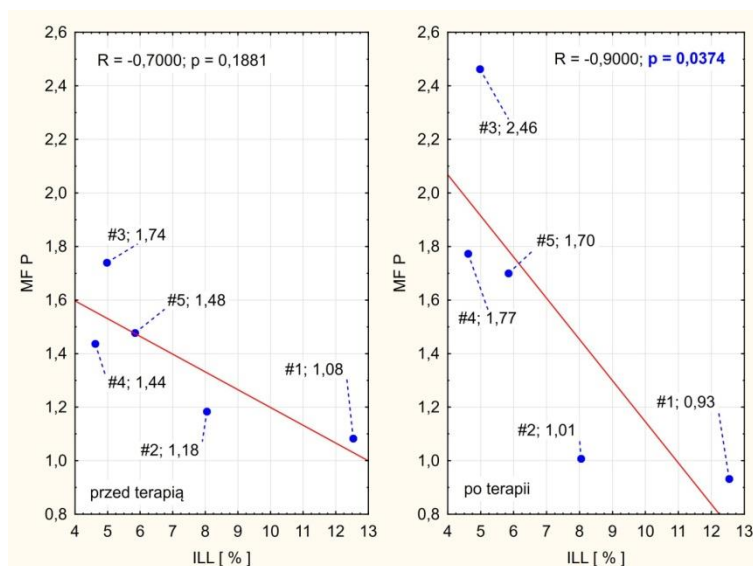
U pacjenta nr 4 Względny Współczynnik Wysokości jest najniższy wśród badanych mężczyzn (patrz wykres 14) dla poszczególnych kręgów wynosi: L1/L2=0,1779, L2/L3=0,1917, L3/L4=0,2512, L4/L5=0,2596, L5/S1=0,26. Stosunek czynności mioelektrycznej wyprost do zgięcia badanego mięśnia jest najmniejszy. Przed terapią stosunek ten wynosił 0,88, po jest na poziomie 1,42 (ryc. nr 42). Natomiast u badanego nr 3, gdzie Względny Współczynnik Wysokości jest najwyższy wśród badanych pracowników (patrz wykres 14) dla poszczególnych kręgów wynosi: L1/L2=0,3574, L2/L3=0,3236, L3/L4=0,4389, L4/L5=0,4406, L5/S1=0,4103. Stosunek czynności mioelektrycznej wyprost do zgięcia prostownika grzbietu lewego jest największy. Przed terapią wynosił 3,01, po wykonaniu technik na odcinek lędźwiowy kręgosłupa jest na poziomie 3,21 (Rysunek 42).



Rysunek 42 Czynność mioelektryczna prostownika grzbietu lewego przed i po terapią

Źródło: opracowanie własne.

Na Rysunku 43 przedstawiono korelację czynności bioelektrycznej mięśnia wielodzielnego prawego z Indekssem Lordozy Lędźwiowej (ILL). Zauważono lepszą pracę mięśnia u pacjentów z niższym ILL po zastosowanej terapii.



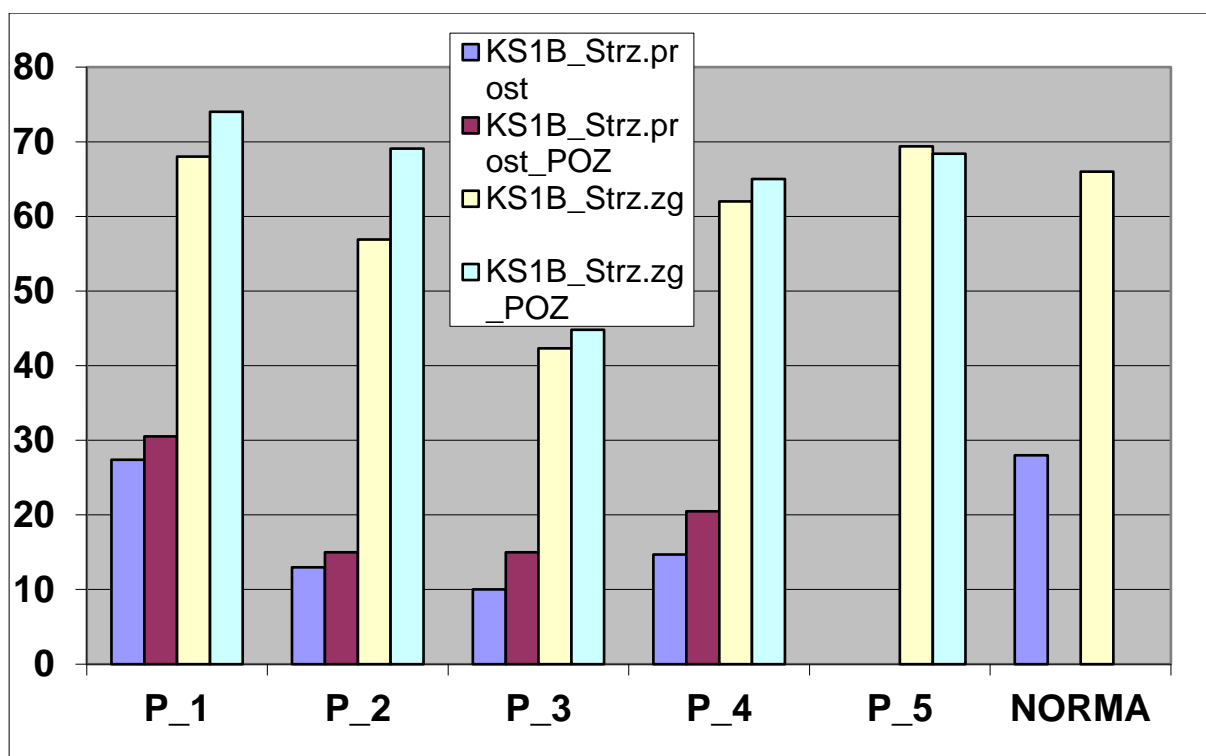
Rysunek 43 Korelacja czynności bioelektrycznej mięśnia wielodzielnego prawego z Indekssem Lordozy Lędźwiowej

Źródło: opracowanie własne.

Analiza ruchomości odcinka lędźwiowego

Zbadano ruchomość odcinka lędźwiowego na pomocątrójosiowego SystemuCPG1v0 z oprogramowaniem do pomiaru prędkości kątowych oraz kątów przemieszczenia segmentów, do których jest onprzytwierdzony . Otrzymane dane zostały porównane z danymi normatywni według Adams (2010). Mężczyzn uszeregowano alfabetycznie, nadając numeracje od 1 do 5. Na wykresie symbol P_oznacza kolejnego pacjenta, nr jest adekwatny z numerem nadanym na początku badania i jest spójny z numeracją użytą w poprzednich badaniach.

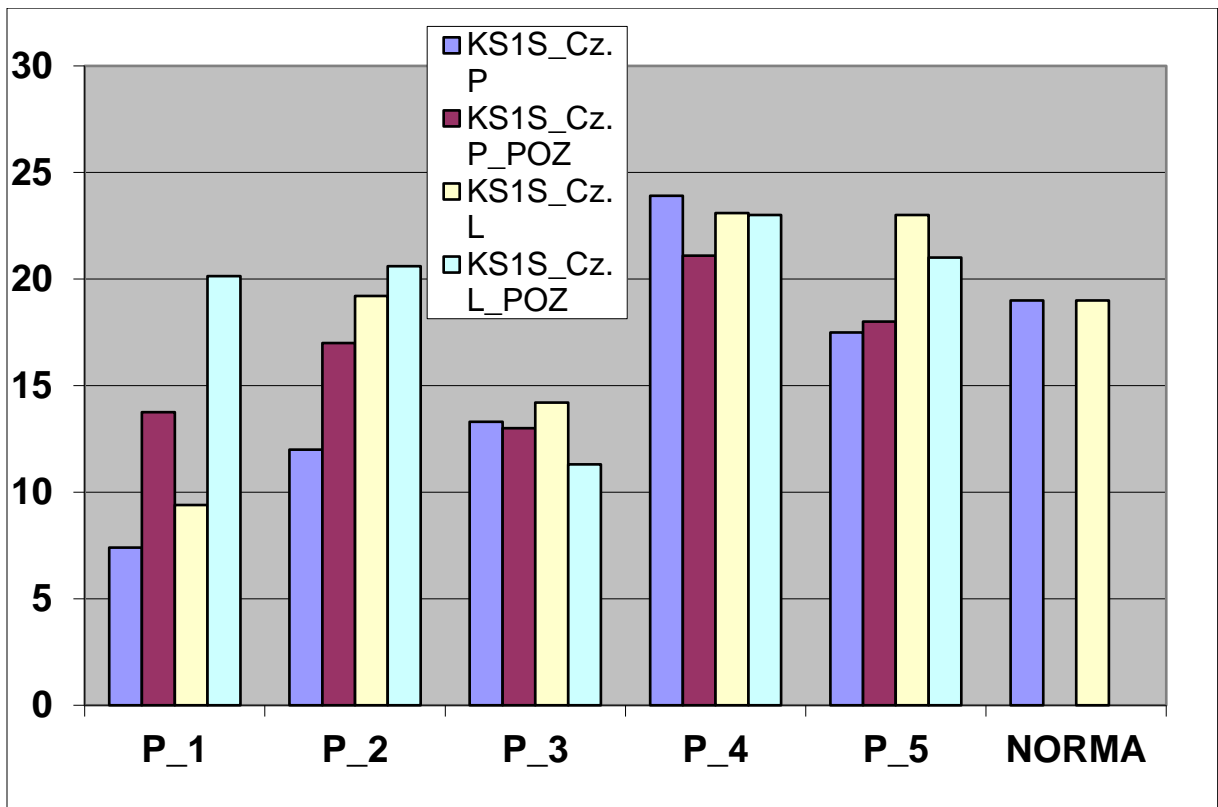
Na wykresie nr 15 pokazane są zmiany ruchomości odcinka lędźwiowego w płaszczyźnie strzałkowej. Przyjęto następujące onaczenia: Prost- wyprost, zg- zgięcie, POZ- jest to pomiar po terapii. W przypadku pacjenta nr 5 nie odnotowano czynnego ruchu wyprost, przed i po terapii. W stosunku do danych normatywnych obserwujemy ograniczenie wyprost w odcinku lędźwiowym kręgosłupa w badanej grupie. Po terapii widać poprawę ruchomości u wszystkich mężczyzn. W przypadku zgięcia tylko u pacjenta nr 5 widać, nie znaczne pogorszenie zakresu ruchu.



Wykres 15 Ruchomości odcinka lędźwiowego w płaszczyźnie strzałkowej

Źródło: opracowanie własne.

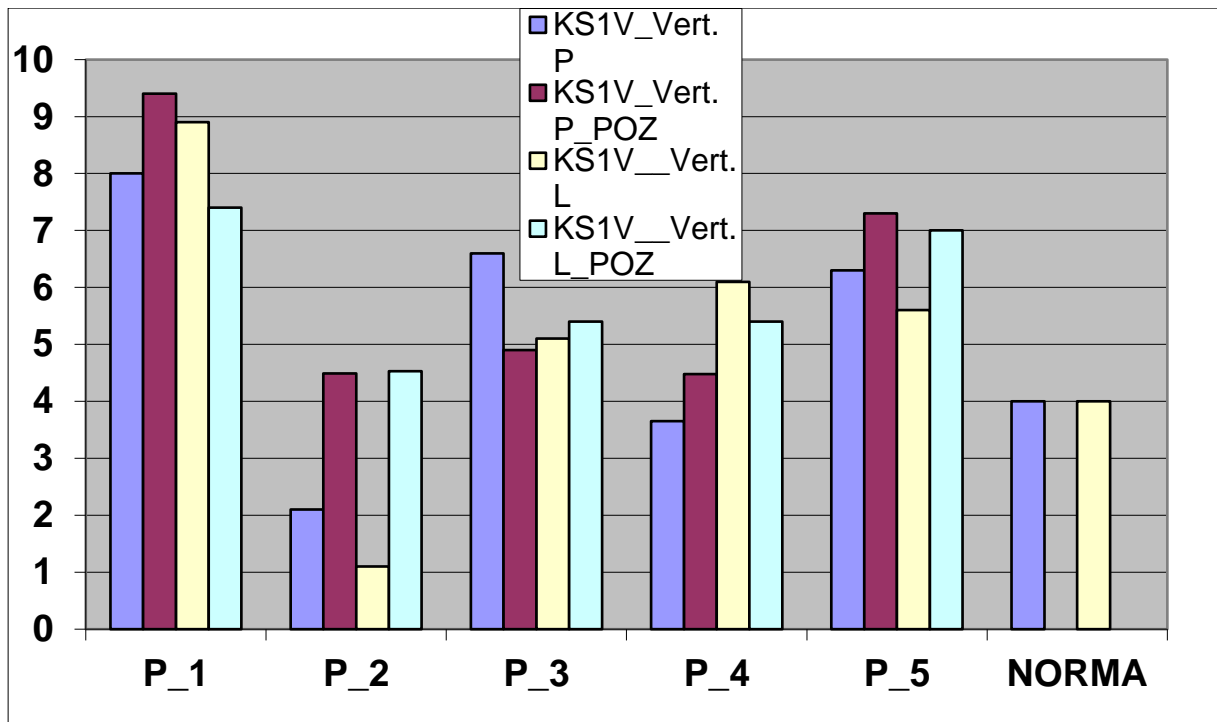
Wykres nr 16 przedstawia ruchomość w płaszczyźnie czołowej. Skłon w prawą oznaczono symbolem- Cz.p oraz skłon w lewą stronę jako-Cz.L. U pacjentów nr 1 i 2, przed terapią występowało znaczne ograniczenie w stosunku do norm. Po terapii obserwuje się poprawę ruchomości w obu kierunkach. U pacjenta nr 4 przed terapią występowała hipermobilność, natomiast po terapii zakres ruchu w płaszczyźnie czołowej poprawił się w stosunku do danych normatywnych. W obrazie tomografii komputerowej u tego pacjenta, obserwujemy rozległe zmiany na wszystkich poziomach kręgosłupa lędźwiowego. Zwężenia przestrzeni międzykręgowych na poziomie od L4 do S1 oraz protruzje na poziomach od L2 do S1, spowodowały obniżenie powierzchni stawowych i rozciągnięcie aparatu więzadłowego, przez co u tego pacjenta obserwujemy nadmierną ruchomość w odcinku lędźwiowym kręgosłupa. Po zastosowanej terapii u pacjenta nr 5, poprawił się również zakres ruchomości skłonu w lewą stronę wyrównując dysbalans pomiędzy prawą stroną. Natomiast u pacjenta nr 3 nie zauważa się poprawy, a wyniki przed i po terapii świadczą o ograniczeniu ruchomości w tej płaszczyźnie.



Wykres 16 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej

Źródło: opracowanie własne.

Zakres ruchu rotacji przedstawiono na wykresie nr 17. Poprawę wartości kąta rotacji w stosunku do danych normatywnym zauważono u pacjentów nr 2, 3,4. U pacjenta nr 1 zaobserwowano nadmierną rotację, poprawę uzyskał tylko w ruchu w lewą stronę. Geometria odcinka lędźwiowego kręgosłupa u tego pacjenta wskazuje powiększony indeks lordozy lędźwiowej. Co może korelować z nadmierną rotacją oraz jak pokazuje wykres nr powiększonym zakresem ruchu zgięcia. Natomiast u pacjenta nr 5 zarówno w prawą jak i w jedną stronę wzmocniła się patologiczna tendencja hipermobility.



Wykres 17 Rotacja kręgosłupa w odcinku lędźwiowym

Źródło: opracowanie własne.

6. **Wstępne wnioski**

1. Staż pracy na linii produkcyjnej w przemyśle motoryzacyjnym ma wpływ na siłę bólu w odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa;
2. Jednostkowa terapia segmentalnych technik energizacji mięśniowej wpływa na czynność mioelektryczną mięśni przykręgosłupowych, poprawę zakresów ruchomości odcinkowej kręgosłupa oraz stabilizację głęboką;
3. Bezpośrednią przyczyną patologii kręgosłupa wśród pracowników przemysłu motoryzacyjnego (stanowisko montażysty) jest choroba przeciążeniowa o charakterze przewlekłym.

7. Piśmiennictwo

- Alam M. M., Waqas M., Shallwani H. (2014). Lumbar Morphometry: a Study of Lumbar Vertebrae from a Pakistani Population Using Computed Tomography Scans. *Asian Spine Journal*, 8(4) 421-426
- Berry J., Moran J.(1987). A morphometric study of human lumbar and selected thoracic vertebrae. *Spine*. 12, 362-367.
- Będziński R.(1997). *Biomechanika inżynierska*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Błaszczyk J.W. (2004). *Biomechanika kliniczna*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Bourdillon J. (1982.) *Spinal manipulation* . London: 3rd edn. Heinemann.
- Brinckmann, P., Frobin, W., Biggemann, M., Tillotson, M., Burton, K. (1998). Quantification of overload injuries to thoracolumbar vertebrae and discs in persons exposed to heavy physical exertions or vibration at the workplace. Part 2: Occurrence and magnitude of overload injury in exposed cohorts. *ClinicalBiomechanics*, 13, Suppl. 2, S1–S36.
- Buckup K. (2012). *Testy Kliniczne w badaniu kości, stawów i mięśni*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL: ISBN 978-83-200-4533-8.
- Bugajska, J., Konarska, M., Tokarski, T. Jędryka-Góral, A. (2007). Występowanie objawów zespołów przeciążeniowych kończyn górnych u pracowników różnych grup zawodowych. *Reumatologia*, 45(6), 355–361.
- ChaitowL.,Fritz S.,Fryer G., Crenshaw K., Liebenson C., Porterfield R., Shaw N., Wilson E. (2011).*Techniki energii mięśniowej*. Wrocław: Elsevier Urban i Partner.
- Cwynar, E., Kosińska, M., Tomczyk-Socha, M. (2013). Analysis of notifications of suspicions of diseases caused by the way the job is performed in the context of pathologies regarded as occupational diseases. *Medycyna Pracy*, 64(3), 387–396.
- Depa, A., Drużbicki, M. (2008). Ocena częstości występowania zespołów bólowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa w zależności od charakteru wykonywanej pracy. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego*, 1, 34–41.
- Dziak A. (2007). *Bóle i dysfunkcje kręgosłupa*, Kraków: MedicinaSportiva.

- Dziak A. (1994). Bóle krzyża. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Fairbank J, Couper J, Davies J, i in. (1980). The Oswestry low back pain questionnaire. *Physiotherapy*, 66: 271-273.
http://www.pinnacle4performance.com/wp-content/uploads/2012/08/Oswestry_Disability_Index.pdf, <http://www.scientificspine.com/spine-scores/oswestry-disabilityindex.html> (02.06.2018).
- Ferguson SA., Marras WS. (1997). A literature review of low back disorder surveillance measures and risk factors. *Clinical Biomechanics* 12.211-226.
- Frank J., W., Kerr M. S., Brooker A. S., i in. (1996). Disability resulting from occupational low back pain. Part 1: What do we know about primary prevention? A review of the scientific evidence on prevention before disability begins. *Spine*. 21.2908-2917
- Fritz J.M., Irrgang J.J.(2001). A comparison of modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire and Quebec Back Pain Disability Scale, *Physical Therapy*, 81, 776-788.
- Gołębiowska B. (2009). Radiometria kliniczna w praktyce zawodowej fizjoterapeuty. *Rehabilitacja w Praktyce*, 4, 58-62.
- Goodridge J. (1981). Muscle energy technique. *Journal of American Osteopathic Association* 81:240
- Hadala M. (2011). Funkcjonalny trening stabilizacji w dysfunkcji narządu ruchu. *Praktyczna Fizjoterapia i Rehabilitacja*, 18, 52-62 .
- Hodges P. W., Richardson C. A. (1996). In efficient Muscular Stabilization of the Lumbar Spine Associated With Low Back Pain. *Spine*, 21 (22) 2640-2650
- Iqbal Z., Alghadir A. (2015). Prevalence of work-related musculoskeletal disorders among physical therapists, *MedycynaPracy*, 66 (4), 459–469.
- Isaachar G., Moshe N. (1986). A study of vertebra and disc geometric relations of the human cervical and lumbar spine, *Spine*, 11, 154-157.
- Kaltenborn F.M. (1998). Kręgosłup. Badanie manualne i mobilizacja. Toruń: Rolewski
- Kelsey, J.L. , Githens, P.B., White, A.A., Holford, T.R., Walter, S.D., O'Connor, T., Ostfeld, A.M., Weil, U., Southwick, W.O., Calogero, J.A. (1984). An epidemiologic study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disc. *Journal of Orthopaedic Research*, 2(1), 61–66.

- Kołodziej K., Kwolek A., iwsp. (2005). Korelacja wskaźnika symetryczności obciążenia kończyn dolnych i nasilenia bólu u pacjentów z zespołem bólowym kręgosłupa lędźwiowo- krzyżowego rehabilitowanych szpitalnie. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego*, 3:234-236.
- Kraemer J. (2013). *Choroby krążka międzykręgowego*. Wrocław: Elsevier Urban & Partner.
- Lewandowski J. (2006). Kształtowanie się krzywizn fizjologicznych i zakresów ruchomości odcinkowej kręgosłupa człowieka w wieku 3-25 lat w obrazie elektromiograficznym. Monografie AWF w Poznaniu, nr 365
- Leinonen V., Maatta S., Taimela S. (2002). Impaired lumbar movement perception in association with postural stability and motor-and somatosensory-evoked potentials in lumbar spinal stenosis. *Spine*. 27 (9): 975-983.
- Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., Caffier, G., Liebers, F. (2003). Preventing musculoskeletal disorders in the workplace [online, dostęp: 2017-03-22]. Geneva: World Health Organization. ISBN 924159053X. Dostępny w Internecie:
http://www.who.int/occupational_health/publications/oehmsd3.pdf.
- Majcher P.(2002). Ocena pomniarów radiometrycznych połączenia lędźwiowo – krzyżowego w kręgozmykach, *Mechanika w medycynie*, 6.
- Myers, T.W. (2010). *Taśmy anatomiczne. Meridiany mięśniowo-powięziowe dla terapeutów manualnych i specjalistów leczenia ruchem*. Warszawa: DB Publishing. ISBN 9788362526024.
- Nachemson, A., Morris, J.M. (1964). In vivo measurements of intradiscal pressure. *Journal of Bone Joint Surgery*, 46, 1077–1092.
- Norris C. (1999). Functional load abdominal training część 1. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 3(3): 150-158.
- Ogurkowska, M.B. (2007). Biomechaniczna ocena zmian strukturalnych i funkcjonalnych kręgosłupa lędźwiowego u zawodników wyczynowo uprawiających wioślarstwo. Poznań: Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego. ISBN 9788388923869.
- Parent-Thirion, A., FernándezMacías, P., Hurley, J., Vermeylen, G. (2007). Fourth European Working Conditions Survey [online, dostęp: 2017-03-22]. Dublin:

- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. ISBN 928970974X. Dostępny w Internecie: http://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef0698en.pdf.
- Rapala K. (2004). Zespoły bólowe kręgosłupa. Zagadnienia wybrane. Warszawa, PZWL, 64-99
- Schlenk R., Adelman K., Rousselle (1994). The effects of muscle energy technique on cervical range of motion. *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, 2(4): 149-155.
- Schrenk R.J., MacDiarmid, Rousselle J. (1997). The effect of muscle energy technique on lumbar range of motion. *Journal of Manual and Manipulative Therapy*. 5(4): 179-183.
- Shacklock M., O.(1999). Central pain mechanisms: A new horizon in manual therapy. *Australian Journal of Physiotherapy* (45):83-92.
- Sowers, L. (2001). Epidemiology of risk factors of osteoarthritis: Systemic factors. *Current Opinion in Rheumatology*, 13(5), 447–451.
- Stiles E. (1984). Manipulation- a tool for your practice? *Patientcare* 18: 16-42
- Stodolny, J. (2000). Choroba przeciążeniowa kręgosłupa: epidemia naszych czasów. Kielce: ZL Natura. ISBN 839052113X
- Sylenky O., Sylenka M., Chopyak V., Lishchuk-Yakymovych K. (2009). Osteoporoza w praktyce lekarza reumatologa, *Reumatologia*, 47, 360-3
- Wegner K., Błaszczak A., Zygmąńska M., Ogurkowska M.. (2017). Ocena zmian przeciążeniowych u pracowników przemysłu motoryzacyjnego. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, 3 (35), 93-103.
- Willams P.(1965). *The lumbo-sacral spine*. Mc Graw Hill, New York
- Wilson E., Payton O., Donegan-Shoaf L.(2003). Muscle energy technique in patients with acute low back pain: a pilot clinical trial. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 33: 502-512.
- Wright A.(1995). Hypoalgesia post-manipulative therapy: a review of a potential neurophysiological mechanism. *Manual Therapy* 1(1): 11-16.
- Yates S.(1991). *Muscle energy technique. Principles of osteopathic manipulative techniques*. Lippincott, Philadelphia.

ZUS. (2016). Wydatki na świadczenia z ubezpieczeń społecznych związane z niezdolnością do pracy w 2015 r. [online, dostęp: 2017-08-07]. Oprac. E. Karczewicz, A. Kania. Warszawa: Zakład Ubezpieczeń Społecznych, Departament Statystyki i Prognoz Aktuarialnych. Dostępny w Internecie: <http://www.zus.com.pl/files/Wydatki%20na%20%C5%9Bwiadczenia%20z%20ubezpiecze%C5%84%20spo%C5%82ecznych%20zwi%C4%85zane%20z%20niezdolno%C5%9Bci%C4%85%20do%20pracy%20w%202015%20r.pdf>.

8. Załączniki

Załącznik nr 1 - Ankieta

<p> ANKIETA DLA PRACOWNIKÓW VWP</p> <p>Data:.....</p> <p>1. Imię i nazwisko:</p> <p>2. Wiek:.....[lat]</p> <p>3. Wzrost:.....[cm]</p> <p>4. Masa ciała:.....[kg]</p> <p>5. Wykształcenie/zawód:.....</p> <p>6. Staż pracy.....[lat]</p> <p>7. Obecnie zajmowane stanowisko pracy</p> <p>8. Jak długo pracujesz na obecnym stanowisku.....[lat]</p> <p>Czy podejmowana praca zawodowa wymaga:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Długotrwałego stania<input type="checkbox"/> Długotrwałego siedzenia<input type="checkbox"/> Długotrwałego chodzenia<input type="checkbox"/> Drwigania<input type="checkbox"/> Skręcania tułowia<input type="checkbox"/> Zginania tułowia <p>Czy odbyłeś szkolenie z zakresu ergonomii pracy:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy przestrzegasz zasady ergonomii podczas pracy zawodowej?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak, zawsze<input type="checkbox"/> Okazjonalnie<input type="checkbox"/> Nie, nigdy <p>Zaznacz rodzaje wykonywanych aktywności fizycznych poza pracą zawodową:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Prace w ogrodzie lub na działce<input type="checkbox"/> Prace remontowe<input type="checkbox"/> Siłownia<input type="checkbox"/> Jazda na rowerze<input type="checkbox"/> Siedzenie<input type="checkbox"/> Inne sporty: <p>Wyżej wymienione aktywności fizyczne podejmujesz:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Kilka razy w roku<input type="checkbox"/> Kilka razy w miesiącu<input type="checkbox"/> Kilka razy w tygodniu<input type="checkbox"/> Codziennie	<h3>1. Bóle odcinka szyjnego kręgosłupa</h3> <p>Czy kiedykolwiek pojawił się ból w odcinku szyjnym kręgosłupa?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p><u>Jeśli TAK, proszę odpowiedzieć na następujące pytania, jeśli NIE przejdź do następnego punktu.</u></p> <p>Zaznacz na skali jak silne są epizody bólowe odcinka szyjnego kręgosłupa:</p> <p>Zaznacz, jak silny ból odcinka szyjnego kręgosłupa odczuwasz teraz?</p> <p>Gdzie występuje ból? – zaznacz na rysunku:</p> <p>Określ, gdzie występuje ból?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Punktowo w jednym miejscu<input type="checkbox"/> Ból promieniuje do:<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Barku<input type="checkbox"/> Łokcia<input type="checkbox"/> Nadgarstka <p>Zaznacz słowa opisujące ból:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Ciągący<input type="checkbox"/> Kłujący<input type="checkbox"/> Promieniujący<input type="checkbox"/> Piekący<input type="checkbox"/> Rwący
<p>Zaznacz, jeśli ból pojawia się lub nasila w następujących sytuacjach:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Spoglądanie za siebie – skręt głowy<input type="checkbox"/> Spoglądanie do góry<input type="checkbox"/> Nagły ruch głową<input type="checkbox"/> Unoszenie kończyn do góry<input type="checkbox"/> Uprawianie sportu<input type="checkbox"/> Inne..... <p>Jak często pojawia się ból:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Kilka razy w roku<input type="checkbox"/> Kilka razy w miesiącu<input type="checkbox"/> Kilka razy w tygodniu<input type="checkbox"/> Codziennie <p>Czy pozycja ciała, którą przyjmujesz podczas pracy zawodowej nasila wyżej opisany ból?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy kiedykolwiek przerwałś pracę zawodową z powodu bólu odcinka szyjnego kręgosłupa?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy uległ Pan urazowi kręgosłupa szyjnego?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy w związku z bólem odcinka szyjnego kręgosłupa podjęte zostało leczenie operacyjne?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak – zabieg endoskopowy<input type="checkbox"/> Tak – zabieg inwazyjny<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy leczenie operacyjne przyniosło pożądany skutek?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy w związku z bólem odcinka szyjnego kręgosłupa podjęto rehabilitację?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak: jakie zabiegi:..... tak długo:.....<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy rehabilitacja przyniosła pożądany skutek?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p>Czy stosowane są leki przeciwbólowe aby ułmiernić ból odcinka szyjnego kręgosłupa:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie	<h3>2. Bóle odcinka lędźwiowego kręgosłupa</h3> <p>Czy kiedykolwiek pojawił się ból w odcinku lędźwiowym kręgosłupa?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tak<input type="checkbox"/> Nie <p><u>Jeśli TAK, proszę odpowiedzieć na następujące pytania, jeśli NIE przejdź do następnego punktu.</u></p> <p>Zaznacz na skali jak silne są epizody bólowe odcinka lędźwiowego kręgosłupa:</p> <p>Jak silny ból odcinka lędźwiowego kręgosłupa odczuwasz teraz?</p> <p>Gdzie występuje ból? – zaznacz na rysunku:</p> <p>Określ, gdzie występuje ból?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Punktowo w jednym miejscu<input type="checkbox"/> Ból promieniuje do:<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Pośladka<input type="checkbox"/> Okolic kolana<input type="checkbox"/> Stopy <p>Zaznacz słowa opisujące ból:</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Ciągący<input type="checkbox"/> Kłujący<input type="checkbox"/> Promieniujący<input type="checkbox"/> Piekący<input type="checkbox"/> Rwący

Czy uważasz, że posiadasz pełną ruchomość w nadgarstku?

- Tak
- Nie

Jak często pojawia się ból:

- Kilka razy w roku
- Kilka razy w miesiącu
- Kilka razy w tygodniu
- Codziennie

Czy pozycja ciała, którą przyjmujesz podczas pracy zawodowej nasila wyżej opisany ból?

- Tak
- Nie

Czy kiedykolwiek przerywałeś pracę zawodową z powodu bólu nadgarstka?

- Tak
- Nie

Czy uległ Pan urazowi nadgarstka?

- Tak
- Nie

Czy w związku z bólem nadgarstka podjęte zostało leczenie operacyjne?

- Tak – zabieg endoskopowy
- Tak – zabieg inwazyjny
- Nie

Czy leczenie operacyjne przyniosło pożądany skutek?

- Tak
- Nie

Czy w związku z bólem nadgarstka podjęto rehabilitację?

- Tak: jakie zabiegi:.....
 tak długo:.....
- Nie

Czy rehabilitacja przyniosła pożądany skutek?

- Tak
- Nie

Czy stosowane są leki przeciwbólowe aby ułmierzyc ból nadgarstka:

- Tak
- Nie

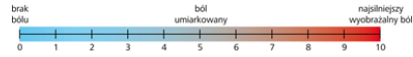
6. Bóle stawu biodrowego

Czy kiedykolwiek pojawił się ból stawu biodrowego?

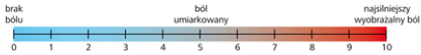
- Tak
- Nie

Jeśli TAK, proszę odpowiedzieć na następujące pytania. Jeśli NIE przejdź do następnego punktu.

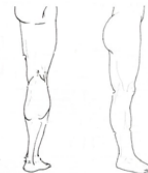
Zaznacz na skali jak silne są epizody bólowe stawu biodrowego:



Jak silny ból stawu biodrowego odczuwasz teraz?



Gdzie występuje ból – zaznacz na rysunku:



Zaznacz słowa opisujące ból:

- Ciągący
- Kłujący
- Promieniujący
- Piekący
- Rwący

Zaznacz, jeśli ból pojawia się lub nasila w następujących sytuacjach:

- Długotrwałe stanie
- Chodzenie
- Siadanie
- Inne.....

Czy uważasz, że posiadasz pełną ruchomość w stawie biodrowym?

- Tak
- Nie

Jak często pojawia się ból:

- Kilka razy w roku
- Kilka razy w miesiącu
- Kilka razy w tygodniu
- Codziennie

Czy pozycja ciała, którą przyjmujesz podczas pracy zawodowej nasila wyżej opisany ból?

- Tak
- Nie

Czy kiedykolwiek przerywałeś pracę zawodową z powodu bólu stawu biodrowego?

- Tak
- Nie

Czy uległ Pan urazowi stawu biodrowego?

- Tak
- Nie

Czy w związku z bólem stawu biodrowego podjęte zostało leczenie operacyjne?

- Tak – zabieg endoskopowy
- Tak – zabieg inwazyjny
- Nie

Czy leczenie operacyjne przyniosło pożądany skutek?

- Tak
- Nie

Czy w związku z bólem stawu biodrowego podjęto rehabilitację?

- Tak: jakie zabiegi:.....
 tak długo:.....
- Nie

Czy rehabilitacja przyniosła pożądany skutek?

- Tak
- Nie

Czy stosowane są leki przeciwbólowe aby ułmierzyc ból stawu biodrowego:

- Tak
- Nie

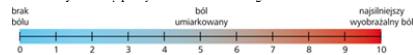
7. Bóle stawu kolanowego

Czy kiedykolwiek pojawił się ból stawu kolanowego?

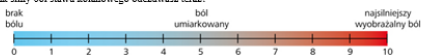
- Tak
- Nie

Jeśli TAK, proszę odpowiedzieć na następujące pytania. Jeśli NIE przejdź do następnego punktu.

Zaznacz na skali jak silne są epizody bólowe stawu kolanowego:



Jak silny ból stawu kolanowego odczuwasz teraz?



Gdzie występuje ból – zaznacz na rysunku:



Zaznacz słowa opisujące ból:

- Ciągący
- Kłujący
- Promieniujący
- Piekący
- Rwący

Zaznacz, jeśli ból pojawia się lub nasila w następujących sytuacjach:

- Długotrwałe stanie
- Chodzenie
- Siadanie
- Inne.....

Czy uważasz, że posiadasz pełną ruchomość w stawie kolanowym?

- Tak
- Nie

Załącznik nr 2–Kwestionariusz Oswestry

Kwestionariusz Revised Oswestry Low Back Pain Disability Scale-wersja polska	
<p>Instrukcja: Niniejszy kwestionariusz został opracowany, aby pomóc nam zrozumieć, jak bardzo dolegliwości bólowe kręgosłupa wpływają na Państwa zdolność wykonywania codziennych czynności. Proszę w każdej sekcji zaznaczyć tylko JEDNĄ ODPOWIEDŹ, która najlepiej określa Państwa funkcjonalność. Zdajemy sobie sprawę, że mogą Państwo uważać, że pasuje więcej niż jedno stwierdzenie, niemniej jednak proszę zaznaczyć tylko jedną opcję, która najlepiej opisuje aktualne dolegliwości.</p>	
<p>Intensywność bólu</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ból jest bardzo słaby, pojawia się i ustępuje. <input type="checkbox"/> Ból jest słaby, o stałym natężeniu. <input type="checkbox"/> Ból jest umiarkowany, pojawia się i ustępuje. <input type="checkbox"/> Ból jest umiarkowany, o stałym natężeniu. <input type="checkbox"/> Ból jest silny, pojawia się i ustępuje. <input type="checkbox"/> Ból jest silny, o stałym natężeniu. 	<p>Pielęgnacja (mycie, ubieranie się itp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Nie muszę zmieniać mojego sposobu mycia lub ubierania się, aby uniknąć bólu. <input type="checkbox"/> Zazwyczaj nie zmieniam mojego sposobu mycia lub ubierania się, mimo iż powoduje to lekki ból. <input type="checkbox"/> Mycie i ubieranie się powoduje zwiększenie bólu, ale daję sobie radę nie zmniejszając sposobu wykonywania tych czynności. <input type="checkbox"/> Mycie i ubieranie się powoduje zwiększenie bólu, co zmusza mnie do zmiany sposobu wykonywania tych czynności. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu nie jestem w stanie wykonać bez pomocy niektórych czynności związanych z myciem i ubieraniem. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu nie jestem w stanie umyć się ani ubrać bez pomocy.
<p>Podnoszenie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mogę podnosić ciężkie przedmioty bez bólu. <input type="checkbox"/> Mogę podnosić ciężkie przedmioty, ale podnoszenie wywołuje ból. <input type="checkbox"/> Ból nie pozwala mi podnosić ciężkich przedmiotów z podłogi. <input type="checkbox"/> Ból nie pozwala mi podnosić ciężkich przedmiotów z podłogi, ale radzę sobie, jeśli są ułożone w dogodny sposób, np. na stole. <input type="checkbox"/> Ból nie pozwala mi podnosić ciężkich przedmiotów, ale mogę podnosić lekkie i niezbyt ciężkie przedmioty, jeśli są ułożone w dogodny sposób. <input type="checkbox"/> Mogę podnosić jedynie bardzo lekkie przedmioty. 	<p>Chodzenie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ból nie powstrzymuje mnie od pokonania żadnego dystansu. <input type="checkbox"/> Ból uniemożliwia mi chodzenie na odległość dłuższą niż 1500 m. <input type="checkbox"/> Ból uniemożliwia mi chodzenie na odległość dłuższą niż 800 m. <input type="checkbox"/> Ból uniemożliwia mi chodzenie na odległość dłuższą niż 400 m. <input type="checkbox"/> Mogę chodzić tylko z pomocą laski lub o kulach. <input type="checkbox"/> Spędzam w łóżku większość czasu i muszę czołgać się do toalety.
<p>Siedzenie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mogę siedzieć na dowolnym krześle tak długo, jak chcę, bez bólu. <input type="checkbox"/> Mogę siedzieć tylko w moim ulubionym krześle tak długo, jak chcę. <input type="checkbox"/> Ból nie pozwala mi siedzieć dłużej, niż jedną godzinę. <input type="checkbox"/> Ból nie pozwala mi siedzieć dłużej, niż pół godziny. <input type="checkbox"/> Ból nie pozwala mi siedzieć dłużej, niż dziesięć minut. <input type="checkbox"/> Ból w ogóle nie pozwala mi siedzieć 	<p>Stanie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mogę stać tak długo, jak chcę, bez bólu <input type="checkbox"/> Odczuwam lekki ból gdy stoję, ale ból ten nie narasta. <input type="checkbox"/> Nie mogę stać dłużej, niż godzinę, bez narastającego bólu. <input type="checkbox"/> Nie mogę stać dłużej, niż pół godziny, bez narastającego bólu. <input type="checkbox"/> Nie mogę stać dłużej, niż dziesięć minut, bez narastającego bólu. <input type="checkbox"/> Unikam stania, ponieważ ból od razu narasta.
<p>Spanie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Leżąc w łóżku nie odczuwam bólu. <input type="checkbox"/> Leżąc w łóżku odczuwam ból, ale nie utrudnia mi on snu. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu przysypiam jedynie ¼ nocy. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu przysypiam jedynie ½ nocy. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu przysypiam jedynie ¾ nocy. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu w ogóle nie śpiam. 	<p>Życie towarzyskie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Moje życie towarzyskie jest normalne i nie przysparza mi bólu kręgosłupa. <input type="checkbox"/> Moje życie towarzyskie jest normalne, ale wzmaga odczuwany ból. <input type="checkbox"/> Ból nie ma znaczącego wpływu na moje życie towarzyskie, ale muszę unikać bardziej wymagających zajęć takich, jak taniec itp. <input type="checkbox"/> Ból ogranicza moje życie towarzyskie i nie wychodzę zbyt często z domu. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu całe moje życie towarzyskie ograniczam do spotkań w domu. <input type="checkbox"/> Z powodu bólu nie prowadzę prawie żadnego życia towarzyskiego.
<p>Podróżowanie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Nie odczuwam bólu podczas podróży. <input type="checkbox"/> Odczuwam pewien ból, gdy podróżuję, ale żadna z moich typowych form podróżowania nie wzmaga bólu. <input type="checkbox"/> Odczuwam dodatkowy ból w trakcie podróży, ale nie zmusza mnie on do szukania innych sposobów podróżowania. <input type="checkbox"/> Odczuwam dodatkowy ból w trakcie podróży, który zmusza mnie on do szukania innych sposobów podróżowania. <input type="checkbox"/> Ból ogranicza wszelkie sposoby podróżowania <input type="checkbox"/> Ból uniemożliwia mi podróżowanie, chyba że podczas podróży mogę leżeć. 	<p>Zmiana natężenia bólu</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Odczuwany przez mnie ból szybko słabnie. <input type="checkbox"/> Odczuwany przeze mnie ból jest zmienny, ale generalnie słabnie. <input type="checkbox"/> Odczuwany przeze mnie ból zdaje się słabnąć, ale obecnie poprawa następuje powoli. <input type="checkbox"/> Odczuwany przeze mnie ból ani nie słabnie, ani nie wzmaga się. <input type="checkbox"/> Odczuwany przeze mnie ból stopniowo się wzmaga. <input type="checkbox"/> Odczuwany przeze mnie ból szybko się wzmaga.

Spis rysunków

Rysunek 1 Schemat sił działających na kręgosłup lędźwiowy[wg.Stotte'a]	14
Rysunek 2 Obciążenie krążka międzykręgowego L5-S1 [wg.Stotte'a] podczas wykonywania skłonu do przodu.	15
Rysunek 3 Wielkość ciśnienia pojawiającego się w krążku międzykręgowym w różnych pozycjach według Nachemsona.....	16
Rysunek 4 Montaż elementów konstrukcyjnych	20
Rysunek 5 Montaż elementów konstrukcyjnych	21
Rysunek 6 Przenoszenie elementów konstrukcyjnych na dziale montażu	22
Rysunek 7 Przykładowy pomiar Indeksu Lordozy Lędźwiowej z badania CT wykonany u pracownika działu montażu.	36
Rysunek 8 Pomiar kąta Whitmana- Fergusona z badania CT wykonany u pracownika działu montażu	37
Rysunek 9 Przykład tomogramu pokazujący schemat pomiaru wysokości krążka międzykręgowego u pracownika działu montażu.....	38
Rysunek 10 Przykład tomogramu pokazujący schemat pomiaru wysokości trzonu kręgowego wykonany u pracownika działu montażu.	38
Rysunek 11 Schemat pomiaru gęstości radiologicznej kości wraz z wyznaczeniem odległości próbek względem kanałurdzenia kręgowego	39
Rysunek 12 Schemat przedstawiający walcowe próbki miejsc pomiaru gęstości radiologicznej.....	40
Rysunek 13 Odwrócony objaw Lasegue'a.....	43
Rysunek 14Dysfunkcja kręgu kręgu lędźwiowego ERS	47
Rysunek 15 Dysfunkcja kręgu lędźwiowego FRS.....	49
Rysunek 16Schemat naklejania elektrod na mięsień prostownik grzbietu oraz wielodzielny	50
Rysunek 17 Surowy sygnał elektromiograficzny.....	52
Rysunek 18 Pole elipsy wyznaczone przez 95% punktów pomiarowych.	53
Rysunek 19 Pomiar ruchomości. 1 - skłon do przodu/tył, 2 - skłon w lewo/prawo, 3 - rotacja w lewo/prawo	53
Rysunek 20 Trójosiowe urządzenie CPG1vo	54
Rysunek 21 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej-przeprost.....	54

Rysunek 22 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej-zginanie	55
Rysunek 23 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej zginanie w lewą stronę	55
Rysunek 24 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej zginanie w prawą stronę	55
Rysunek 25 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie poprzecznej w prawą stronę.....	56
Rysunek 26 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie poprzecznej w lewą stronę	56
Rysunek 27 Zależność pomiędzy grupami wiekowymi a siłą bólu kręgosłupa	60
Rysunek 28 Częstotliwość aktywności fizycznej pracowników poza pracą zawodową	61
Rysunek 29 Porównanie stażu pracy, z bólem odcinka szyjnego	62
Rysunek 30 Porównanie stażu pracy, z bólem odcinka lędźwiowego	63
Rysunek 31 Długość drogi przed i po terapii przy pomiarze obunóż z oczami otwartymi.....	75
Rysunek 32 Długość drogi przed i po terapii przy pomiarze obunóż z oczami zamkniętymi	76
Rysunek 33 Porównanie parametru długości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej prawej	77
Rysunek 34 Porównanie parametru długości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej lewej	77
Rysunek 35 Średnia prędkość podczas próby obunóż z oczami otwartymi	78
Rysunek 36 Średnia prędkość ścieżki podczas próby obunóż z oczami zamkniętymi	79
Rysunek 37 Porównanie parametru prędkości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej prawej	79
Rysunek 38 Porównanie parametru prędkości ścieżki przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej lewej	80

Rysunek 39 Pole elipsy przed i po terapii przy pomiarze obunóż z oczami otwarte (lewy wykres) oraz z oczami zamkniętymi (prawy wykres).....	80
Rysunek 40 Porównanie parametru pole elipsy przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej prawej	81
Rysunek 41 Porównanie parametru pole elipsy przy oczach otwartych (lewy wykres) oraz przy oczach zamkniętych (prawy wykres) dla kończyny dolnej lewej	81
Rysunek 42 Czynność mioelektryczna prostownika grzbietu lewego przed i po terapią	82
Rysunek 43 Korelacja czynności bioelektrycznej mięśnia wielodzielnego prawego z Indekssem Lordozy Lędźwiowej.....	83

Spis wykresów

Wykres 1 Ruchomość kręgosłupa według Lewandowskiego.....	17
Wykres 2 Lokalizacja dolegliwości bólowych w grupie badawczej	59
Wykres 3 Indeks Lordozy Lędźwiowej ILL u badanych pacjentów	64
Wykres 4 Wartość kąta Whitmana – Fergusona u badanych pracowników	65
Wykres 5 Tylne wysokości krążków międzykręgowych w funkcji numeru krążka. 66	
Wykres 6 Przednie wysokości krążków międzykręgowych w funkcji numeru krążka	67
Wykres 7 Tylne wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu	68
Wykres 8 Przednie wysokości trzonów kręgowych w funkcji numeru kręgu	69
Wykres 9 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 1	70
Wykres 10 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 2	70
Wykres 11 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 3	71
Wykres 12 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 4	72
Wykres 13 Porównanie przednich i tylnych wys. kręgów odcinka lędźwiowego kręgosłupa u pacjenta nr 5	72
Wykres 14 Względny Współczynnik Wysokości w funkcji numeru kręgu	73

Wykres 15 Ruchomości odcinka lędźwiowego w płaszczyźnie strzałkowej	84
Wykres 16 Ruchomość odcinka lędźwiowego kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej	85
Wykres 17 Rotacja kręgosłupa w odcinku lędźwiowym	86

Spis tabel

Tabela 1 Charakterystyka materiału badawczego	31
Tabela 2 Charakterystyka grupy pilotażowej	32
Tabela 3 Badanie neurologiczne odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa.....	41