

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

---

mgr Magdalena Jabłońska

**Rozprawa doktorska**

**Biomechaniczna ocena terapii wg metody McKenziego u osób z  
dyskopatią lędźwiową pracujących w pozycji siedzącej**



Promotor:

prof. AWF dr hab. Małgorzata Ogurkowska

---

Poznań 2021

*Kiedy myślimy z wdzięcznością o zmarłych, dziękujemy Bogu, że przez tych, co odeszli, tyle nieraz otrzymaliśmy dobrego” (ks. Jan Twardowski)*

Niniejszą pracę pragnę dedykować mojemu zmarłemu Kochanemu Dziadkowi Wojtkowi, który był nieocenionym przyjacielem, największym autorytetem i nauczycielem życia.

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania mojej Mamie i Babci  
za motywację i nigdy niegasnącą wiarę we mnie  
na całej drodze edukacji.

Dziękuję Mężowi za cierpliwość, wyrozumiałość i wsparcie.  
Synkowi za bezgraniczną miłość.

Chciałabym wyrazić głęboką wdzięczność Pani Profesor Małgorzacie Ogurkowskiej za opiekę  
promotorską, za pomoc udzieloną w trakcie przygotowywania publikacji naukowych oraz za  
motywację do krytycznego analizowania problematyki badawczej. Pragnę również podziękować  
za wyrozumiałość w trudniejszym okresie mojego życia.

Szczególne wyrazy wdzięczności składam pracownikom Zakładu Biomechaniki za pomoc w  
planowaniu eksperymentu naukowego, od koncepcji aż po jego realizację.

## Spis treści

1.	Autoreferat	1
1.1.	Wstęp	3
1.2.	Cel	7
1.3.	Materiał i metody	9
1.3.1.	Materiał badawczy	9
1.3.2.	Metody badawcze	12
1.4.	Wyniki badań	19
1.5.	Wnioski	31
2.	Streszczenie / Abstract	33
3.	Aktywność naukowa i zawodowa Doktorantki	35
4.	Spis bibliografii	38
5.	Załączniki	41

## Lista skrótów używanych w tekście:

ZBK	- zespół bólowy kręgosłupa
LBP	- ból dolnej części pleców
PHE	- test wyprostu w stawie biodrowym
BST	- test Biering- Sorensena
sEMG	- elektromiografia powierzchniowa
ES	- mięsień prostownik grzbietu
GM	- mięsień pośladkowy wielki
BF	- mięsień dwugłowy uda
BMI	- wskaźnik masy ciała
MDT McKenzie	- Mechaniczne Diagnozowanie i Terapia McKenziego
VAS	- wzrokowo- analogowa skala bólu
SD	- odchylenie standardowe
CT	- tomografia komputerowa
MF	- średnia częstotliwość
RES	- prawy mięsień prostownik grzbietu
LES	- lewy mięsień prostownik grzbietu
NMFs	- współczynnik nachylenia prostej regresji
MFi	- częstotliwość początkowa
MFe	- częstotliwość końcowa

# 1. AUTOREFERAT

Rozprawę doktorską oparto o cykl publikacji pod wspólnym tytułem: „Biomechaniczna ocena terapii wg metody McKenziego u osób z dyskopatią lędźwiową pracujących w pozycji siedzącej”. W skład dysertacji wchodzi trzy opublikowane artykuły, przygotowane na podstawie wyników badań dofinansowanych z dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego - „Rozwój Młodych Pracowników Nauki”. W pierwszej publikacji przedstawiono wyniki badań wstępnych projektu, które miały na celu dokonanie oceny występowania dolegliwości bólowych kręgosłupa wśród pracowników biurowych. Pozostałe dwie stanowią właściwą część eksperymentu badawczego oceniającego wybraną terapię leczniczą.

## Publikacja nr 1.

M. Zygmąńska, A. Błaszczuk, K. Wegner, W. Samborski, M. Ogurkowska *Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work*. Fizjoterapia Polska 2018; 18(1): 62-73  
*punktacja MNiSW – 10 pkt*

## Publikacja nr 2.

M. Jabłońska, A. Fryzowicz, M.B. Ogurkowska *Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method*. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2020; 22(3):23-31; DOI: 10.37190/ABB-01578-2020-03  
*Impact Factor – 1.073, punktacja MNiSW – 100 pkt*

## Publikacja nr 3.

M. Jabłońska, J. Mączyński, A. Fryzowicz, M.B. Ogurkowska *Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment*. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021; 23(3):87-96; DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03  
*Impact Factor – 1.073, punktacja MNiSW – 100 pkt*

### Prace opublikowane poza cyklem:

- Podgórski T., Nowak A., Domaszewska K., Mączyński J, Jabłońska M., Janowski J, Ogurkowska M. *Muscle strength and inflammatory response to the training load in rowers*. Peer J. 2020, 16(8):e10355 *IF=2,38, punktacja MNiSW – 100 pkt*
- Błaszczyk A., Zygmąńska- Jabłońska M., Wegner- Czerniak K., Ogurkowska M. *Evaluating Progressive Overload Changes of the Musculoskeletal System in Automobile Industry Workers*. Pol. J. Environ. Stud. 2020, 29(4):2579–2586  
*IF= 1,120, punktacja MNiSW – 40 pkt*
- Wegner K., Błaszczyk A., Zygmąńska M., Ogurkowska M.B.: *Ocena zmian przeciążeniowych kręgosłupa u pracowników przemysłu motoryzacyjnego*. Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, 2017, 3(35):93-103  
*punktacja MNiSW – 9 pkt*
- Ogurkowska M., Kawałek K., Zygmąńska M.: *Biomechanical characteristics of rowing*. Trends in Sport Sciences, 2015, 22(2):61-69, *punktacja MNiSW – 9 pkt*
- Michalak E., Zygmąńska M.: *Ocena tolerancji wysiłkowej mężczyzn w starszym wieku uprawiających Nordic Walking*. Postępy Rehabilitacji, 2015, 29(3):29-34  
*punktacja MNiSW – 9 pkt*

## 1.1 Wstęp

Bóle kręgosłupa to współcześnie poważny problem społeczny i ekonomiczny. Według Światowej Organizacji Zdrowia dotyczą one na różnych etapach życia 80% populacji i są najczęstszą przyczyną niesprawności u dorosłych osób. Dane epidemiologiczne mówią, że 42-75% osób, które doświadczyły pierwszego epizodu bólu dolnego odcinka kręgosłupa doznaje nawrotów (Airaksinen i wsp. 2006). Wyróżnia się trzy główne klasy czynników ryzyka pojawienia się zespołu bólowego kręgosłupa (zbk):

- indywidualne i związane ze stylem życia,
- fizyczne i biomechaniczne oraz
- psychospołeczne (Rubin 2007)

Wykonywanie niektórych czynności dnia codziennego (tj. siedzenie, pochylanie i skręcanie tułowia) przyczynia się do powstania epizodu zbk, a także do progresji objawów chorobowych (Rubin 2007). Z różnych doniesień naukowych wynika, że zaostrzenie się dolegliwości bólowych ma ścisły związek ze zgięciem odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Natomiast łagodzenie objawów pacjenci zgłaszali podczas chodzenia, aktywności fizycznej wymuszającej przyjęcie pozycji przeprostu (McKenzie i May 2011, Wiecheć i wsp. 2015, Curyło i wsp. 2017). Przekraczanie wytrzymałości fizycznej lub wydolności czynnościowej mięśni, kości i stawów (Ogurkowska 2007) prowadzi do powstawania zmian o charakterze przeciążeniowym.

Dostępne badania wskazują, że główną przyczyną powstających nieprawidłowości i bólu okolicy lędźwiowo-krzyżowej są zmiany w układzie mięśniowym, które polegają przede wszystkim na zaburzeniu równowagi antagonistów i agonistów czy aktywacji mięśniowej, które prowadzą do zmian stabilności kręgosłupa (Mahato 2017, Ferrari 2015). Zadaniem układu mięśniowego jest bowiem kontrola ruchu i stabilizacja struktur kręgosłupowych, a tym samym ochrona przed nadmiernymi obciążeniami podczas czynności ruchowych. Mięśnie chronią

kręgosłup przed uszkodzeniem, jednak w wyniku długotrwałego przeciążenia stają się niewydolne, a obciążenia zostają przenoszone na bierny układ stabilizacyjny (więzadła, torebki stawów międzykręgowych). Jeśli przeciążający ruch będzie dalej powtarzany, to doprowadzi to do uszkodzenia krążka międzykręgowego i zmian morfologicznych w trzonach kręgowych (Ogurkowska i Kawalek 2016).

Do przeciążania kręgosłupa może dochodzić w trakcie wykonywania aktywności dnia codziennego, pracy zawodowej, a także wyczynowego uprawiania sportu (Ogurkowska i Kawalek 2016). Aktualne badania ukazują problem zespołów bólowych kręgosłupa nie tylko w grupie pracowników fizycznych ale również wśród pracowników umysłowych, pracujących przy stanowiskach komputerowych (McKenzie i May 2011, Wiecheć i wsp. 2015, Curyło i wsp. 2017), które wymuszają pozycję siedzącą przez kilka godzin dziennie. Dowiedziono, że sama pozycja nie powoduje przeciążeń w obrębie odcinka lędźwiowego kręgosłupa lecz przebywanie w pozycjach niewygodnych przez ponad pół dnia pracy (Vogt i wsp. 2003). Powstające zaburzenia mięśniowo-szkieletowe dolnego odcinka kręgosłupa stają się przyczyną przewlekłej niepełnosprawności szczególnie w produktywnym, środkowym okresie życia człowieka (McKenzie i May 2011).

O'Sullivan i wsp. (2006) określili zależność pomiędzy postawą ciała, wytrzymałością mięśniową i dolegliwościami bólowymi u pracowników przemysłowych skarżących się na ból krzyża związany ze zgięciem odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Postawy pasywne (slump sitting) prowadzą do powstania dysfunkcji mięśni stabilizujących kręgosłup. Następuje zmniejszenie ich wydolności a w konsekwencji zwiększenie przodopochylenia miednicy. Takie ustawienie kręgosłupa może prowadzić do eskalacji obciążeń na układ biernych stabilizatorów i zmniejszenia aktywności czynnych stabilizatorów kręgosłupa. Tego typu zmiany narządu ruchu są przyczyną dolegliwości bólowych, które skutkują zaburzeniem ruchowym a w efekcie utrwalaniem niewłaściwego wzorca ruchu. Dlatego zaleca się unikanie długotrwałych

pozycji statycznych czy nieprawidłowo wykonywanych i powtarzanych aktywności ruchowych (O'Sullivan i wsp. 2006). Badania wskazują na to, że pojawiające się dolegliwości ze strony dolnego odcinka kręgosłupa są związane z nierównowagą mięśniową oraz zmianą wzorca aktywacji mięśni lędźwiowo-miedniczych podczas wykonywania różnych zadań.

Ocena zaburzeń czynnościowych układu mięśniowo-szkieletowego wykonywana jest za pomocą testów klinicznych. Jednym z nich jest Prone Hip Extension Test (PHE, in. Test Jandy), który wykorzystuje się do pomiaru schematów ruchowych w obszarze lędźwiowo-miednicznym. Test polega na unoszeniu wyprostowanej w stawie kolanowym kończyny dolnej w pozycji leżenia przodem. Janda jako pierwszy określił dysfunkcję rekrutacji mięśni jako patologię. Odnotowano, podczas w/w testu, brak równowagi mięśniowej oraz zmienioną rekrutacją mięśni lędźwiowo - miednicznych u osób z bólem pleców (Janda 1983). Zakłada się, że zmiana aktywacji mięśniowej okolicy lędźwiowo-krzyżowej przyczynia się do destrukcyjnego oddziaływania na układ stabilizatorów. Badania dowodzą, że u osób z dolegliwościami bólowymi pleców mięśnie kręgosłupa lędźwiowego aktywują się zbyt szybko w porównaniu z osobami zdrowymi (Vogt i wsp. 2003).

Do oceny wytrzymałości mięśni pleców można zastosować test Bieringa - Sorensena (Biering- Sorensen Test, BST). Wykorzystywany jest on również jako narzędzie do oceny przewidywania ryzyka pojawienia się bólu odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Określa się w nim maksymalny czas utrzymania pozycji, w której mięśnie grzbietu pracują izometrycznie. Aktywują się również mięśnie obręczy biodrowej tj. mięsień dwugłowy uda czy mięsień pośladkowy wielki (Kankaanpää et al., 98). W badaniach Bieringa – Sorensena zauważono, że im był krótszy czas trwania testu tym częściej pojawiał się ból odcinka lędźwiowego (Biering-Sorensen, 1984). BST wykorzystywany jest szczególnie przed i po rehabilitacji (Demoulin et al., 2006). Osoby bez objawów bólowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa utrzymywały

wyznaczoną pozycję ciała dłużej niż grupa osób z LBP (Latimer et al., 1999; Coorevits et al., 2008).

W związku z tym, że LBP jest silnie skorelowane ze stanem gorsetu mięśniowego tułowia, istnieje potrzeba przywrócenia mięśniom pełnej sprawności i wydolności. Jednym ze sposobów walki z przewlekłym bólem pleców jest metoda McKenziego, która przewyższa skutecznością inne przeciwbólowe interwencje rehabilitacyjne. Metoda McKenziego to mechaniczne diagnozowanie i terapia zespołów bólowych kręgosłupa i kończyn w oparciu o znajomość wzorców bólowych oraz analizę zachowania się objawów, w badaniu podmiotowym i przedmiotowym. Mechaniczne diagnozowanie polega na ocenie reakcji symptomatycznych pod wpływem powtarzanych ruchów. Istotą procesu diagnostyczno-terapeutycznego jest zjawisko centralizacji lub peryferyzacji objawów bólowych, które wskazuje na dalsze rokowanie (Lam i wsp. 2018). Określana jest preferencja kierunkowa ruchu tułowia, dzięki której dobiera się konkretne ćwiczenie dla badanego. Celem jest poprawa lub całkowite usunięcie bólu.

Badanie oceniające skuteczność metody McKenziego przeprowadzone zostało przez Longa i wsp. (2004). Wykazano, że u 95% osób, które wykonywały ćwiczenia zgodne z preferencją kierunkową, dolegliwości bólowe ulegały poprawie. Natomiast poruszanie tułowia w kierunku przeciwnym wiązało się ze zmniejszeniem ich odczuwania jedynie u 23% osób. Należy w tym miejscu podkreślić, iż w dostępnej literaturze skuteczność zastosowania metody McKenziego wśród pacjentów z dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowego kręgosłupa, bada się wykorzystując tylko metody, które poprzez wybranie odpowiedniej skali bólu lub opracowanie kwestionariusza, oceniają w sposób subiektywny poziom odczuwanej niepełnosprawności (Clare i wsp. 2004).

W związku z powyższym, istotne jest aby w przyszłych badaniach naukowych pojawiały się rzetelne metody badawcze, za pomocą których dokona się kompleksowej, obiektywnej oceny efektów terapii według McKenziego.

## **1.2. Cel badań**

Głównym celem pracy była biomechaniczna ocena terapii wg metody McKenziego, przeprowadzonej u osób z dyskopatią lędźwiową pracujących w pozycji siedzącej.

Sformułowano następujące cele szczegółowe:

- Ocena poziomu nasilenia, częstotliwości i lokalizacji dolegliwości bólowych kręgosłupa przeprowadzonych u osób pracujących w pozycji siedzącej (publikacja 1)
- Badanie zależności pomiędzy stażem pracy biurowej i liczbą godzin przebywania w pozycji siedzącej a poziomem dolegliwości bólowych kręgosłupa (publikacja 1)
- Ocena wyników krótkotrwałej terapii wg metody McKenziego, poprzez badanie zmian rekrutacji mięśni ES, GM i BF oraz ustalenie poziomu bólu podczas testu Prone Hip Extension (PHE) (publikacja 2)
- Ocena wyników krótkotrwałej terapii wg metody McKenziego, poprzez pomiar czasu wykonania testu Bieringa - Sorensena oraz ustalenie poziomu odczuwanego bólu (publikacja 3)
- Badanie związku pomiędzy parametrami elektromiograficznymi opisującymi zmęczenie mięśni ES, GM i BF a czasem trwania testu Bieringa – Sorensena (publikacja 3)

- Badanie związku pomiędzy parametrami elektromiograficznymi opisującymi zmęczenie mięśni ES, GM i BF podczas testu Bieringa - Sorensena a poziomem odczuwanego bólu w obszarze odcinka lędźwiowego kręgosłupa (publikacja 3)
- Badanie związku pomiędzy parametrami elektromiograficznymi opisującymi zmęczenie mięśni ES, GM i BF a wybranymi cechami antropometrycznymi u osób z dyskopatią lędźwiową (publikacja 3)
- Ocena występowania asymetrii w obszarze mięśni ES, GM i BF, które uległy zmęczeniu podczas testu Bieringa - Sorensena (publikacja 3)

### **Hipotezy badawcze:**

- I. Poziom nasilenia, częstotliwość oraz lokalizacja dolegliwości bólowych u osób pracujących w pozycji siedzącej są zróżnicowane płciowo.
- II. Staż pracy oraz liczba godzin spędzonych przy stanowisku komputerowym przyczyniają się do występowania zmian przeciążeniowych w obszarze lędźwiowego odcinka kręgosłupa
- III. Krótkotrwała terapia McKenziego wpływa na poprawę rekrutacji mięśni ES, GM i BF podczas testu Prone Hip Extension.
- IV. Krótkotrwała terapia McKenziego wpływa na wydłużenie czasu trwania testu Bieringa – Sorensena.
- V. Krótkotrwała terapia McKenziego wpływa na zmniejszenie poziomu bólu odcinka lędźwiowego kręgosłupa.
- VI. U osób poddanych terapii McKenziego, nie zauważa się istotnego związku pomiędzy subiektywną oceną bólu a wynikami pomiarów elektromiograficznych opisujących zmęczenie mięśni podczas testu Bieringa – Sorensena.

- VII. U osób poddanych terapii McKenziego, nie zauważa się istotnego związku pomiędzy czasem trwania testu Bieringa – Sorensena a wynikami pomiarów elektromiograficznych opisujących zmęczenie mięśni.
- VIII. U osób z dyskopatią lędźwiową, wzrost masy ciała, wysokości oraz BMI wpływa na zwiększenie się zmęczenia mięśni ES, GM i BF, podczas testu Bieringa – Sorensena.
- IX. U osób z przewlekłym zespołem bólowym odcinka lędźwiowego kręgosłupa poddanych terapii McKenziego, zauważa się zmniejszanie poziomu asymetrii w obszarze mięśni ES, GM i BF, które uległy zmęczeniu podczas testu Bieringa – Sorensena.

### **1.3. Materiał i metody badawcze**

#### **1.3.1. Materiał badawczy**

Uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (KB- 570/14) na przeprowadzenie badań. Wszystkie procedury badawcze zostały opracowane zgodnie z Deklaracją Helsińską. Zapoznano uczestników z przebiegiem eksperymentu oraz poinformowano o możliwości zrezygnowania z udziału w dalszych badaniach, na każdym etapie, bez konieczności podawania przyczyn. Osoby biorące udział w badaniach poświadczyły formularz świadomej zgody na badania naukowe, własnoręcznym podpisem.

## *Publikacja 1*

*Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work. Fizjoterapia Polska 2018; 18(1):62-73*

Materiał badawczy stanowiły 62 osoby czynne zawodowo: kobiety (n=29) w wieku  $35,4 \pm 7,26$  lat (wysokości ciała  $168,3 \pm 5,75$  cm, masa ciała  $64,8 \pm 11,8$  kg, BMI  $22,8 \pm 3,9$  kg/m<sup>2</sup>) ze stażem pracy o siedzącym charakterze  $7,6 \pm 6,1$  lat oraz mężczyźni (n=33) w wieku  $37,1 \pm 9,41$  lat (wysokości ciała  $180 \pm 6,65$  cm, masa ciała  $80,8 \pm 9,36$  kg, BMI  $24,9 \pm 2,77$  kg/m<sup>2</sup>) ze stażem pracy o siedzącym charakterze  $8,1 \pm 6,3$  lat. Wszyscy pracownicy wykonywali obowiązki zawodowe w pozycji siedzącej, wykonując sporadycznie skręty i pochylenie tułowia do przodu.

Przeprowadzone badania ankietowe oraz wstępna kwalifikacja respondentów wykorzystująca protokół odcinka lędźwiowego kręgosłupa według metody McKenziego pozwoliła stworzyć grupę osób, którą zakwalifikowano do dalszych badań.

Kryteria włączenia do eksperymentu to obecność charakterystycznych cech zespołu zaburzeń strukturalnych (derangement). Są to m.in.: ból wywołany przez zaburzenie wzajemnego układu struktur w segmencie ruchowym (np. przemieszczenie jądra miażdżystego prowadzące do uszkodzenia pierścienia włóknistego, a nawet ucisku na struktury nerwowe); zjawisko centralizacji i peryferyzacji oraz preferencji kierunkowej (Lam et al., 2018). Ustalono kryteria wykluczające: historia operacji kręgosłupa lędźwiowego, zdiagnozowany kręgoszyk, historia bólu stawu biodrowego, kolanowego i skokowego, płeć żeńska.

### *Publikacja 2*

*Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2020; 22(3):23-31, DOI: 10.37190/ABB-01578-2020-03*

W badaniu uczestniczyło 17 mężczyzn (średnia wieku 41.2 lat, odchylenie standardowe (SD) 6.89, średnia body mass index 27.39 kg/m<sup>2</sup>, SD 3.86, średnia masa ciała 87.9 kg, SD 11.7, średnia wysokość 178.9 cm, SD 5.9) z przewlekłym niespecyficznym zespołem bólowym części lędźwiowo-krzyżowej kręgosłupa, pracujących w pozycji siedzącej przed komputerem (średni staż pracy 13.3 lat, SD 6.59).

### *Publikacja 3*

*Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021; 23(3):87-96, DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03*

W projekcie wzięło udział 19 mężczyzn (średnia wieku 41.4, SD 6.55, średnia BMI 27.16, SD 3.81) z przewlekłym niespecyficznym zespołem bólowym części lędźwiowo-krzyżowej kręgosłupa, pracujących w pozycji siedzącej przed komputerem (średni staż pracy 13.53, SD 6.19).

### 1.3.2. Metody badawcze

#### *Publikacja 1*

*Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work. Fizjoterapia Polska 2018; 18(1):62-73*

Przeprowadzono badania ankietowe w miejscu pracy respondentów.

- *Autorska ankieta*

W pracy zastosowano autorską ankietę, która opierała się na karcie badania podmiotowego metody MDT McKenzie. Ankieta składała się z 38 pytań dotyczących dolegliwości bólowych kręgosłupa. Zastosowano pytania wieloalternatywne, zamknięte, zamknięte z wyskalowaną odpowiedzią oraz pytania otwarte. Ankietę przeprowadzono w miejscu pracy respondentów. Dokonano podziału ankiety na trzy części: pierwsza dotyczyła danych antropometrycznych, druga - dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego, natomiast ostatnia - odcinka szyjnego kręgosłupa oraz współwystępowania bólu z odcinkiem lędźwiowym. W ankiecie wykorzystano:

- *Skala VAS (ang. Visual Analogue Scale)*

Skalę wzrokowo-analogową (McCormack i wsp. 1988) wykorzystano w celu określenia nasilenia dolegliwości bólowych pacjenta. Pacjentowi poleca się określić intensywność bólu na skali wyrysowanej na kartce.

- *Kwestionariusz Rolanda Morrisa*

Roland Morris Disability Questionnaire (Roland i Fairbank 2000) został wykorzystany w celu oceny wpływu bólu odcinka kręgosłupa lędźwiowego na funkcjonowanie w życiu codziennym respondentów.

## Publikacja 2

*Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2020; 22(3):23-31, DOI: 10.37190/ABB-01578-2020-03*

### **Uczestnicy projektu otrzymali od lekarza ortopedy skierowanie na badanie Tomografii Komputerowej odcinka lędźwiowego kręgosłupa.**

- *Badania Tomografii Komputerowej (ang. CT - computed tomography)*

Badania przeprowadzono w Pracowni Diagnostyki Obrazowej TOMMA, przy ulicy Starołęckiej 42 w Poznaniu. Opisy zdjęć CT kręgosłupa lędźwiowego zostały wykonane przez lekarza radiologa.

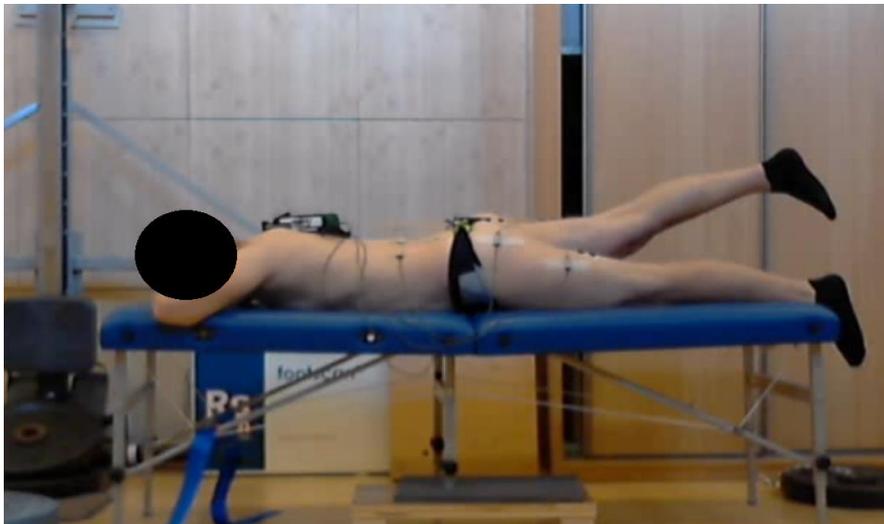
### **Główny eksperyment wykonano w laboratorium biomechaniczno - kinezyologicznym Zakładu Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.**

- *Metoda McKenziego (ang. MDT - mechanical diagnosis and therapy)*

Zgodnie z zasadami metody McKenziego przeprowadzono diagnostykę i terapię obejmującą odcinek lędźwiowy kręgosłupa (May 2006, Hefford 2008). Wykorzystano kartę badania, pozwalającą zaklasyfikować pacjentów do określonego klinicznego zespołu bólowego kręgosłupa. Podczas badań korzystano z procedur mechanicznych (statycznych i dynamicznych) zgodnie z zasadą progresji siły. Terapia polegała na wykonywaniu określonego ruchu tułowiem w trakcie którego dochodziło do centralizacji lub eliminacji objawów. Zabieg terapeutyczny wykonano w 4 seriach, po 10 - 15 powtórzeń.

- *Test wyprostu w stawie biodrowym, in. Test Jandy (ang. PHE test- Prone Hip Extension Test)*

Test PHE (Janda 1983) wykorzystano jako narzędzie do oceny skuteczności krótkotrwałej terapii według metody McKenziego. Pacjent, na polecenie badającego, wykonywał w pozycji leżenia przodem, wyprost (ok. 20-30 stopni) kończyny dolnej w stawie biodrowym (Ryc. 1). Utrzymywał ją w tej pozycji przez trzy sekundy, po czym opuszczał z powrotem na kozetkę. Wykonano pięć prób testu PHE z jednoczesnym analizowaniem sygnału elektromiograficznego. Mierzono kolejność i czas aktywacji mięśni.



Ryc. 1. Ilustracja przedstawiająca stanowisko badawcze w teście Jandy.

- *Badania elektromiograficzne (ang. sEMG - surface electromyography)*

Pomiar sEMG wykonano za pomocą 16-kanalowego telemetrycznego systemu sEMG typu TeleMyo 2400T G2 (Noraxon, USA). Analizowano rekrutację wybranych 4 mięśni okolicy lędźwiowo-miedniczej (lewy i prawy mięsień prostownik grzbietu, prawy mięsień pośladkowy wielki i prawy mięsień dwugłowy uda) podczas testu PHE. Zgodnie z zaleceniami SENIAM równoległe do przebiegu włókien mięśniowych umieszczono jednorazowe,

samoprzylepne elektrody Ag/AgCl (SORIMEX, Poland, 1 cm diameter) (Cram i wsp. 1998). Przetwarzanie sygnału przeprowadzono za pomocą oprogramowania MyoResearch XP Master Edition (Noraxon, USA).

- *Autoterapia*

Badani otrzymali instruktaż z harmonogramem przeprowadzania autoterapii przez 7 dni. Zalecano wykonywanie procedury statycznej i dynamicznej cyklicznie, co 2 lub 3 godziny, przerywając pracę/pozycję siedzącą na kilka minut. Poza tym, w przypadku pojawiania się dolegliwości bólowych - stosowanie autoterapii doraźnie.

- *Skala VAS (ang. Visual Analogue Scale)*

Na każdym etapie badań wykorzystano skalę wizualno-analogową VAS (McCormack i wsp. 1988). Skala VAS to wizualno - analogowa skala służąca do określenia intensywności doznań bólowych, gdzie brak bólu oznacza 0 punktów, a ból najsilniejszy - 10 punktów.

- *Analiza statystyczna*

Analizę statystyczną wyników badań wykonano przy pomocy pakietu statystycznego STATISTICA 10 (StatSoft Inc.). Wyniki zmiennych ilościowych użytych w pracy przedstawiono za pomocą średnich, odchylenia standardowego (SD), natomiast zmienne jakościowe przedstawiono za pomocą procentu i licznosci. Zbadano normalność rozkładu, ocenę zgodności przeprowadzono testem Shapiro- Wilka. Jako krytyczny poziom istotności przyjęto  $p=0.05$ . Analizę istotności różnic pomiędzy dwoma badaniami w czasie, przeprowadzono za pomocą testu Wilcoxon z wykorzystaniem procentowego testu znaków.

Korelacje pomiędzy skalą bólu a sekwencją aktywacji mięśni przeprowadzono za pomocą nieparametrycznego testu korelacji rang Spearmana.

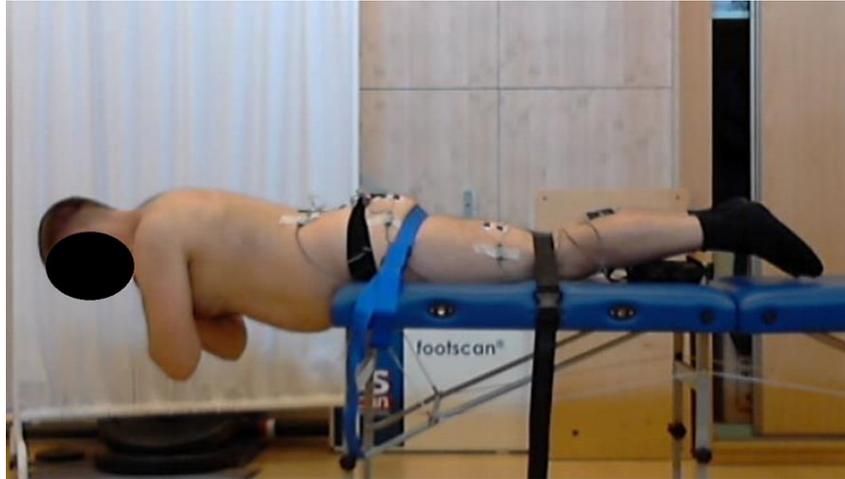
### *Publikacja 3*

*Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021; 23(3):87-96, DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03*

**Eksperyment wykonano w laboratorium biomechaniczno - kinezyologicznym Zakładu Biomechaniki Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu.**

- *Test Bieringa - Sorensena*

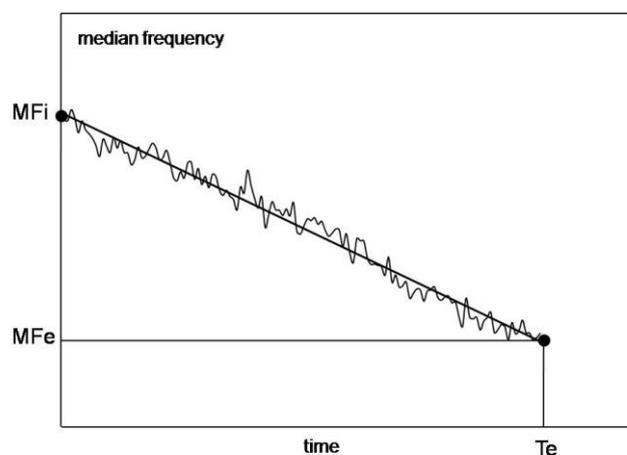
Biering - Sorensen Test został wykorzystany do oceny wytrzymałości mięśni grzbietu. Określa się w nim maksymalny czas utrzymania pozycji, w której mięśnie pracują izometrycznie (Biering- Sorensen 1984). Uczestnicy przyjmowali określoną pozycję, w której ich kolce biodrowe przednie górne były wyrównane z krawędzią kozetki. Zastosowano dwa pasy stabilizujące, jeden w okolicy miednicy a drugi w okolicy stawów kolanowych. Początkowo badani podpierali swój tułów na kończynach górnych opartych o podłoże. Test rozpoczął się od złożenia ramion skrzyżnie na klatce piersiowej i utrzymywania tułowia w neutralnym położeniu poprzez skurcz izometryczny prostowników kręgosłupa (Ryc. 2). Pozycja głowy stanowiła przedłużenie linii tułowia. Mierzono czas utrzymania pozycji horyzontalnej (Biering-Sorensen, 1984). Rozpoczęcie testu poprzedzała komenda słowna badacza, natomiast zakończenie testu nastąpiło według uznania uczestnika lub w chwili, gdy pozycja tułowia uległa obniżeniu. Stosowano ustandaryzowaną zachętę słowną motywującą do jak najdłuższego utrzymania pozycji.



Ryc. 2. Ilustracja przedstawiająca stanowisko badawcze w teście Bieringa - Sorensena.

- *Badania elektromiograficzne (ang. sEMG - surface electromyography)*

Procedurę przeprowadzono zgodnie z zaleceniami SENIAM. Samoprzylepne elektrody były przyklejane w następujący sposób: dla ES - obustronnie 2 cm od wyrostków kolczystych okolicy kręgu L3, dla GM - na środku linii łączącej S2 z krętarzem większym, dla BF - bocznie na środku linii pomiędzy fałdem pośladkowym a dołem podkolanowym (Cram, Kasman&Holtz, 1998). Następnie przeprowadzono test Bieringa - Sorensena z jednoczesnym pomiarem elektromiograficznym wymienionych mięśni za pomocą 16-kanalowego telemetrycznego systemu EMG typu TeleMyo 2400T G2 (Noraxon, USA).



Ryc. 3. Zależność mediany częstotliwości od czasu.

Zastosowano analizę median częstotliwości (MF median frequencies) sygnałów elektromiograficznych jako technikę badania wytrzymałości mięśni (Lu et al., 2001). Należy nadmienić, że mediana częstotliwości (MF) sygnału EMG jest wiarygodnym parametrem służącym do oceny zmęczenia mięśni przykręgosłupowych (Coorevits et al., 2008, Rose - Dulcina et al. 2019). Zależność MF od czasu (ryc.3) uzyskiwana jest poprzez zastosowanie transformaty Fouriera do czasowego przebiegu sygnału EMG. Zależność MF od czasu można aproksymować regresją liniową:

$$MF(t) = MF_{slope} \times t + MF_i$$

gdzie:  $MF_{slope}$  [Hz/s] jest współczynnikiem nachylenia prostej regresji,

$MF_i$  [Hz] to częstotliwość początkowa,  $MF_i = MF(0)$ ,

$MF_e$  [Hz] to częstotliwość końcowa,  $MF_e = MF(T_e)$ ,

$T_e$  [s] to czas trwania testu Biering- Sorensena.

Dodatkowo określono występowanie asymetrycznych wzorców aktywności skurczowej mięśni (Lu et al., 2001), według formuły:

$$\Delta X = |X_R - X_L|$$

gdzie:  $X_R$ ,  $X_L$  to wielkości (parametry) lewego i prawego mięśnia.

- *Analiza statystyczna*

Do analizy statystycznej zastosowano program Statistica (wersja 13.3). Ocena normalności rozkładu zmiennych wykonano testem Shapiro – Wilka. Wyniki z 3 terminów badań poddano analizie ANOVA. Test F Snedecora oraz test Levene użyto do analizy /oraz

weryfikacji jednorodności wariancji. Istotność statystyczną różnic między średnimi wyznaczonych wielkości (parametrów) w 3 terminach badano testem post hoc Tukeya.

Poniższe badania zostały wykonane w sposób analogiczny jak opisano w Publikacji 2.:

- *Badania Tomografii Komputerowej (ang. CT - computed tomography)*
- *Metoda McKenziego (ang. MDT - mechanical diagnosis and therapy)*
- *Autoterapia*
- *Skala VAS (ang. Visual Analogue Scale)*

#### **1.4. Wyniki badań**

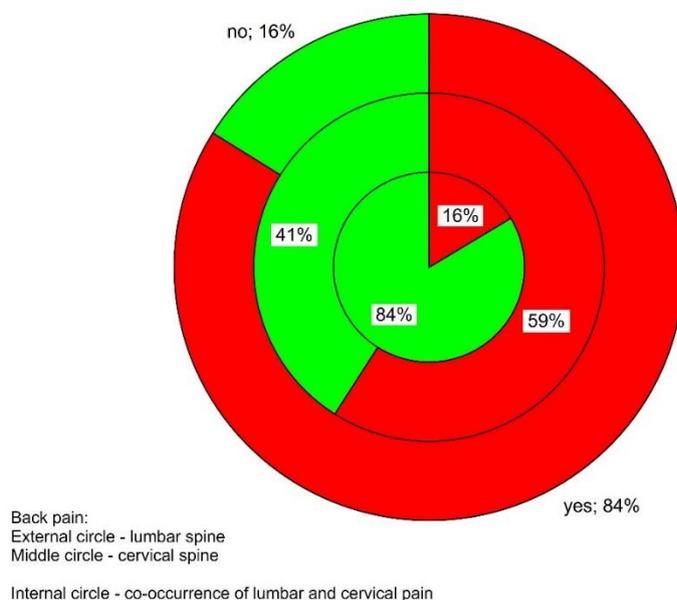
##### *Publikacja 1*

*Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work. Fizjoterapia Polska 2018; 18(1):62-73*

Z przeprowadzonych badań wynika, że aż 87% ankietowanych zgłosiło występowanie bólu w odcinku lędźwiowo - krzyżowym kręgosłupa. Zauważa się, że u 28,1% osób ból pleców najczęściej pojawia się kilka razy w ciągu miesiąca (K- 32%, M- 24%), a u 23,4% osób dolegliwości pojawiają się kilka razy w ciągu tygodnia (K- 23%, M24%). U 18,7% (K- 23%, M- 15%) respondentów ból kręgosłupa lędźwiowego występuje tylko kilka razy w ciągu roku, natomiast u 17,2%, w tym głównie u mężczyzn (K- 6%, M- 27%) pojawia się codziennie. Aktualne badania pokrywają się z twierdzeniem Biering - Sorensen'a (1984) dotyczącym łatwiejszej męczliwości mięśniowej wśród mężczyzn, co wiąże się z większym nasileniem odczuć bólowych.

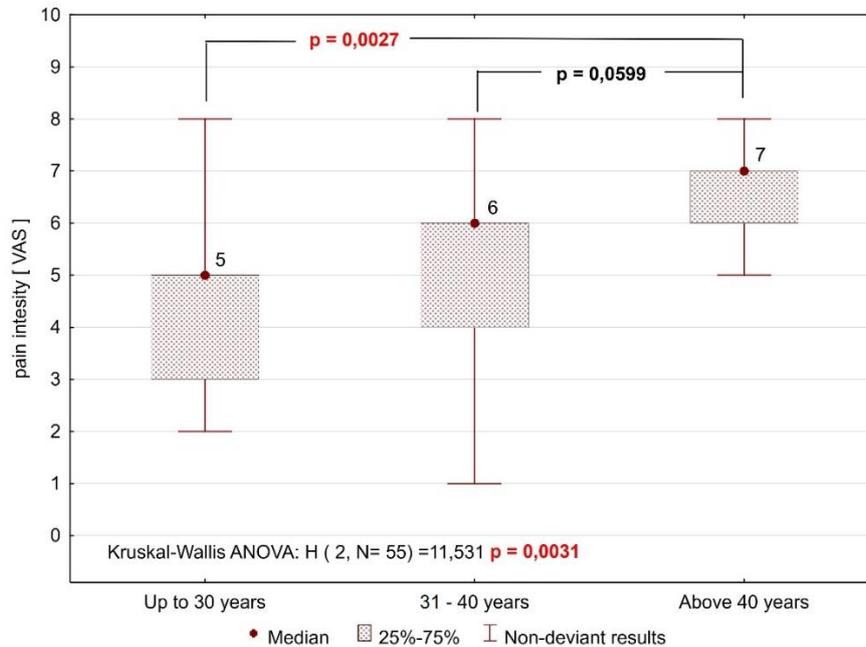
Najczęściej wskazywana lokalizacja objawów bólowych pleców to okolica lędźwiowo-krzyżowa (u 41% osób: 54,8% kobiety, 45,5% mężczyźni). W następnej kolejności zgłaszano bóle promieniujące, które poza odcinkiem lędźwiowym obejmowały swoim zasięgiem pośladki (K- 22%, M- 21%), czy udo (K- 19%, M- 24%). Istotne ale i charakterystyczne dla zespołów bólowych kręgosłupa jest występowanie epizodów w przeszłości. 68,7% osób grupy badawczej (22 kobiety i 22 mężczyzn) zgłosiło kilkakrotne występowanie zdarzeń bólowych.

Z badań wynika, że ponad 60% respondentów potwierdza przestrzeganie zasad ergonomii w pracy. Jednak podczas wykonywania obowiązków służbowych, aż 84% osób zgłasza ból odcinka lędźwiowego (z niewielką przewagą mężczyzn), 59% badanych ból odcinka szyjnego a jednocześnie występowanie dolegliwości bólowych obu w/w odcinków kręgosłupa 16% respondentów (Ryc. 4). Badania Black i wsp. (2016) konsekwentnie wskazują, że przyjmowanie nieergonomicznej postawy ciała niejednokrotnie wiąże się z występowaniem odczuć bólowych pleców w czasie pracy.



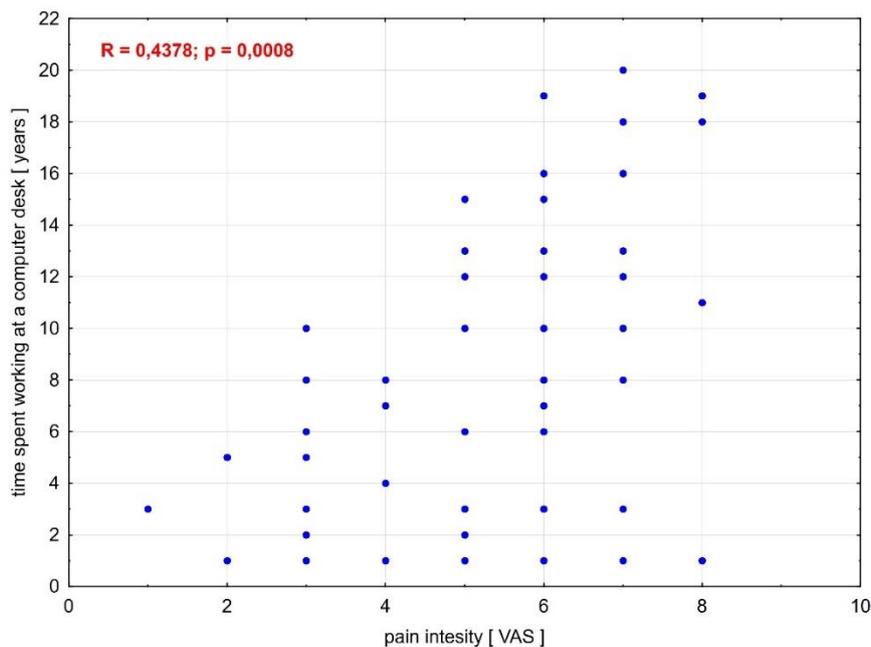
Ryc. 4. . Występowanie dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego i szyjnego kręgosłupa oraz ich współwystępowanie wśród pracowników o siedzącym charakterze pracy.

W pracy oceniono nasilenie bólu wśród trzech grup wiekowych (Ryc. 5). Najmłodsza grupa „do 30 lat” oceniła poziom natężenia bólu wynoszący 3-5 w skali VAS. W grupie „od 31 do 40 lat” pracownicy zgłaszali dolegliwości o nasileniu 4-6. Najstarsi pracownicy „powyżej 40 lat” zaznaczali najczęściej na skali VAS punkty 6 i 7.



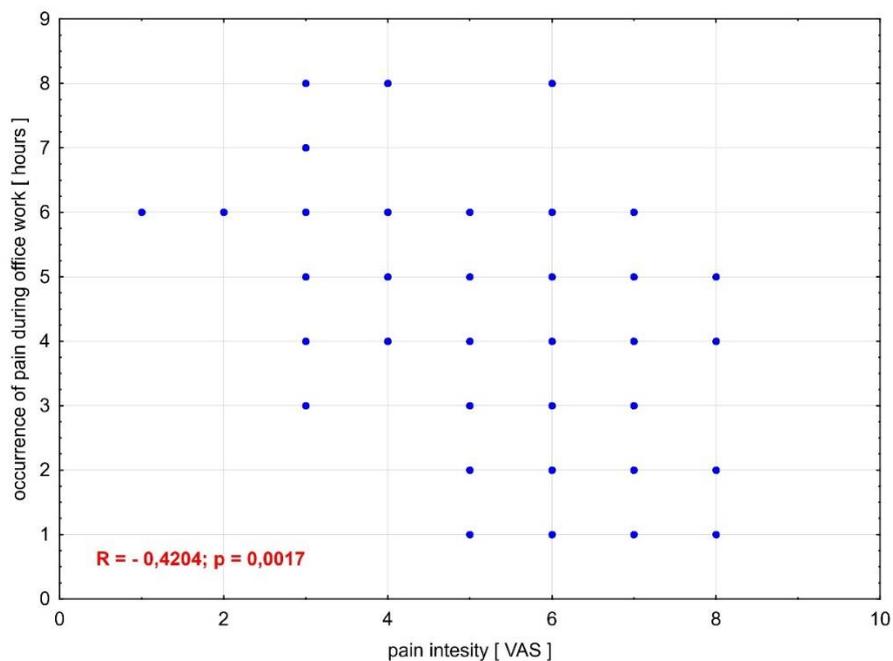
Ryc. 5. Zależność trzech grup wiekowych względem nasilenia dolegliwości bólowych wśród pracowników o siedzącym charakterze pracy.

Kolejnym ważnym tematem badań było dokonanie oceny wpływu czasu pracy (w latach) na intensywność doznań bólowych (skala VAS) (Ryc. 6). Zgodnie z przypuszczeniami nasilenie bólu wzrasta wraz ze wzrostem przepracowanych lat pracy na stanowiskach komputerowych. Jednak, co ciekawe pojedyncze osoby już po pierwszym roku pracy zgłaszały dolegliwości bólowe o natężeniu od 2 do 8 punktów w skali VAS. Zauważa się również, że osoby które przepracowały powyżej 10 lat na stanowisku biurowym zgłaszały natężenie bólu w przedziale 5-8 punktów w skali VAS.



Ryc. 6. Zależność między czasem pracy [lata] a skalą bólu [VAS] wśród pracowników biurowych.

Następnym istotnym zagadnieniem jest występowanie bólu podczas wykonywania pracy. Respondenci wskazywali, że najczęściej ból pleców pojawia się pomiędzy 4 a 6 godziną pracy i wówczas jego nasilenie znajduje się w przedziale 3- 8 w skali VAS (Ryc. 7). Pojedyncze osoby zgłaszają silny ból powyżej 5 w skali VAS już po pierwszej godzinie pracy. Zmiany związane z bezruchem dotyczą struktur pasywnych (więzadła, krążki międzykręgowe), co oznacza, że cykliczne i długotrwałe obciążenia doprowadzają w konsekwencji do degeneracji struktur elastycznych, co wywołuje odczucia bólowe (Adams i Dolan 1996).



Ryc. 7. Zależność między występowaniem bólu podczas pracy [godz.] a nasileniem bólu [VAS] wśród pracowników biurowych.

### Publikacja 2

*Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2020; 22(3):23-31, DOI: 10.37190/ABB-01578-2020-03*

Należy podkreślić, iż zagadnienie opisane w Publikacji 2, a dotyczące badania wpływu krótkotrwałej sesji terapeutycznej wg metody McKenziego na rekrutację mięśni podczas testu funkcjonalnego, jakim był test Jandy (test wyprostowania biodra, PHE test), nie zostało jeszcze opisane w innych artykułach naukowych, również o zasięgu światowym.

Kolejność wybranych mięśni podczas testu określano względem mięśnia dwugłowego uda (BF-biceps femoris), który zgodnie z normami Jandy (Page i wsp. 2010), powinien aktywować się jako pierwszy.

Mięsień BF wykazał znaczącą poprawę pomiędzy badaniem pierwszym a trzecim. Jako pierwszy na początku badań aktywował się u 29% badanych. Zauważalna poprawa pojawiła się na końcu badań, gdzie BF zgodnie z normami aktywował się u 47% badanych.

Drugim w kolejności mięśniem powinien być GM (gluteus maximus), ale jak wskazują badania u pacjentów z przewlekłym LBP wykazuje opóźnienie swojej aktywacji (Bruno i Bagust 2007). W pierwszym badaniu aktywował się w prawidłowej kolejności u 6% osób, w drugim badaniu u 12% osób a w trzecim u 18% osób badanych.

Trzecim z kolei mięśniem jest LES (left erector spinae), który u 41% osób aktywował się zgodnie z normami podczas badania pierwszego. Jego aktywność pogorszyła się i jako trzeci aktywował się w następnych pomiarach już tylko u 18% osób.

Ostatnim mięśniem, powinien być RES (right erector spinae), który jako czwarty aktywował się we wszystkich badaniach u 18% badanych. Należy podkreślić, że przedwcześnie, bo jako pierwszy uruchamiał się u 47% osób w pierwszym badaniu. Zastosowana terapia spowodowała, że w drugim badaniu jako pierwszy aktywował się u 35% osób, a w ostatnim badaniu już tylko u 24 % osób (Tab. 1).

Tabela 1. Średni czas początku aktywacji wybranych mięśni u wszystkich pacjentów w trzech badaniach.

Number of patients	Average time of the onset activation of selected muscles (ms) in three consecutive tests (I-III)												
	BF (1)	GM (2)			LES (3)			RES (4)			ORDER (1-4)		
	I-III tests	I test	II test	III test	I test	II test	III test	I test	II test	III test	I test	II test	III test
1	0	-21.0	17.3	-14.7	-5.3	19.3	-14.3	-19.3	18.0	64.9	1342	3421	4132
2	0	-11.0	-11.3	-5.7	-7.3	-4.0	-26.7	11.7	-2.3	-21.2	4132	1432	1243
3	0	-35.0	-16.0	-15.3	-34.7	46.3	-17.7	3.3	-58.3	-9.7	4132	3124	1423
4	0	-29.7	1.7	1.0	-6.0	-5.0	-1.3	112.0	-2.7	-79.3	4132	2143	2134
5	0	-10.3	-10.0	-30.3	-12.3	-41.3	-19.7	-10.4	-29.3	0.1	1243	1243	1432
6	0	-56.3	-54.3	-79.3	-76.0	-37.0	-69.7	-56.0	-45.0	-71.3	1423	1342	1342
7	0	-8.3	-6.3	-5.0	2.3	5.0	2.3	86.8	263.5	1.3	4312	4312	3412
8	0	-30.3	-42.7	6.7	-28.3	-24.7	-32.7	-19.7	38.7	-23.3	1432	4132	2143
9	0	-5.0	-3.0	-7.0	19.7	3.0	8.0	23.7	7.3	1.0	4312	4312	3412
10	0	-38.7	-47.3	-48.2	-32.7	15.7	-74.5	-1.7	109.2	-37.2	1432	4312	1423
11	0	-4.7	-27.3	-15.0	3.7	10.7	-3.0	-75.7	-5.8	-51.0	3124	3142	1324
12	0	-0.7	-6.7	-8.0	137.8	4.7	-7.0	33.3	0.1	-16.0	3412	3412	1324
13	0	-4.0	5.0	-6.3	12.0	21.3	0.1	-8.7	20.7	12.3	3124	3421	4312
14	0	25.2	-28.7	-1.0	-37.8	-37.3	-51.7	-70.5	-54.3	0.3	2134	1234	4123
15	0	-4.7	-7.7	-8.0	-174.2	-169.0	-445.0	259.3	265.0	-76.3	4123	4123	1243
16	0	-23.1	-6.7	70.4	-18.4	2.7	-57.7	3.0	106.1	-33.0	4132	4312	2143
17	0	-7.0	-0.7	13.3	-7.3	39.0	-2.7	1.0	17.7	15.0	4123	3412	4213
Mean	0	-15.56	-14.39	-8.96	-15.58	-8.96	-47.84	16.01	38.15	-19.02	-	-	-
S.D	0	18.73	19.47	29.89	59.53	48.26	105.58	78.89	96.82	37.12	-	-	-

BF – Biceps Femoris. GM – Gluteus Maximus. LES – left Erector Spinae. RES – right Erector Spinae. ms – milliseconds. SD – Standard Deviation

Badania Danneels (2002) również dowodzą, że u pracowników z dolegliwościami bólowymi pleców mięśnie kręgosłupa lędźwiowego aktywują się zbyt szybko w porównaniu z osobami zdrowymi.

Przeprowadzono analizę zmian nasilenia dolegliwości ocenianych subiektywną skalą VAS. W pierwszym badaniu średni poziom bólu w 10-stopniowej skali VAS wynosił 6 (5-7 punktów VAS). Po pierwszej terapii średni poziom bólu obniżył się do 4 (1-6 punktów VAS), obniżenie to nastąpiło u 94% badanych. Zmiana ta była istotna statystycznie. Po drugiej terapii, w trzecim badaniu poziom bólu obniżył się średnio o 3 punkty w skali VAS, do średniego poziomu 3. Obniżenie w skali VAS nastąpiło u wszystkich badanych. Zmiana ta była wysoce istotna statystycznie. Porównując spadek odczuć bólowych pomiędzy badaniem pierwszym a drugim, zauważa się że, u 41% osób ból zmniejszył się o 2 punkt w skali VAS, u 18% - o 1 punkt. U 12% osób nastąpiło zmniejszenie bólu o 3 punkty, u kolejnych 12% osób o 4 punkty, a w następnej grupie 12% osób aż o 5 punktów. Badania oceniające skuteczność przeciwbólową

terapii McKenziego wskazują, że krótkoterminowa terapia, obejmująca 15 dni, skutecznie zmniejsza średni poziom bólu z wartości 9 do 2 w skali VAS ( Ibrahimaj i wsp 2015).

### Publikacja 3

*Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021; 23(3):87-96, DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03*

Innowacją badania opisanego w Publikacji 3 było przeprowadzenie oceny wpływu krótkotrwałej terapii McKenziego na zmęczenie mięśni i pojawienie się asymetrii podczas Biering - Sorensen Test.

Wyniki wskazują na zwiększenie się czasu trwania BST w trzecim terminie (112.7 s) w porównaniu do pierwszego (98.8 s) i drugiego terminu badań (96.5 s). Podobny rezultat uzyskano w przypadku oceny bólu, czyli istotny statystycznie spadek tego parametru w kolejnych 3 terminach badań (Tab. 2). Wartość wskaźnika Cohena (3.033) zwłaszcza dotycząca oceny bólu między I i III terminem badań świadczy o istotnym wyniku statystycznym (zmniejszenie parametru poziomu bólu z 6.22 do 2.89). Uzyskany efekt jest potwierdzeniem skuteczności metody McKenziego.

Tabela 2. Czasy trwania BST i ocena bólu oraz ich istotność różnic między terminami badań.

	mean SD			p value ES		
	I	II	III	I-II	I-III	II-III
Te [s] n=19	98.8 37.6	96.5 22.4	112.7 33.2	0.905 0.074	0.043* 0.392	0.015* 0.572
PA [VAS] n=18	6.22 0.65	3.94 1.39	2.89 1.41	0.000* 2.101	0.000* 3.033	0.004* 0.750

\*p<0.05, Tukey test, ES Cohen efekt size

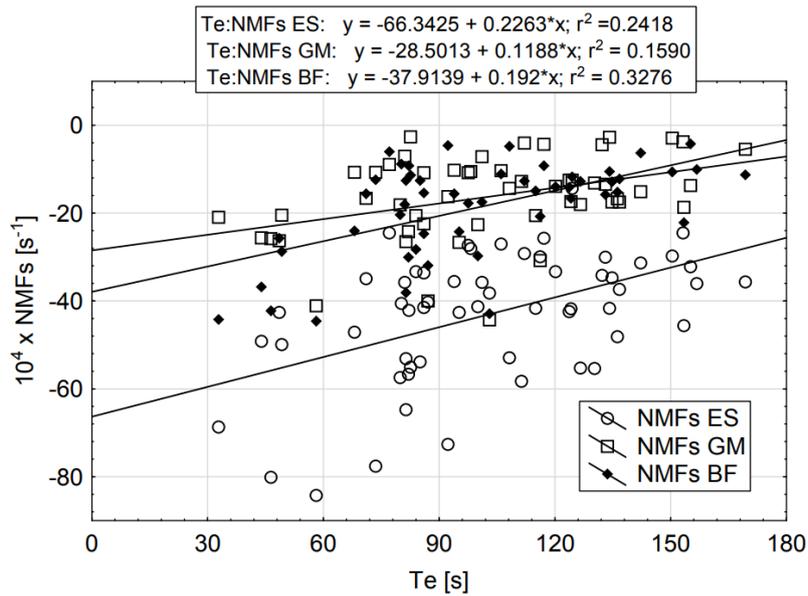
Analiza sygnałów EMG wskazuje istotną statystycznie zależność między współczynnikiem nachylenia NMFs a czasem trwania testu dla wszystkich 3 par mięśni (ES, GM, BF) (Tab. 3). Uzyskane korelacje wykazują tendencję rosnącą (Ryc. 8).

Tabela 3. Korelacje między parametrami elektromiograficznymi a czasem trwania testu i oceną bólu.

Parameters	MFi	MFe	NMFs	dim	$\Delta$ NMFs	$\Delta$ dim
ES						
Te	0.203 <sup>P</sup>	-0.427 <sup>P</sup>	0.449	0.548 <sup>P</sup>	-0.069	0.236
	0.177	0.003*	0.000*	0.000*	0.612	0.077
PA	-0.197	-0.093	0.056	-0.122	0.146	0.128
	0.153	0.505	0.687	0.380	0.293	0.355
GM						
Te	-0.023 <sup>P</sup>	-0.228 <sup>P</sup>	0.348	0.165	-0.362	-0.032
	0.880	0.128	0.012*	0.248	0.009*	0.823
PA	-0.181	0.139	0.300	-0.318	0.057	0.054
	0.218	0.347	0.036*	0.028*	0.701	0.716
BF						
Te	0.068 <sup>P</sup>	0.045 <sup>P</sup>	0.480	0.152	-0.048	0.429
	0.653	0.767	0.000*	0.281	0.734	0.002*
PA	-0.065	-0.052	-0.116	0.063	-0.114	-0.189
	0.657	0.724	0.428	0.666	0.436	0.193

\* $p < 0.05$  (istotności statystyczne podano poniżej współczynników korelacji)

<sup>P</sup>Pearson correlation,  $n=46$  (w pozostałych przypadkach korelacje Spearmana,  $n=48 - 57$ )



Ryc. 8. Ilustracja korelacji między współczynnikiem nachylenia NMFs a czasem trwania BST dla trzech par mięśni (ES, GM, BF)

Ponadto współczynniki nachylenia NMFs badanych mięśni korelują z podstawowymi parametrami antropometrycznymi (w 6 przypadkach na 9 możliwych, Tab. 4). Zauważa się tendencję malejącą korelacji co oznacza wystąpienie efektu większego zmęczenia badanych mięśni wraz ze wzrostem masy, wysokości ciała i wskaźnika BMI pacjentów.

Uzyskano brak zmian w asymetrii zmęczenia mięśni pod wpływem terapii McKenziego (Tab. 5).

Tabela 4. Korelacje między unormowanymi współczynnikami nachylenia a parametrami antropometrycznymi

Anthropometric parameters	Muscles	NMFs r; p values
mass	ES	-0.308; 0.020*
	GM	-0.164; 0.247
	BF	-0.424; 0.002*
height	ES	-0.356; 0.007*
	GM	-0.457; 0.001*
	BF	-0.161; 0.254
BMI	ES	-0.327; 0.013*
	GM	-0.122; 0.391
	BF	-0.457; 0.001*

\* $p < 0.05$

Spearman correlation,  $n = 52-57$

Tabela 5. Parametry elektromiograficzne oraz ich istotność różnic między trzema terminami badań.

	Mean SD			p value			Mean SD			p value		
	I	II	III	I-II	I-III	II-III	I	II	III	I-II	I-III	II-III
	MFi[Hz]						MFe [Hz]					
ES	75.6 16.5	76.3 17.2	73.6 13.1	0.911	0.528	0.303	42.7 12.5	45.0 11.2	39.9 9.2	0.474	0.326	0.033*
GM	43.0 2.7	44.0 2.9	44.0 4.3	0.138	0.244	0.944	36.7 4.6	37.3 3.8	35.9 4.6	0.517	0.607	0.114
BF	83.3 12.9	86.8 16.5	87.8 14.9	0.230	0.059	0.758	68.9 14.4	73.2 15.3	72.7 15.9	0.318	0.762	0.725
	$10^4 \times \text{NMFs [s}^{-1}\text{]}^1$						dim [%] <sup>1</sup>					
ES	-45.4 16.3	-41.4 10.6	-42.5 16.9	0.233	0.447	0.899	41.9 15.9	39.5 13.2	44.5 13.0	0.547	0.480	0.081
GM	-15.5 9.4	-15.7 9.8	-17.7 9.9	0.832	0.716	0.977	14.5 10.1	15.1 8.3	18.1 8.2	0.929	0.142	0.267
BF	-21.6 13.0	-17.4 8.9	-17.4 10.8	0.480	0.679	0.943	17.5 9.4	15.6 6.0	17.3 8.1	0.921	0.531	0.320
	$10^4 \times \Delta\text{NMFs [s}^{-1}\text{]}^1$						$\Delta\text{dim [%]}^1$					
ES	7.0 6.4	7.0 5.6	5.2 4.9	1.000	0.564	0.563	6.5 6.6	6.7 6.0	6.0 5.8	0.998	0.959	0.939
GM	5.3 5.3	6.0 4.5	4.8 4.9	0.909	0.915	0.694	4.4 3.1	5.2 2.7	4.8 3.9	0.713	0.971	0.844
BF	5.0 4.0	5.6 4.0	6.8 4.0	0.732	0.516	0.933	4.1 3.4	5.4 4.1	7.6 4.5	0.476	0.084	0.555

\*p<0.05, Tukey test

Maksymalna wartość wskaźnika Cohena równa jest 0.498

ES: n=19 (I,II,III), GM: n=18 (I), 17 (II), 16 (III), BF: n=15 (I), 19 (II), 18 (III).

<sup>1</sup>Czynnik multiplikatywny  $10^4$  przy NMFs i  $\Delta\text{NMFs}$  wprowadzono do unifikacji zapisu różnych danych w tabeli, z analogicznego powodu dim i  $\Delta\text{dim}$  wyrażono w %

W związku z brakiem zróżnicowania wskaźników asymetrii (Tab. 5) wykonano testy istotności różnic parametrów elektromiograficznych odrębnie dla lewego i prawego mięśnia (Tab. 6). Istotny statystycznie efekt asymetrii uzyskano tylko dla pary mięśni ES i parametru MFi w III terminie badań, jednak asymetria nie pojawia się dla parametru MFe w tym terminie. Asymetria parametrów MFi (MFe) oznacza różnicę (left/right) napięcia mięśni na początku (końcu) BST. Brak różnic istotnych statystycznie we wskaźnikach NMFs (left/right) i dim dla mięśni ES, GM, BF w trzech terminach badań potwierdza wcześniej podany rezultat o braku

zmian w asymetrii zmęczenia mięśni (Tab. 6). Istotność różnic między terminami badań parametrów elektromiograficznych z Tabeli 6 przedstawiono w Tabeli 7. Istotne statystycznie różnice między terminami badań uzyskano tylko dla 3 przypadków: parametru MFi (mięsień RBF, I i III termin), oraz parametru MFe (mięsień LES i LGM, II i III termin). Podsumowując, wyniki zawarte w Tabelach 5, 6 i 7 wskazują na to, że badania elektromiograficzne nie dają poza nielicznymi wyjątkami znaczącego statystycznie efektu zmienności w 3 terminach badań.

Tabela 6. Parametry elektromiograficzne lewych i prawych mięśni oraz ich istotność różnic w trzech terminach badań.

Test date	MFi [Hz]		p	MFe [Hz]		p	$10^4 \times \text{NMFs [s}^{-1}]$		p	dim [%]		p
	Mean	SD		Mean	SD		Mean	SD		mean	SD	
	L	R	L	R	L	R	L	R				
ES												
I	73.4	77.8	0.095	42.8	42.6	1.000	-43.6	-47.3	0.367	40.4	43.4	0.622
	16.7	17.1		11.2	14.5		14.6	18.9		14.2	18.5	
II	74.1	78.6	0.076	44.5	45.5	0.974	-40.0	-42.8	0.676	38.2	40.9	0.722
	17.4	17.8		10.1	12.8		11.6	11.3		13.7	14.1	
III	71.1	76.2	0.030*	39.3	40.5	0.958	-41.4	-43.5	0.869	43.1	45.9	0.703
	14.2	12.8		9.3	9.8		18.6	15.8		14.3	12.8	
GM												
I	43.1	42.5	0.999	37.0	36.2	0.793	-14.6	-15.6	0.886	14.0	14.3	0.973
	3.1	3.5		5.0	4.2		10.2	10.3		11.1	10.1	
II	44.2	43.5	0.982	38.3	36.3	0.102	-14.6	-17.9	0.607	13.5	16.1	0.641
	3.0	3.6		4.2	3.6		8.7	11.1		8.0	9.2	
III	44.1	43.3	0.998	36.5	36.1	1.000	-16.8	-16.2	1.000	17.2	16.4	1.000
	4.5	4.8		5.2	4.8		10.3	11.3		9.7	9.0	
BF												
I	83.4	82.2	0.963	69.8	67.9	0.943	-19.8	-21.8	1.000	16.4	17.6	1.000
	13.4	14.4		14.4	14.9		12.8	14.1		9.8	9.7	
II	87.6	86.0	0.987	73.9	72.4	0.972	-17.2	-17.6	1.000	15.5	15.8	1.000
	15.6	18.8		14.7	16.6		10.4	8.5		8.3	5.3	
III	88.2	88.5	0.994	73.7	73.3	0.990	-16.8	-17.2	1.000	16.8	17.2	1.000
	15.4	17.6		16.7	18.0		10.2	12.9		7.8	10.8	

\* $p < 0.05$ , Tukey test, Maksymalna wartość wskaźnika Cohena równa jest 0.377 L/RES: n=19 (I,II,III); LGM: n=18 (I,II), 17 (III); RGM: n=19 (I), 18 (II,III), LBF: n=17 (I), 19 (II,III); RBF: n=15 (I), 19 (II), 18 (III)

Tabela 7. Istotności różnic parametrów elektromiograficznych z Tabeli 6 między terminami badań.

	MFi			MFe			NMFs			dim		
	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
LES	0.953	0.551	0.379	0.608	0.117	0.013*	0.339	0.667	0.841	0.628	0.490	0.109
RES	0.888	0.648	0.372	0.448	0.652	0.102	0.272	0.397	0.965	0.624	0.631	0.167
LGM	0.155	0.371	0.854	0.178	0.603	0.023*	0.999	0.619	0.651	0.977	0.175	0.119
RGM	0.262	0.361	0.976	0.952	0.999	0.937	0.616	0.997	0.662	0.702	0.559	0.971
LBF	0.388	0.595	0.934	0.460	0.997	0.505	0.688	0.788	0.984	0.996	0.617	0.565
RBF	0.276	0.003*	0.108	0.495	0.500	1.000	0.555	0.722	0.960	0.951	0.526	0.357

\* $p < 0.05$ , Tukey test

Maksymalna wartość wskaźnika Cohena równa jest 0.536

## 1.5. Wnioski

- Wśród pracowników wykonujących czynności zawodowe w pozycji siedzącej zauważa się występowanie charakterystycznych cech zmian przeciążeniowych o charakterze przewlekłym, niezróżnicowanych płciowo w obrębie odcinka szyjnego i lędźwiowego kręgosłupa (publikacja nr 1).
- Krótkotrwała terapia oparta na zasadach metody McKenziego wpływa na poprawę sekwencji aktywacji mięśni ES, GM i BF u osób z dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowego kręgosłupa (publikacja nr 2).
- Krótkotrwała terapia oparta na zasadach metody McKenziego wpływa na poprawę wytrzymałości mięśni erector spinae, gluteus maximus i biceps femoris u osób z dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowego kręgosłupa (publikacja nr 3).
- U osób z dyskopatią lędźwiową, poziom asymetrii w obszarze mięśni ES, GM i BF nie ulega zmianie, pod wpływem krótkotrwałej terapii McKenziego (publikacja nr 3).
- U osób z dyskopatią lędźwiową prawidłowa masa ciała oraz wskaźnik BMI przyczyniają się do zmniejszenia epizodów LBP (publikacja nr 3).

- Krótkotrwała terapia McKenziego wpływa na zmniejszenie poziomego bólu w obszarze lędźwiowego odcinka kręgosłupa u osób z dyskopatią lędźwiową (publikacja nr 2, 3).

## 2. STRESZCZENIE

### Cel badań

Głównym celem pracy była biomechaniczna ocena terapii wg metody McKenziego, przeprowadzonej u osób z dyskopatią lędźwiową pracujących w pozycji siedzącej.

### Materiał i Metody

Badania ankietowe przeprowadzono wśród 62 pracowników korporacji, w przedziale wiekowym 23-61 lat, którzy doświadczali epizodów bólowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa. Spośród respondentów zakwalifikowano 2 grupy badawcze stanowiące 17 i 19 osób, płci męskiej w wieku 33-55 lat. Eksperyment przebiegał analogicznie dla dwóch grup badawczych, jednak wykorzystano inny test funkcjonalny. Badanych poddano terapii McKenziego, następnie oceniano jej skuteczność za pomocą testu wyprost w stawie biodrowym, dla jednej grupy osób i testu Biering- Sorensena dla drugiej. Podczas każdego badania wykonywano pomiary elektromiograficzne mięśni oraz poziomu bólu skalą VAS.

### Wyniki

Ból odcinka lędźwiowego pojawia się u 84% wszystkich respondentów. Jego nasilenie zależy od wieku, płci, stażu pracy, liczby godzin spędzonych przy komputerze a także czynności dnia codziennego. Zauważa się nieprawidłową sekwencję pobudzania mięśniowego w odniesieniu do danych normatywnych podczas testu wyprost biodra. Krótkotrwała terapia poprawiła aktywność mięśnia dwugłowego uda i pośladkowego wielkiego. Ponadto zaobserwowano zwiększenie wytrzymałości mięśni: prostownika grzbietu, dwugłowego uda i pośladkowego wielkiego. Stwierdzono także wzrost zmęczenia mięśni wraz ze wzrostem masy, wysokości ciała i wskaźnika BMI pacjentów. Skala VAS wskazywała na obniżenie poziomu bólu.

### Wnioski

Wśród pracowników wykonujących czynności zawodowe w pozycji siedzącej występują zmiany przeciążeniowe niezróżnicowane płciowo, odcinka szyjnego i lędźwiowego kręgosłupa. Krótkotrwała interwencja terapeutyczna metodą McKenziego jest skutecznym narzędziem w zmniejszaniu poziomu bólu lędźwiowego oraz wpływa na poprawę wytrzymałości i sekwencji aktywacji mięśni ES, GM i BF. Terapia nie zmienia poziomu asymetrii mięśni ES, GM i BF. Prawidłowa masa ciała oraz wskaźnik BMI skutkują zmniejszeniem epizodów LBP.

## **Abstract**

### **Objective**

The aim of this study was the biomechanical evaluation of the therapy according to the McKenzie method, carried out in people with lumbar discopathy working in a sitting position.

### **Material and Methods**

A survey was conducted among 62 corporate employees, aged 23-61, who experienced episodes of low back pain. Among the respondents, 2 research groups were qualified, consisting of 17 and 19 male aged 33-55 years. The experiment was similar for two research groups, but a different functional test was used. The subjects underwent McKenzie's therapy, then its effectiveness was assessed using the hip extension test for one group and the Biering - Sorensen test for the other. During each examination, electromyographic measurements of the muscles and the pain level were performed using the VAS scale.

### **Results**

Lumbar pain occurred in 84% of all respondents. Its severity depended on age, gender, office work seniority, number of hours spent at the computer, and daily activities. There was an abnormal sequence of muscle stimulation with respect to the normative data during the hip extension test. Short-term therapy improved the activity of the hamstring and gluteus muscles. In addition, an increase in muscle endurance was observed: erector spinae, biceps femoris and gluteus maximus. Muscle fatigue was also found to increase with increasing weight, body height and BMI of patients. The VAS scale indicated a reduction in pain levels.

### **Conclusions**

Among employees performing occupational activities in a sitting position, there are overload changes that are not gender related, in the cervical and lumbar spine. A short-term therapeutic intervention using the McKenzie method is an effective tool in reducing the level of low back pain and improves the endurance and activation sequence of the ES, GM and BF muscles. The therapy does not change the level of asymmetry of the ES, GM and BF muscles. Normal body weight and BMI related to decreased episodes of LBP.

### 3. AKTYWNOŚĆ NAUKOWA I ZAWODOWA

#### DOKTORANTKI

Konferencje naukowe:

- Błaszczyk A., Zygmąńska M., Ogurkowska M.B.: *Comparison of maximum values of muscle torque between right- and left-sided long paddle rowers*. European Society of Biomechanics, July 7-10, 2019 Vienna, Austria
- Zygmąńska M., Błaszczyk A., Wegner K., Ogurkowska M.: *Overload of lumbar spine among administrative staff*. International Seminar of Ergonomics, Maj 9-11, 2017 Tarnów
- Rosołek M., Jajor J., Zygmąńska M., Samborski W.: *Aktywność fizyczna seniorów w aspekcie nietrzymania moczu*. XIII Olsztyński Dzień Fizjoterapii, Maj 12, 2017 Olsztyn
- Skowron N., Zygmąńska M., Andrzejczak J., Malak R.: *The effectiveness of turmeric and green tea supplementation in patients with down syndrome –review*. Konferencja Edukacyjno-Szkoleniowa UMP Wielodyscyplinarne wsparcie rozwoju osób z zespołem Downa. Celowana interwencja farmakologiczna. Grudzień 2, 2017 Poznań
- Nowakowska Z., Kwiatkowski M., Tutak A., Skowron N., Zygmąńska M., Malak R., Samborski W.: *Ocena wiedzy na temat metod fizjoterapii klatki piersiowej u dzieci z sma typu 1 – przegląd piśmiennictwa*. XI Wiosna z Fizjoterapią, Kwiecień 7-8, 2017 Warszawa
- Zygmąńska M., Lisowska A., Wegner K., Sznycer A., Ogurkowska M., Gabryelski J.: *The impact of a musculoskeletal system load method on resulting overload changes*. Konferencja Naukowa Majówka Młodych Biomechaników im. prof. Dagmary Tejszerskiej, Maj 20-22, 2016 Ustroń

- Lisowska A., Wegner K., Sznycer A., Zygmńska M., Ogurkowska M., Gabryelski J.: *Evaluation of overload changes of Kata Karate Shotokan competitors*. International Conference of the Polish Society of Biomechanics, Wrzesień 5-7, 2016 Biała Podlaska
- Lisowska A., Wegner K., Sznycer A., Zygmńska M., Ogurkowska M., Gabryelski J.: *Analysis of progressive overload changes in automotive industry employees*. International Conference of the Polish Society of Biomechanics, Wrzesień 5-7, 2016 Biała Podlaska

Aktywność zawodowa:

- Asystent, Klinika Reumatologii i Rehabilitacji, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (2016- 2019)

Dodatkowe funkcje pełnione w Klinice:

1. Współtworzenie koła naukowego *Open Physiotherapy* z Panią dr Roksana Malak.

Systematyczne spotkania w/w koła naukowego miały na celu zaangażowanie studentów w otwarte dyskusje dotyczące pojawiających się innowacji w dziedzinie Fizjoterapii, rozwijanie umiejętności praktycznych podczas części warsztatowych spotkań oraz planowanie przyszłych badań naukowych we wskazanych polach zainteresowań.

2. Współorganizowanie III Konferencji Szkoleniowo - Naukowej *Wielkopolski Dzień Fizjoterapii* 2 czerwca 2017

- 2015- obecnie- Praktyka fizjoterapeutyczna

Ukończone kursy/ szkolenia:

- MDT McKenzie Moduł I-IV
- Ortopedyczna Terapia Manualna Kaltenborna- Evjenththa Moduł I
- Trening funkcjonalny FMS
- Terapia tkanek głębokich i mięśniowo- powięziowe rozluźnianie
- Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) Poziom podstawowy
- Rehabilitacja w zaburzeniach rozwojowych niemowląt od 0 - 12 miesięcy

## 4. SPIS BIBLIOGRAFII

1. Adams MA, Dolan P. Time-dependent changes in the lumbar spine's resistance to bending. *Clin Biomech* 1996; 11, 4, 194–200
2. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klüber-Moffett J, Kovacs F, et al. Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J.* 2006, 15(2):192–300.
3. Biering- Sorensen, F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine* 1984; 9, 2, 106-19
4. Black N, DesRoches L, Arsenault I. Observed postural variations across computer workers during a day of sedentary computer work. *Proc Hum Factors Ergon Soc 56th Annu Meet* 2016; 56, 1, 1119-22
5. Bruno PA, Bagust J. An investigation into motor pattern differences used during prone hip extension between subjects with and without low back pain. *Clin Chiropr.* 2007 June 10(2):68-80
6. Clare HA, Adams R, Maher CG. A systematic review of efficacy of McKenzie therapy for spinal pain. *Aust J Physiother.* 2004, 50(4):209- 216
7. Coorevits P, Danneels L, Cambier D, Ramon H, Vanderstraeten G. Assessment of the validity of the Biering-Sørensen test for measuring back muscle fatigue based on EMG median frequency characteristics of back and hip muscles. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008, 18(6):997–1005
8. Cram J, Kasman G, Holtz J. *Introduction to surface EMG.* 1998, Maryland: Aspen Publishing, Gathersburg, PA, 336-70. 1
9. Curyło M., Bielańska A., Raczkowski J.W. Ocena częstotliwości występowania zespołów bólowych kręgosłupa lędźwiowego wśród pracowników biurowych i fizycznych. *Fizjoterapia Polska* 2017; 17; 1; 28-36
10. Danneels LA, Coorevits PL, Cools AM, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, et al. Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2002 Feb 11(1):13–9
11. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine* 2006 73(1), 43–50.

12. Ferrari S, Manni T, Bonetti F, Villafaña JH, Vanti C. A literature review of clinical tests for lumbar instability in low back pain: validity and applicability in clinical practice. *Chiropr Man Therap.* 2015, 23:14.
13. Hefford Ch. McKenzie classification of mechanical spinal pain: Profile of syndromes and directions of preference. *Man Ther.* 2008 13, 75- 81
14. Ibrahimaj A, Deliu S, Miftari S. Effectiveness Of The Mckenzie Method In The Treatment Of Low Back Pain In Subacute And Chronic Stage. *Research in Physical Education, Sport and Health.* 2015 4(1):79-86
15. Janda V. On the Concept of Postural Muscles and Posture in Man. *Aust J Physiother.* 1983 Jun, 29(3):83–84
16. Lam OT, Strenger DM, Chan-Fee M, Pham PT, Preuss RA, Robbins SM. Effectiveness of the McKenzie Method of Mechanical Diagnosis and Therapy for Treating Low Back Pain: Literature Review With Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018 Jun, 48(6): 476–490
17. Long A, Donelson R, Fung T. Does it matter which exercise? A randomized controlled trial of exercise for low back pain. *Spine.* 2004 Dec, 29(23):2593- 2602
18. Mahato NK. Muscle Function In Low Back Pain: Is Bigger And Stronger What Matters? *J Bangladesh Soc Physiol.* 2017 June; 12(1): 41-51
19. May S. Classification by McKenzie mechanical syndromes: A survey of McKenzie-Trained faculty. *J Manip Physiol Ther .* 2006 29(8):637- 642
20. McCormack HM, Horne DJ, Sheather S. Clinical applications of visual analogue scales: a critical review. *Psychol Med.* 1988, (18): 1007–19
21. McKenzie R, May S. Kręgosłup lędźwiowy. *Mechaniczne Diagnozowanie i Terapia.* Volume 1. Poznań 2011: Forum
22. Nassif H, Brosset N, Guillaume M, Delore-Milles E, Tafflet M, Buchholz F, Toussaint JF. Evaluation of a randomized controlled trial in the management of chronic lower back pain in a French automotive industry: an observational study. *Arch Phys Med Rehab* 2011 92(12), 1927–1936
23. Ogurkowska MB. Biomechaniczna ocena zmian strukturalnych i funkcjonalnych kręgosłupa lędźwiowego u zawodników wyczynowo uprawiających wioślarstwo. Poznań 2007: Akademia Wychowania Fizycznego
24. Ogurkowska M.B., K. Kawalek. Pathological changes in the lumbar intervertebral discs among professional field hockey players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016, 56(1-2):85-91

25. O'Sullivan PB, Mitchell T, Bulich P, Waller R, Holte J. The relationship between posture and back muscle endurance in industrial workers with flexion-related low back pain. *Man Ther.* 2006 Nov, 11(4):264-71
26. Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach. 2010 chapter 6 evaluation of movement patterns:77-91
27. Rose-Dulcina K, Armand S, Dominguez D E, Genevay S, Vuillerme N. Asymmetry of lumbar muscles fatigability with non-specific chronic low back pain patients. *Eur Spine J.* 2019, 28(11)
28. Roland M, Fairbank J. The Roland–Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine.* 2000 Dec, 25(24):3115-3124
29. Rubin DI. Epidemiology and Risk Factors for Spine Pain. *Neurol Clin.* 2007 25(2): 353-371
30. Sung PS. Disability and back muscle fatigability changes following two therapeutic exercise interventions in participants with recurrent low back pain. *Med Sci Mon Int Med J Exp Clin Res* 2013 19, 40–8
31. Vogt L, Pfeifer K, Banzer W. Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain. *Man Ther.* 2003 Feb, 8(1):21-8
32. Wiecheć M., Chudzik A., Śliwińska Z. i in. Ocena skuteczności terapii u chorych z dyskopatią lędźwiową leczonych metodą McKenziego i Maigne'a. *Fizjoterapia Polska* 2015; 15; 3; 24-34

## **5. Załączniki**

- Oświadczenia współautorów
- Zgoda Komisji Bioetycznej
- Publikacja nr 1
- Publikacja nr 2
- Publikacja nr 3
- Anti – plagiarism System

Poznań, 19.10.2021 r.

prof. AWF dr hab. Małgorzata Ogurkowska  
Zakład Biomechaniki  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Dotyczy wniosku o przeprowadzenie postępowania doktorskiego mgr Magdaleny Jabłońskiej

#### Oświadczenie współautora

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na przygotowaniu koncepcji pracy badawczej, analizie i interpretacji wyników badań oraz opracowaniu i weryfikacji tekstu publikacji.

Swój udział w każdym projekcie oceniam na 25%

1. Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work. Fizjoterapia Polska 2018; 18(1); 62-73  
punktacja MNiSW:10
2. Jabłońska M., Fryzowicz A., Ogurkowska M.B. Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2020, 22(3):23-31; DOI: 10.37190/ABB-01578-2020-03  
Impact Factor - 1.073, punktacja MNiSW:100
3. Jabłońska M., Mączyński J., Fryzowicz A., Ogurkowska M.B. Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021, 23(3):1-20, DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03  
Impact Factor - 1.073, punktacja MNiSW:100

Potwierdzenie współautora:

Ogurkowska Małgorzata.....

Poznań, 19.10.2021 r.

mgr Jacek Mączyński  
Zakład Biomechaniki  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Dotyczy wniosku o przeprowadzenie postępowania doktorskiego mgr Magdaleny Jabłońskiej

#### Oświadczenie współautora

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionej pracy polegał na: interpretacji danych, opracowaniu analizy statystycznej, przygotowaniu manuskryptu

Swój udział w każdym projekcie oceniam na 10%

1. Jabłońska M., Mączyński J., Fryzowicz A., Ogurkowska M.B. Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021, 23(3):1-20, DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03  
Impact Factor - 1.073, punktacja MNiSW:100

Potwierdzenie współautora:

Mączyński Jacek.....

Poznań, 19.10.2021 r.

mgr Anna Błaszczuk  
Zakład Biomechaniki  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Dotyczy wniosku o przeprowadzenie postępowania doktorskiego mgr Magdaleny Jabłońskiej

### Oświadczenie współautora

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na realizacji części eksperymentalnej projektu.

Swój udział w każdym projekcie oceniam na 10%

1. M. Zygmąńska, A. Błaszczuk, K. Wegner, W. Samborski, M. Ogurkowska *Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work.* Fizjoterapia Polska 2018; 18(1): 62-73

punktacja MNiSW:10

Potwierdzenie współautora:

Błaszczuk Anna.....



Poznań, 19.10.2021 r.

dr Anna Fryzowicz  
Zakład Biomechaniki  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Dotyczy wniosku o przeprowadzenie postępowania doktorskiego mgr Magdaleny Jabłońskiej

### Oświadczenie współautora

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionych publikacji polegał na realizacji części eksperymentalnej projektu, analizie wyników oraz weryfikacji tekstu publikacji.

Swój udział w każdym projekcie oceniam na 10%

1. Jabłońska M., Fryzowicz A., Ogurkowska M.B. Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2020, 22(3):23-31; DOI: 10.37190/ABB-01578-2020-03

Impact Factor - 1.073, punktacja MNiSW:100

2. Jabłońska M., Mączyński J., Fryzowicz A., Ogurkowska M.B. Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering-Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment. Acta of Bioengineering and Biomechanics 2021, 23(3):1-20, DOI: 10.37190/ABB-01823-2021-03

Impact Factor - 1.073, punktacja MNiSW:100

Potwierdzenie współautora:

Fryzowicz Anna.....

Poznań, 19.10.2021 r.

prof. dr hab. Włodzimierz Samborski  
Kierownik  
Katedry i Kliniki Fizjoterapii, Reumatologii i Rehabilitacji  
Uniwersytetu Medycznego  
im. K. Marcinkowskiego

*i chorób wewnętrznych*

Dotyczy wniosku o przeprowadzenie postępowania doktorskiego mgr Magdaleny Jabłońskiej

### Oświadczenie współautora

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionej pracy polegał na opracowaniu i weryfikacji tekstu publikacji.

Swój udział w każdym projekcie oceniam na 10%

1. M. Zygmąńska, A. Błaszczuk, K. Wegner, W. Samborski, M. Ogurkowska *Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work.* Fizjoterapia Polska 2018; 18(1): 62-73

punktacja MNiSW:10

Potwierdzenie współautora:

Samborski Włodzimierz.....

KIEROWNIK  
Katedry i Kliniki Reumatologii, Rehabilitacji  
i Chorób Wewnętrznych  
Prof. dr hab. n. med. Włodzimierz Samborski



Poznań, 19.10.2021 r.

mgr Katarzyna Wegner - Czerniak  
Zakład Biomechaniki  
Akademia Wychowania Fizycznego  
im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu

Dotyczy wniosku o przeprowadzenie postępowania doktorskiego mgr Magdaleny Jabłońskiej

### Oświadczenie współautora

Mój udział w powstawaniu niżej wymienionej pracy polegał na realizacji części eksperymentalnej projektu.

Swój udział w każdym projekcie oceniam na 10%

1. M. Zygmąńska, A. Błaszczuk, K. Wegner, W. Samborski, M. Ogurkowska *Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work.* Fizjoterapia Polska 2018; 18(1): 62-73

punktacja MNiSW:10

Potwierdzenie współautora:

Wegner - Czerniak Katarzyna.....

*Katarzyna Wegner - Czerniak*

Zgoda Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym

im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu



POZNAN UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES

**BIOETHICS COMMITTEE**

no. 70, Bukowska Str.  
60-812, Poznań  
Poland

Phone: + 48 61 854 73 36

[www.bioetyka.ump.edu.pl](http://www.bioetyka.ump.edu.pl)

Poznań, April 2, 2019

KB- 570/14

To whom it may concern,

This is to certify that Bioethics Committee  
at Poznań University of Medical Sciences  
on the session on **June 12, 2014** reviewed and accepted  
a project submitted  
by **Małgorzata Ogurkowska**  
**Magdalena Zygmajska**  
*(name of investigator)*  
**Poznan University of Physical Education**

titled:

**„Biomechanism of the therapy of overload changes in the lumbar spine by the McKenzie method”**

Bioethics Committee was established and works in accordance  
to GCP and Polish law.

  
Chairman of Committee  
Professor Paweł Chęciński, MD, PhD

# fizjoterapia polska

POLISH JOURNAL OF PHYSIOTHERAPY

OFICJALNE PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZJOTERAPII

THE OFFICIAL JOURNAL OF THE POLISH SOCIETY OF PHYSIOTHERAPY

NR 1/2018 (18) KWARTALNIK ISSN 1642-0136

## Wpływ leczenia uzdrowiskowego na funkcję ręki u kobiet z reumatoidalnym zapaleniem stawów

The effects of health resort treatment on hand function in female rheumatoid arthritis patients

Ocena zmian przeciążeniowych kręgosłupa lędźwiowego pracowników o siedzącym charakterze pracy  
Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work

**ZAMÓW PRENUMERATĘ!**

**SUBSCRIBE!**

[www.fizjoterapiapolska.pl](http://www.fizjoterapiapolska.pl)

[prenumerata@fizjoterapiapolska.pl](mailto:prenumerata@fizjoterapiapolska.pl)



# Ocena zmian przeciążeniowych kręgosłupa lędźwiowego pracowników o siedzącym charakterze pracy

*Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work*

**Magdalena Zygmąska<sup>1,2(A,B,D,E,F)</sup>, Anna Błaszczuk<sup>2(B,F)</sup>, Katarzyna Wegner<sup>2(B,F)</sup>,  
Włodzimierz Samborski<sup>1(A,D)</sup>, Małgorzata Ogurkowska<sup>2(A,D)</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Klinika Reumatologii i Rehabilitacji /  
Poznań University of Medical Sciences, Department of Rheumatology and Rehabilitation, Poland

<sup>2</sup>Akademia Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu, Zakład Biomechaniki /  
Poznań University of Physical Education, Department of Biomechanics, Poland

## Streszczenie

Cel pracy. Celem badań było określenie zmian przeciążeniowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa występujących u kobiet i mężczyzn pracujących w pozycji siedzącej oraz określenie jednostki czasu związanej z nasileniem dyskomfortu.

Stacjonarna pozycja ciała przyjmowana przez długi czas, powoduje powstawanie zmian przeciążeniowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Poza zawodowymi czynnikami ryzyka, również sedenteryjny tryb życia lub prace domowe wykonywane przy niedbałej pozycji ciała, mają niebywały wpływ na zmiany degeneracyjne krążków międzykręgowych.

Materiał i Metodyka. Badania ankietowe przeprowadzono wśród 62 pracowników biurowych wybranej korporacji. Materiał badawczy stanowiło 29 kobiet oraz 33 mężczyzn w przedziale wiekowym 23-61 lat, którzy doświadczali epizodów bólowych lędźwiowego odcinka kręgosłupa. Ankieta była oparta na części podmiotowej karty badań metody McKenziego, uzupełniona o część antropometryczną.

Wyniki. Na ból odcinka lędźwiowego uskarża się 84% wszystkich ankietowanych, przy czym objawy somatyczne różnią się płciowo. Ponadto odnotowano współwystępowanie dyskomfortu bólowego w odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa. Nasilenie dolegliwości wzrasta nie tylko proporcjonalnie do wieku ankietowanych ale również podczas codziennych obowiązków zawodowych.

Wnioski. Praca siedząca, pomimo doniesień na temat powstawania zmian przeciążeniowych, w dalszym ciągu przysparza bóle pleców. Dyskomfort odcinka szyjnego i lędźwiowego kręgosłupa świadczy o zjawisku kompensacji. Niedbała pozycja siedząca jest przyczyną szybszego pojawiania się zmian przeciążeniowych i związanych z tym dolegliwości bólowych.

## Słowa kluczowe:

kręgosłup, bóle kręgosłupa, układ mięśniowo-szkieletowy, ergonomia pracy; ryzyko zawodowe

## Abstract

Objective. The objective of the study was to specify the lumbar spine overload changes in women and men working in a sitting position and to establish when the feeling of discomfort intensifies.

Static position for a long periods of time leads to lumbar spine overload changes. Apart from professional risk factors, sedentary lifestyle also has a tremendous impact on degenerative changes in intervertebral discs.

Material and Methodology. A survey was conducted among 62 office employees, 29 women and 33 men aged 23-61, from a selected corporation, who experienced lumbar pain episodes. The survey was based on the subjective part of the McKenzie method test supplemented with an anthropometric part.

Results. Lumbar pain was reported by 84% percent of the subjects, with the somatic symptoms gender-differentiated and co-occurrence of neck and lumbar pain/discomfort. The pain intensified proportionately to the subjects' age and when performing professional duties.

Conclusion. Although there are reports on the development of overload changes, sedentary work continues to cause back pain. Cervical and lumbar discomfort is indicative of compensation. An inappropriate sitting position is the reason for accelerated development of overload changes and the related pain.

## Key words:

spine, low back pain, musculoskeletal system, work ergonomics, occupational risk

## Introduction

Back pain still constitutes a serious social and economic problem. Latest scientific research suggests that lumbar pain is reaching epidemic proportions. According to the World Health Organisation, such pain affects 80% of population at various life stages and constitutes the most frequent reason for a decrease in physical efficiency, which is one of the main reasons for absence at work [1-4]. The pain may occur as a result of an injury or overloading, i.e. performing repeated movements over a long period of time, as a result of which physical endurance or functional performance of muscles, bones and joints is exceeded [5].

According to epidemiological research, there are three main classes of risk factors of developing back pain syndrome. These include individual and lifestyle-related factors, physical and biomechanical factors as well as psychosocial factors. Examples of the biomechanical factors include: lifting heavy objects, hard work, incorrect body position, exposition to vibrations, driving a car, leaning forward, sitting, twisting the torso [6]. Biomechanical factors contribute to the occurrence of a back pain syndrome episode as well as persistence and exacerbation of symptoms. Various scientific studies suggest that aggravation of pain is closely connected to bent trunk positions, i.e. sitting, standing up from the seated position, leaning forward and driving a car. Patients reported alleviation of the symptoms while walking and performing a physical activity which requires a hyperextended position. According to epidemiological data, there is a high frequency of the occurrence of lumbar pain in blue-collar workers. Current research presents the issue of spine pain syndromes in white-collar employees working at computer desks [7-9]. The type of work performed in today's office environment involves sitting for long periods of time, which is related to a lack of knowledge on the pathobiomechanism of the development of lumbar spine overload changes.

According to the Multi-centre National Population Health Examination Survey (WOBASZ), 55% of Polish women and 49% of Polish men prefer a sedentary lifestyle with either no or incidental physical activity. To compare with, the percentage of people who prefer a sedentary lifestyle in Finland is 10.5%. The result was similar in Germany, i.e. 11.6%; in Russia and Hungary the percentage was 27.3 and 43.4 respectively [10].

In prophylaxis and work ergonomics, a specific way of sitting is recommended to prevent and reduce potential back pain. An inappropriate body position with the trunk bent has a negative impact on the spine structures, which is why the recommended seated position is a position with lordotic curvature of the lumbar spine and a position with slight bending of the lumbar spine [11]. Research confirms that assuming a particular body position, using armrests and personalised location of peripherals translates into employees' increased work comfort [12].

Lumbar spine ailments usually affect men more often than women. The higher proportion men is due to not only

a higher level of mechanical load, but also gender-specific factors which are still subject to research. The lumbar spine pain syndrome is an ailment which concerns a significant part of the society and usually occurs in middle-aged individuals, i.e. at the peak of their professional efficiency. Back pain symptoms usually occur at the end of the third decade of life, i.e. at the age of about 40. Sharp pain in the lumbar area or sciatic neuralgia are often not related to a particular external reason [7].

Back pain episodes are not identical. The course of the disease differs from patient to patient, which is due to individual predispositions, including persistence of symptoms, their gravity and functional impairment. Given the development of musculoskeletal disorders, back pain syndromes become the reason for chronic disability, especially in middle-aged patients in the period of their highest productivity [7]. It can be concluded that a between a half and three fourths of adults will experience the so-called "low back pain" at some point in their lives. Research on general population suggests that 40% of the subjects experienced at least one lumbosacral (L-S) pain episode at least once a year, while 15-20% experienced such pain all the time. Similar statistics are included in overviews and studies in various countries around the world. These statistics suggest that as few as 10-20% of people did not experience such back pains. The stereotypical image of natural, short and self-limiting course of back pain syndrome is not consistent with the latest scientific findings. It should be emphasised, however, that the majority of severe pain episodes end quickly and spontaneously [13].

Office work involves remaining in the seated position for long periods of time. Therefore, an employee is exposed to lumbar spine overload changes. In spite of the development of work ergonomics, the musculoskeletal overload disease still constitutes a large problem.

### **Objective**

The objective of this paper is to establish the correlation between the intensity, frequency and location of lumbar spine pain in people of different genders working at computer desks and their office work seniority as well as the number of hours spent in the seated position.

### **Material and methods**

The research group comprised 62 professionally active individuals. The subjects included 29 women and 33 men aged 23-61, all of whom complained of lumbar pain. The eligibility criteria for participation in the study were the following: similar episodes of pain in the lumbosacral spine, buttocks or thighs experienced in the past and symptoms which varied during the day and with passage of time. People who underwent a surgery, a fracture or with neoplastic changes in the spine did not qualify. The research group included employees of a corporation who work in a sedentary position in front of their computers. Table 1 presents characteristics of the studied groups.

All the employees perform their professional duties in the seated position. Following the assessment of their workstations, it was observed that the employees assumed sitting positions which were conducive to overloading, moreover office chairs and peripherals were not adjusted. The individuals assumed a static seated position and performed infrequent twists of the trunk and leaned forward. They rested their forearms on their desks, instead of chair armrests. The employees participated in organised trainings on work ergonomics.

The employees included in the study answered a number of questions concerning back pain. The survey was created on the basis of the McKenzie MDT self-test. It was divided into three parts; the first concerned anthropometric data, the second referred to lumbar pain and the last part concerned cervical pain and its co-occurrence with lumbar pain. Information on the location, type and intensity (VAS scale) of pain was collected and instances of pain were characterised in detail. The subjects indicated the frequency and location of pain and the correlation between the pain and specific body positions. Information on the number of years doing computer work and adherence to the rules of ergonomics was also provided. The employees provided information on ways of spending their free time as well. The survey was conducted in person, at the respondent's place of work.

**Table 1. Characteristics of the research material**

Variable	Women	Men	p value
	n = 29	n = 33	
	$\bar{x} \pm SD$ (Me; Q1÷Q3)	$\bar{x} \pm SD$ (Me; Q1÷Q3)	
Age [years]	35,4 ± 7,26 (35; 30 ÷ 39)	37,1 ± 9,41 (36; 30 ÷ 40)	0,6670
Height [cm]	168,3 ± 5,75 (168; 164 ÷ 173)	180 ± 6,65 (180; 176 ÷ 184)	< 0,0001
Weight [kg]	64,8 ± 11,8 (62; 54 ÷ 75)	80,8 ± 9,36 (82; 74 ÷ 87)	< 0,0001
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	22,8 ± 3,9 (22; 19,5 ÷ 26)	24,9 ± 2,77 (24,7; 23,2 ÷ 26,8)	0,0059
Staż pracy [lata] work experience [years]	7,6 ± 6,1 (6; 1 ÷ 12)	8,1 ± 6,3 (6; 2 ÷ 13)	< 0,0001

### Results

In the course of the study, it was established that 54 out of 62 of the surveyed individuals reported lumbosacral pain. Among them, 28.1% experienced pain several times a month, 23.4% several times a week and 18.7% several times a year and as many as 17.2% every day.

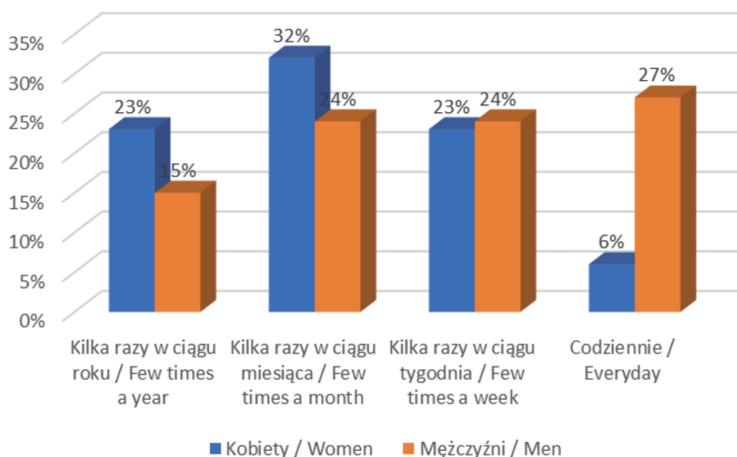
Local pain in the lumbosacral area was reported by 40.6% of all the subjects (54.8% women and 45.5% men). Pain radiating from the lumbar spine to the buttock and thigh was

reported by 21.8% women and men. What is significant and characteristic of spine pain syndromes is their occurrence in the past. As many as 68.7% of the research group (22 women and 22 men) reported they had experienced pain incidents.

Physical activities performed by the subjects outside work included housework (78%) and cycling (74%), which they performed several times a week (57.8%). Few subjects (12%) performed additional physical activities every day.

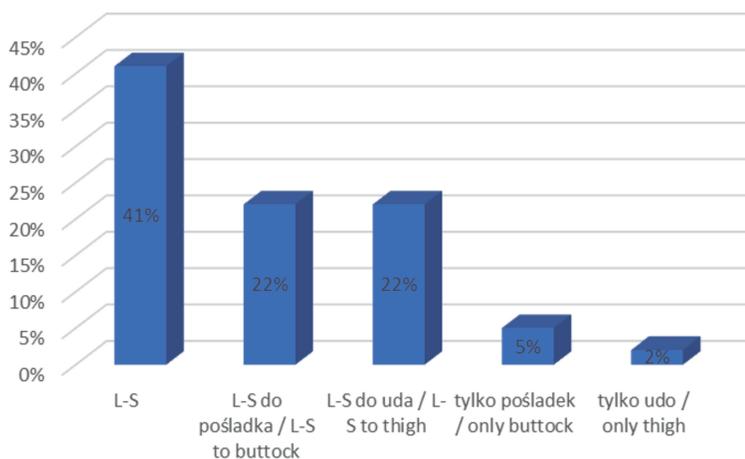
Slightly more than 60% confirmed compliance with the rules of ergonomics at work (54.8% women and 66.66% men). However, as many as 84.37% of the respondents, slightly more men than women, reported lumbar pain during work. Cervical pain was reported by 59.37% of the subjects (58.06% women, 60.60% men). Simultaneous lumbar pain and cervical pain was reported by 17.18% of the respondents.

The frequency of pain also differed depending on the gender (Fig. 1). Women (32.25%) experienced pain several times a month, whereas men (27.27%) experienced pain on a daily basis.



**Fig. 1. Frequency of lumbar pain**

Figure 2 presents the location of pain accompanying lumbar pain in all the subjects. Lumbosacral pain was the most frequent, while pain limited to the area of the buttocks was the least frequent.



**Fig. 2. Location of pain symptoms accompanying lumbar pain in all the subjects**

Figure 3 presents the differences in location of lumbar pain depending on the gender. The lumbosacral spine was the most frequent location of pain reported by women. In men, apart from local pain, radiating pain to the buttocks or thighs also occurred.

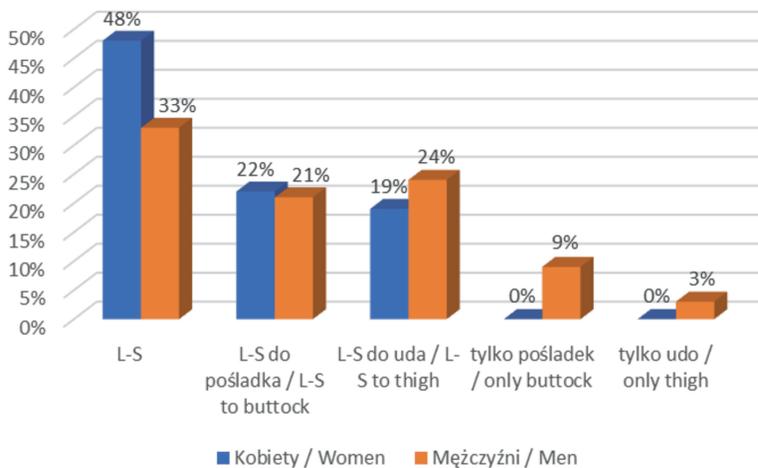


Fig. 3. Percentage distribution of lumbar pain reported by women and men

Figure 4 presents pain accompanying cervical pain. Local pain and pain radiating to the shoulder were the most frequently reported locations of pain accompanying cervical pain in all the subjects.

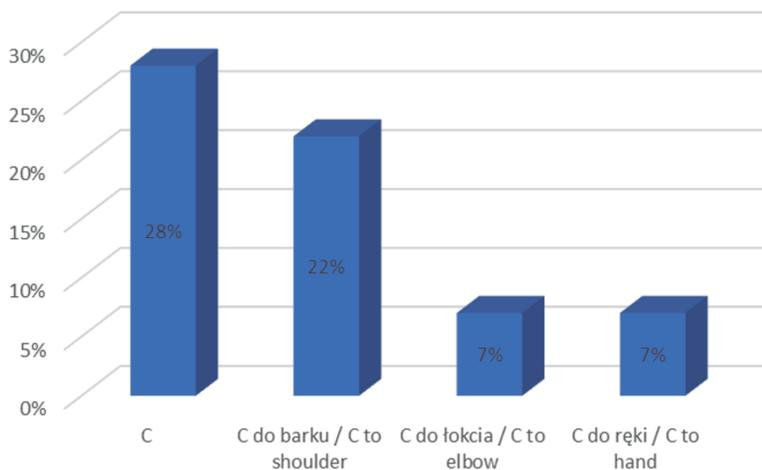
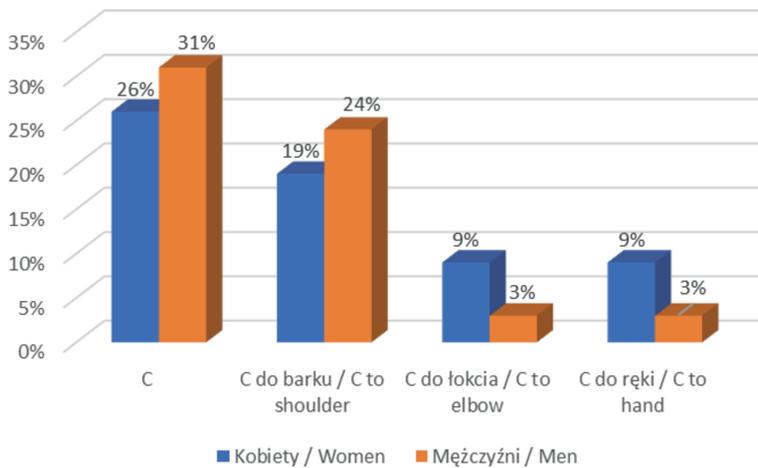


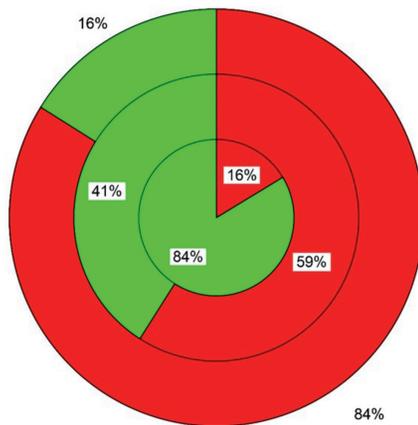
Fig. 4. Location of pain symptoms accompanying cervical pain in all the subjects

Figure 5 presents gender differences in terms of the location of pain accompanying cervical pain. Pain in the cervical spine area and pain in the cervical spine area radiating to the shoulder were the most frequent locations of pain reported by men. The dominant type of pain in women was local pain and pain radiating to the elbow and arm.



**Fig. 5. Percentage distribution of cervical pain reported by women and men.**

The pie chart (Fig. 6) presents percentage values of the occurrence of pain in various sections of the spine. As many as 84% of the respondents reported lumbar pain and 59% reported pain originating in the cervical spine. Pain originating both in the cervical spine and the lumbar spine was reported by 16% of the respondents.



The occurrence of back pain  
 outer circle: lumbar spine  
 middle circle: cervical spine  
 internal circle: co-occurrence of pain in the cervical and lumbar spine

**Fig. 6. Occurrence of lumbar and cervical pain and their co-occurrence among employees with sedentary work.**

Figure 7 presents the relationship between pain intensity in the three age groups. In the group of respondents up to the age of 30, 50% complained of pain whose intensity was 3-5. Respondents aged between 31 and 40 experienced pain whose intensity was 4-6. Respondents over the age of 40 usually marked 6 and 7 on the VAS scale. There was a statistically significant relation between the groups of respondents below 30 and above 40. The highest value among all the respondents was 8. The lowest value in the first group was 2, in the second group it was 1 and in the oldest group of employees the lowest value was 5 on the VAS scale.

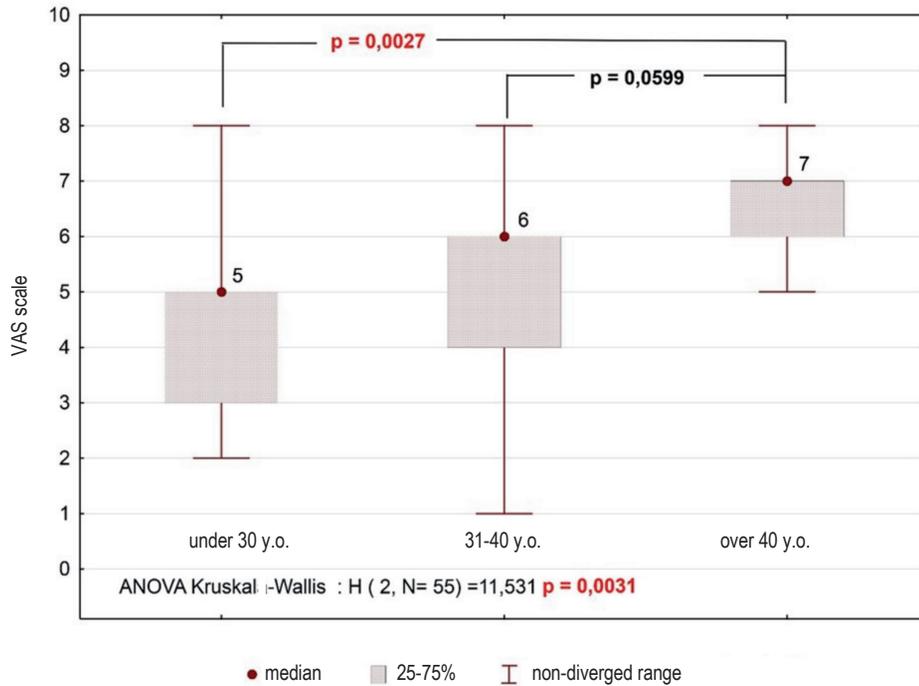


Fig. 7. Relationship between age and pain intensity in the three studied groups performing sedentary work

Figure 8 presents the relationship between work seniority (in years) and pain intensity with statistical dependence at  $p = 0.0008$ . The intensity of pain increased together with the increase in the number of years spent working at a computer desk. Single individuals reported pain of intensity of 2-8 (VAS scale) as early as after one year at work. The pain intensity after 10 years at work was 5-8 (VAS scale).

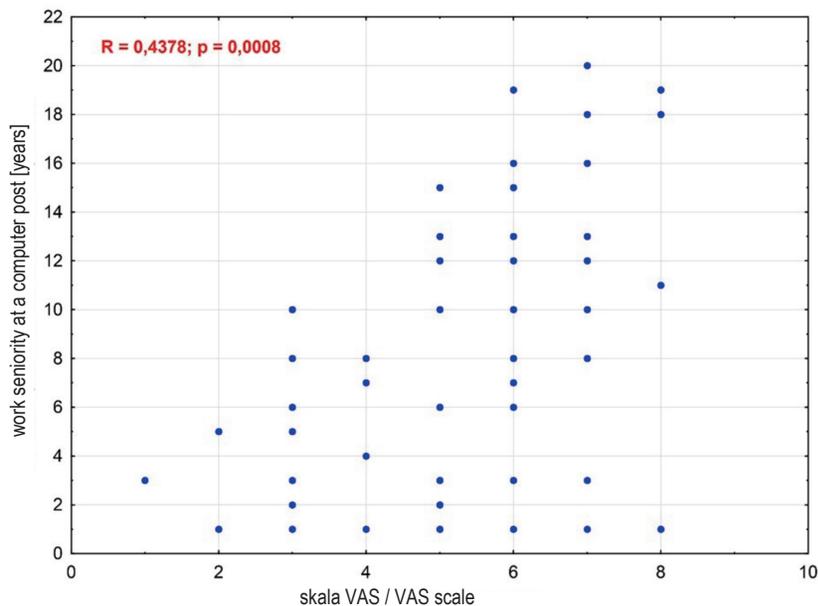


Fig. 8. Relationship between work seniority [years] and pain intensity [VAS] in office employees

Another issue is the occurrence of pain when performing work (Fig. 9). Statistically significant relation ( $p = 0.0017$ ). The highest concentration of pain was between the 4th and 6th hour of work. It is then that the respondents reported pain of 3-8 points in terms of intensity (VAS scale) most frequently. Single individuals reported strong pain, i.e. over 5 on the VAS scale, as early as after one hour at work.

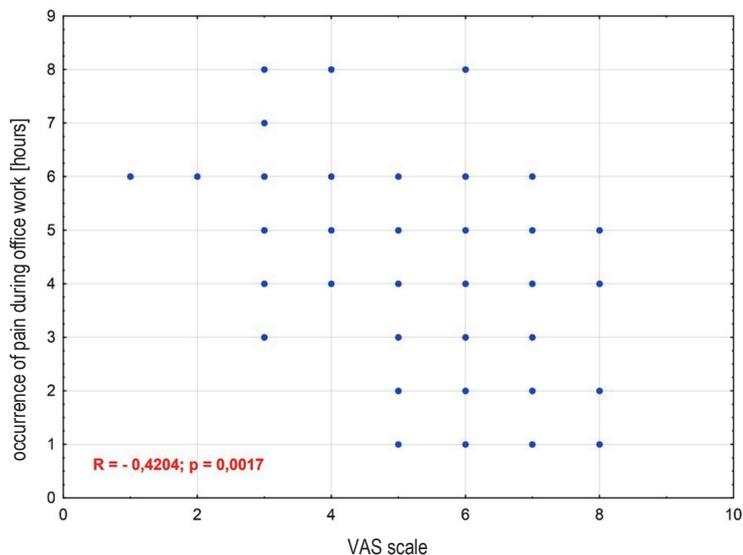


Fig. 9. Relationship between the occurrence of pain during work [hours] and pain intensity [VAS] in office employees

**Discussion**

Office or administrative work involves remaining in a static seated position for several hours a day. The perception of musculoskeletal pain in the employees of the selected corporation was studied with respect to gender. The study also referred to the number of years spent working at a computer desk, which is related to the intensification of pain sensations.

Cervical spine and low back were the locations of pain most frequently reported by office employees. Shoulder and knee pain was not reported nearly as frequently [14]. Research by Black et al. consequently indicates that people who have a tendency to stoop, sit with the head protracted or assume a non-ergonomic body position are prone to upper and low back pain while working [15]. Out of the 312 office employees studied, as many as 45.5% reported cervical pain. It was also observed that – as in the case of the above study – people over 30 are 2.61 times more likely to experience neck pain compared to younger employees [16]. It should be emphasised that co-existence of cervical pain and lumbar pain is related to the compensation mechanism which transfers loads according to the rules of biomechanics. Changing position while sitting entail changing the angles of lumbar lordosis, which undoubtedly leads to changes in the curvature of the cervical spine [17].

The ailments are related to the number of hours spent in the seated position. All-day observation of office employees allowed to establish that they were sitting with hunched back for at least 2.6% - 78.7% of the time at work. The subjects assumed a slouchy sitting position irrespective of the time of the day, however, the frequency was higher late in the morning and late in the afternoon than early in the morning [15]. The most frequent position among employees was a slouchy sitting position with kyphotic lumbar spine. According to the results of sEMG scans performed during office work, there were long periods of low or very low activity of the lumbar muscles [18]. Changes related to inactivity affect passive structures such as ligaments or intervertebral discs. This means that cyclical, long-term loading leads to the degeneration of flexible structures, which causes pain [19]. These data may be reflected in this study due to the fact that pain occurred most frequently after 4 hours of work.

Latest findings from 2016 show that people who have more breaks and often change position while sitting experience less pain related to the static seated position. The upright position and the forward inclined position are the most frequent among the seven seated positions. It was also noted that a perfect ergonomic position which could be maintained over longer periods of time does not exist. It was demonstrated that the seated position assumed by subjects with slight back pain during the day was more static than in the case of individuals without any discomfort whatsoever [20]. Loads on the spine related to slouching positions were studied by Wilke et al. It was proven that the pressure on intervertebral discs increased when subjects assumed a slouchy seated position with the trunk inclined forward on the sagittal plane, which accelerated the process of degeneration [21].

Differences in experiencing pain originating in the lumbar spine in women and men were analysed. Men complained of pain more often than women and pointed to a wider range of pain locations. A global study conducted in 2010 concerning occupational loads showed that men aged 35-55 constituted 62% of people with low back pain [22]. Easy paravertebral muscle fatigability associated with a higher pain intensity was observed in the male population. This was not observed in women [23]. Anthropometric measurements demonstrated an increased risk of lumbago in tall men (180 cm) and women over 170 cm, which may result from the tendency to lift weights with the end of the longer lever arm. A higher body mass index in men, as opposed to women, was also found to constitute a risk factor in prolapse of the intervertebral disc [24]. Biological tests, however, prove that women experience pain more often due to a lower pain threshold and tolerance to nociceptive stimuli than in men [25- 26].

There is a correlation between pain intensity and the employee's work seniority and age. The group below the age of 30 reported pain of lowest intensity. Individuals over the age of 40 pointed to highest values on the VAS scale, which proves the pathobiomechanism of overload changes in the

lumbar spine. This is indicative of progressive pathological changes in the intervertebral disc in the lumbar spine, which translates into an increase in pain intensity. With age, it undergoes degeneration and dehydration. Incorrect positions of the body which overload the spine, repeated movements or incorrect carrying of objects accelerate degenerative processes in the intervertebral disc. Shear strengths lead to the protrusion of the disc and incorrect transfer of loads by the nucleus pulposus. In the last stage of degenerative changes, the intervertebral disc undergoes fibrosis, which limits the mobility of the spine and, therefore, reduces the pain [27- 28]. The lumbar spine pain syndrome is an ailment which concerns a significant part of the society and usually occurs in middle-aged individuals, i.e. at the peak of their professional efficiency. Research confirms that, at the earliest, back pain occurs at the end of the third decade of life, i.e. at the age of about 40 [7].

Given the high costs of diagnostics and treatment of musculoskeletal conditions, which affect mainly the lumbar spine, the efficiency of primary and secondary prophylaxis is analysed. Primary prophylaxis involves preventive interventions which prevent diseases in employees and whose aim is to alleviate pain; secondary prophylaxis involves non-specific exercise programmes and patient education on returning to work after a disease. Clinical scientists agree that ensuring quick preventive interventions is the most effective method of preventing the development of chronic diseases. Research confirms high effectiveness of prophylaxis based on the decrease in general costs related to employees taking sick leaves, specialist medical consultations and analgesics [29- 30].

This study shows that over 60% of the respondents follow work ergonomics rules. However, as many as 87% of all the respondents reported lumbar pain and 59% reported cervical pain. Therefore, in the selected group of office employees, ergonomic guidelines did not contribute to a reduction of the ailments. However, Pillastrini proved that personalised and detailed instructions in terms of ergonomics of the seated position reduce the occurrence of low back pain [31]. Apart from trying to find the perfect seated position, researchers are trying to introduce an alternative way of working. One of the proposals was made at the beginning of 2017 and its aim is to reduce the time spent in the static seated position by combining a desk with a bike [32]. A standing workplace or a treadmill were also applied in order to limit pathogenic body positions [33].

Authors present various possibilities with numerous advantages. Implementation of new office work standards should be considered. Such standards should not constitute an additional financial burden for the company and should be available for each employee, irrespective of the way they perform their professional duties and what the loads involved are.

### **Conclusions**

Pain located primarily in the area of the lumbar spine, in the area of the cervical spine and simultaneous occurrence of lumbar and cervical pain was observed in employees performing their professional duties in the seated position.

The location and frequency of spine pain is gender-differentiated, with men being the dominant group.

In spite of theoretical knowledge of the scientific community concerning the pathobiomechanism of the occurrence of spine overload changes, the recurrence of pain episodes still remains an issue, which may be indicative of the lack of awareness and knowledge among society in general.

Adres do korespondencji / Corresponding author

**mgr Magdalena Zygmańska**

E-mail: magdalena.zygmańska@wp.pl

## Piśmiennictwo/ References

1. Grzegorzczak J. Współczesne poglądy na temat rehabilitacji w bólach krzyża. *Prz Med Uniw Rzesz* 2005; 2, 7, 181-7
2. Jacobs JV, Henry SM, Jones SL, et al. A history of low back pain associates with altered electromyographic activation patterns in response to perturbations of standing balance. *J Neurophysiol* 2011; 106, 5, 2506-14
3. Inani SB, Selkar SP. Effect of core stabilization exercises versus conventional exercises on pain and functional status in patients with non-specific low back pain: A randomized clinical trial. *J Back and Musculoskeletal Rehabil* 2013; 26, 1, 37-43
4. Zemp R, Fliesser M, Wippert PM, et al. Occupational sitting behaviour and its relationship with back pain- A pilot study. *Appl Ergon* 2016; 56, 84-91
5. Ogurkowska MB. Biomechaniczna ocena zmian strukturalnych i funkcjonalnych kręgosłupa lędźwiowego u zawodników wyczynowo uprawiających wioślarstwo. Poznań 2007: Akademia Wychowania Fizycznego
6. Ferguson SA, Marras WS. A literature review of low back disorder surveillance measures and risk factors. *Clin Biomech* 1997; 12, 4, 211-26
7. McKenzie R, May S. Kręgosłup lędźwiowy. *Mechaniczne Diagnozowanie i Terapia*. Volume 1. Poznań 2011: Forum
8. Wiecheć M., Chudzik A., Śliwińska Z. i in. Ocena skuteczności terapii u chorych z dyskopatią lędźwiową leczonych metodą McKenziego I Maigne'a. *Fizjoterapia Polska* 2015; 15; 3; 24-34
9. Curyło M., Bielańska A., Raczkowski J.W. Ocena częstotliwości występowania zespołów bólowych kręgosłupa lędźwiowego wśród pracowników biurowych i fizycznych. *Fizjoterapia Polska* 2017; 17; 1; 28-36
10. Drygas W, Kwaśniewska M, Szcześniewska D i wsp. Ocena poziomu aktywności fizycznej dorosłej populacji Polski. Wyniki programu WOBASZ. *Kardiologia Polska* 2005; 63, 4, 1-5
11. Czaprowski D, Leszczewska J, Sitarski D. Czy istnieje „idealna” pozycja siedząca? *Post Rehab* 2014; 3, 47-54
12. Haynes S. Impact Of Position Optimization On Comfort And Working Posture Preference For Computer Operators With Chronic Low Back Pain. *Proc Hum Factors Ergon Soc 52nd Annu Meet* 2008; 52, 9, 697-701
13. Coste J, Delecoeuillerie G, Cohen de Lara A, et al. Clinical course and prognostic factors in acute low back pain; an inception cohort study in primary care practice. *BMJ* 1994; 26, 308, 577-80
14. Jefferson JR. The Effect of Cushioning Insoles on Back and Lower Extremity Pain in an Industrial Setting. *Workplace Health Saf* 2013; 61, 10, 451-7
15. Black N, DesRoches L, Arsenault I. Observed postural variations across computer workers during a day of sedentary computer work. *Proc Hum Factors Ergon Soc 56th Annu Meet* 2016; 56, 1, 1119-22
16. Cagnie B, Danneels L, Van Tiggelen D, et al. Individual and work related risk factors for neck pain among office workers: a cross sectional study. *Eur Spine J* 2007; 16, 5, 679-86
17. Black KM, McClure P, Polansky M. The Influence of Different Sitting Positions on Cervical and Lumbar Posture. *Spine* 1996; 21, 1, 65-70
18. Mörta F, Bradl I. Lumbar posture and muscular activity while sitting during office work. *J Electromyogr Kinesiol* 2013; 23, 2, 362-8
19. Adams MA, Dolan P. Time-dependent changes in the lumbar spine's resistance to bending. *Clin Biomech* 1996; 11, 4, 194-200
20. World Health Organization, WHO. Research for universal health coverage: World health report 2013. From: <http://www.who.int/whr/2013/report/en/> (2016, 06, 14)
21. Giesecke T, Gracely RH, Grant MA, et al. Evidence of augmented central pain processing in idiopathic chronic low back pain. *Arthritis Rheum* 2004; 50, 2, 613-23
22. Driscoll T, Jacklyn G, Orchard J, et al. The global burden of occupationally related low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis* 2014; 73, 6, 975-81
23. Biering- Sorensen, F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine* 1984; 9, 2, 106-19
24. Heliövaara, M. Body height, obesity, and risk of herniated lumbar intervertebral disc. *Spine* 1987; 12, 5, 469-72
25. Ono R, Higashi T, Takahashi O, et al. Sex differences in the change in health-related quality of life associated with low back pain. *Qual Life Res* 2012; 21, 10, 1705-11
26. Wise EA, Price DP, Myers CD, et al. Gender role expectations of pain: relationship to experimental pain perception. *Pain* 2002; 96, 3, 335-342
27. Dziak A. Bóle i dysfunkcje kręgosłupa. Kraków: Med Sportiva 2007
28. Kraemer J. Choroby krążka międzykręgowego. Przypadki kliniczne, diagnostyka, leczenie, profilaktyka. Wrocław 2013: Elsevier Urban & Partner
29. Gatchel RJ. Musculoskeletal disorders: primary and secondary interventions. *J Electromyogr Kinesiol* 2004; 14, 1, 161-170
30. Gatchel RJ, Polatin PB, Mayer TG. The dominant role of psychosocial risk factors in the development of chronic low back pain disability. *Spine* 1995; 20, 24, 2702-9
31. Pillastrini P, Mugnai R, Bertozzi L, et al. Effectiveness of an ergonomic intervention on work-related posture and low back pain in video display terminal operators: A 3 year cross-over trial. *Appl Ergon* 2010; 41, 3, 436-43
32. Torbeyns T, de Geusa B, Bailey S, et al. The potential of bike desks to reduce sedentary time in the office: a mixed-method study. *Public Health* 2017; 144, 16-22
33. MacEwen BT, MacDonald DJ, Burr JF. A systematic review of standing and treadmill desks in the workplace. *Prev Med* 2015; 70, 50-8

# Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method

MAGDALENA JABŁOŃSKA\*, ANNA FRYZOWICZ, MAŁGORZATA BARBARA OGURKOWSKA

Department of Biomechanics, Poznan University of Physical Education, Poznań, Poland.

*Purpose:* The aim of this study was to evaluate objective results of short-term treatment with the use of electromyography and to determine changes in muscle recruitment during the prone hip extension test in individuals with chronic low back pain who underwent the McKenzie treatment. *Methods:* The studied group consisted of 17 male office workers aged 33–55 who underwent two experimental sessions comprising of 3 measurements and the McKenzie method of mechanical diagnosis and therapy. Electromyographic examination of selected muscles was performed during the test in order to assess changes in their activity before and after the McKenzie method and the Visual Analogue Scale was used to assess the level of pain. *Results:* There was a tendency towards significance at the beginning of activation between the first and second test for the left erector spinae muscle ( $p = 0.0684$ ). In 18% of patients, the onset activation time decreased, which is indicative of correct direction of changes. No statistically significant changes were observed in the remaining muscles. Statistical significance ( $p = 0.0131$ ) was observed between the first and third test for the left erector spinae muscle. A decrease in the onset activation time was observed in 75% of the subjects. Effectiveness increased by as much as 57%. The level of pain decreased in the third test compared to the first one ( $p = 0.0240$ ). However, the change in pain sensations between the first and second test was not statistically significant. *Conclusions:* The study showed objective changes in the activation sequence of selected muscles and subjective changes in pain following short term McKenzie therapy.

*Key words:* low back pain, sEMG, movement pattern, prone hip extension

## 1. Introduction

Nowadays, back pain constitutes a serious social and economic problem. It affects about 80% of population at various stages of life and it is the most frequent cause of disability among adults. Epidemiological data show that 42–75% of people who experienced the first episode of low back pain (LBP) also experience relapses [1]. The McKenzie method, whose effectiveness exceeds that of other rehabilitation interventions, is one of the ways to effectively combat chronic sacral pain. The McKenzie method is a mechanical diagnosis and therapy of spine and limb pain syndromes based on the knowledge of pain patterns and the analysis of changing symptoms in interview and physical examination. Mechanical diagnosis is

based on the evaluation of symptomatic reactions during performance of repeated movements. The patient's task is to determine the symptoms occurring before, during and after the movements, and then to determine whether the symptoms change during repeated movement and afterwards. Evaluation of the reactions consists in determining peripheralisation and centralisation of symptoms [16].

One of the best studies evaluating the effectiveness of the McKenzie method was carried out by Long et al. [19]. The study assessed the importance of the exercise performed by the patient. It was shown that in a group of patients who performed the exercise selected in accordance with the directional preference shown in the diagnostic process, there was a significant improvement or complete relief of pain in 95% of the patients. In patients who performed exercises

---

\* Corresponding author: Magdalena Jabłońska, Department of Biomechanics, Poznan University of Physical Education, Królowej Jadwigi 27/39, 61-871 Poznań, Poland. E-mail: magdalena.zygmanska@wp.pl

Received: February 25th, 2020

Accepted for publication: May 13th, 2020

in the opposite direction, there was an improvement in 23% of patients.

However, literature review indicates a subjective evaluation of the effectiveness of the McKenzie method with patients noticing a reduction in pain or disability after the McKenzie method of treatment [6].

Available studies indicate possible causes of LBP. First of all, the presence of changes in the muscle system is mentioned as the main cause of abnormalities. Spine stability disorders are caused by distorted antagonist/agonist balance or low level of muscle activation [10]. Moreover, in the Tikkanen et al.'s study [25], a lower muscle activity was observed in men, compared to women, during normal daily life. Therefore, the task of the muscle system is to control movement and stabilize spinal structures, thereby protecting against overloading during physical activity. Muscles protect the spine from damage, but, as a result of prolonged overloading, they become inefficient and the loads will be transferred to the passive stabilization system (ligaments, capsules of intervertebral joints). If the movement which causes overloading is repeated, it causes damage to the intervertebral disc and morphological changes in the vertebral bodies [21].

Overloading of the spine may occur during everyday activities, professional work and competitive sports [21]. Office workers are likely to spend long hours in a forced seated position in front of a computer. It was proven that the seated position alone is not a factor in the development of back pain, but working in uncomfortable positions for more than half a day's work is. Moreover, the time spent working in the seated position affects the intensity of LBP among blue-collar workers, as well as in white-collar workers. O'Sullivan et al. [22] determined the relationship between body posture, muscle endurance and pain in industrial workers complaining of back pain associated with the bending of the lumbar spine. It was proven that passive, slump sitting postures lead to dysfunction of the muscles stabilizing the spine, decrease of muscle endurance, increase of pelvic frontal tilt in the seated position and spinal flexion at the limits of the mobility range during "normal" sitting. This alignment of the spine may lead to increased loads on the passive system of stabilizers and decreased activity of active stabilizers of the spine, i.e., the muscle system. Permanent and cyclically repeated abnormal motor activity and sitting in an abnormal position for prolonged periods of time may contribute to changes in muscle tissue and its dysfunctions, manifested by a changed movement pattern, pain or, eventually, motor disorders [22]. Studies indicate that LBP is associated with muscular imbalance and a change in the pattern of

lumbo-pelvic muscle activation during various tasks. Hungerford et al. [12] described a delay in electromyographic activation in patients with LBP, compared to healthy subjects, during a test which involved hip flexion in the standing position. This shows a change in the strategy of stabilization of the sacroiliac joints, which may result in disorders in load transfer through the pelvis [12]. Leinonen et al. [17] examined patients with LBP. During the test of torso flexion and extension, changes in the activation of individual muscles were also observed in the sagittal plane. Reduced gluteus maximus muscle (GM) activity was observed, which helped formulate guidelines in terms of rehabilitation of these patients [17].

Motor patterns in individuals with back pain can be evaluated in clinical tests. One of them is the prone hip extension (PHE) test, developed by Janda. It is widely used to measure the lumbo-pelvic movement pattern. The test consists in lifting the lower limb – straight knee joint – in the prone position. Janda [14] was the first to describe muscle recruitment dysfunction as a pathology. He examined the sequencing between synergistic muscles during selected functional movements. Comparison of muscle activity sequences in people experiencing pain and health problems made it possible to define specific recruitment patterns. During the above mentioned test, an imbalance of muscles and changed recruitment of lumbo-pelvic muscles in patients with back pain were observed [14]. It is assumed that the change in lumbo-sacral muscle activation contributes to the destructive effect on the system of stabilizers. Studies show that in workers with back pain, the lumbar muscles activate too quickly in comparison to healthy people [26].

Despite many studies evaluating the efficacy of the McKenzie method in individuals with spinal pain syndrome, there is still some controversy in terms of diagnosis and treatment of this group of patients, and studies conducted to evaluate treatment results are mainly based on subjective scales and questionnaires. For this reason, it was decided to evaluate the results of treatment of patients with chronic lumbar pain on the basis of objective methods of movement analysis.

The aim of this study was to evaluate objective results of short-term treatment with the use of surface electromyography (sEMG) and to determine changes in muscle recruitment during the PHE test in individuals with chronic lumbar and sacral pain who underwent the McKenzie treatment.

Moreover, differences between subjective and objective results of short-term McKenzie therapy were compared and evaluated.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Ethics statement

The study was approved by the Bioethics Committee of the Poznań University of Medical Sciences. All subjects expressed written informed consent to participate in the study. All procedures were conducted according to the Declaration of Helsinki.

### 2.2. Participants

The studied group comprised 17 men (average age: 41.2 years, standard deviation (SD): 6.89; average body mass index: 27.39 kg/m<sup>2</sup>, SD 3.86; average body weight: 87.9 kg, SD 11.7; average body height 178.9 cm, SD 5.9) with chronic non-specific lumbar and sacral pain syndrome, working in the seated position in front of a computer (average work experience 13.3 years, SD 6.59).

Patients were preliminarily classified with the use of a lumbar spine examination protocol according to the McKenzie method. Moreover, anthropometric data, information on the job seniority and nature of work, activities and tasks performed outside of work or knowledge of ergonomic principles were collected. Respondents indicated the frequency of pain, functional limitations, daily variability of pain and the influence of body positions on pain.

The criteria for inclusion in further tests included: the presence of features characteristic of the derangement syndrome, in which pain is caused by mutual disturbance of structures in the motor segment (e.g., displacement of the nucleus pulposus leading to annulus fibrosus damage and even pressure on nervous structures). Centralisation and peripheralisation as well as directional preference were characteristic only for this spinal pain syndrome. In addition, there was a feeling of "movement blockage", pain in the lumbo-sacral region, buttocks or thighs, history of similar pain episodes in the past, and a changing picture of symptoms throughout the day and over time. The following exclusion criteria were defined: history of lumbar spine surgery, diagnosed spondylolisthesis, history of hip, knee and ankle joint pain, female sex.

### 2.3. Experimental procedures

In the first stage of the study, all patients ( $n = 44$ ) underwent an examination based on the McKenzie

protocol (Fig. 1). During the test, the therapist's task was to see whether directional preference and centralisation could be determined. Patients in whom directional preference and centralisation were not defined were excluded from the study.

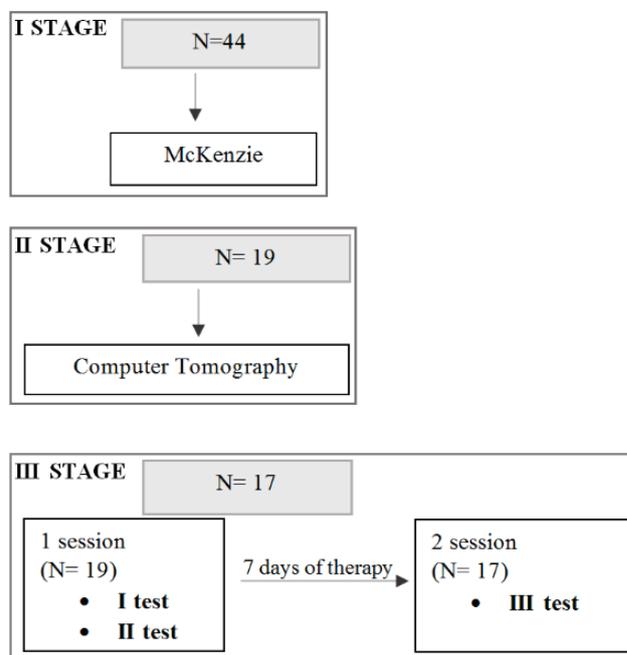


Fig. 1. Diagram describing the number of patients at particular stages of the study

In the second stage of the study, the patients ( $n = 19$ ) underwent Computed Tomography scan of the lumbar spine (Fig. 1). The examination was carried out in an independent diagnostic imaging laboratory. Descriptions of the examination results were prepared by a radiologist. All examined individuals were diagnosed with overload degenerative changes in the form of protrusion of intervertebral discs located centrally, bi-sided in 17 individuals; centrally, left-sided or right-sided in the remaining individuals; 13 individuals were diagnosed with narrowing of intervertebral space. The exclusion criteria at this stage were: neoplastic disease, previous fractures of the spine.

The third stage of the study was divided into two sessions. In the first session 19 patients participated and it included: warm-up, I evaluation of pain according to the Visual Analogue Scale (VAS), I sEMG measurement during PHE test and the McKenzie method therapy. Then, after an hour break, the following were performed: II pain evaluation according to the VAS scale, and II sEMG measurement during PHE test. The second session took place after 7-day therapy according to the McKenzie method, per-

formed individually at home and at work. Two patients decided not to continue after the first session ( $n = 17$ ). During the second session, patients underwent III pain assessment according to the VAS scale and III sEMG measurement during PHE test (Fig. 2).

Session 1	Session 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warm-up</li> <li>• 1 VAS scale</li> <li>• 1 sEMG measurement</li> <li>• McKenzie therapy</li> <li>• 2 VAS scale</li> <li>• 2 sEMG measurement</li> <li>• Exercise instructions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warm-up</li> <li>• 3 VAS scale</li> <li>• 3 sEMG measurement</li> </ul>

Fig. 2. Schedule of the third stage of the study

## 2.4. sEMG measurement

PHE test was used as a tool to assess the effectiveness of short-term therapy according to the McKenzie method. During the PHE test, sEMG measurements were performed with the use of the 16-channel telemetric sEMG TeleMyo 2400T G2 system (Noraxon, USA). The sEMG signal was sampled at 1000 Hz and then filtered (bandwidth: 10–500 Hz). Recruitment of 4 selected lumbo-pelvic muscles was analysed: left and right erector spinae muscles (LES and RES), right gluteus maximus muscle and right biceps femoris muscle (BF). The subjects were asked to lie down in the prone position on the couch with upper extremities resting along the body. Next, the patient's skin was shaved and cleaned. According to SENIAM recommendations, disposable, self-adhesive Ag/AgCl electrodes (SORIMEX, Poland, 1 cm in diameter) were placed in a bipolar configuration, parallel to the muscle fibres. The electrodes were stuck by a physiotherapist. In order to collect sEMG signals, the electrodes were placed as follows: for RES and LES on both sides at least 2 cm from the spinous processes of the L3 vertebra, for GM – in the middle of the line connecting S2 with the greater trochanter, for BF – laterally in the middle of the line between the buttock fold and the hollow of the knee [8]. When requested, the patient did prone hip extensions, approx. angle of 20–30 degrees. The patient maintained this position for three seconds and then returned to the initial position. Five PHE tests were carried out for the right lower limb.

## 2.5. sEMG signal processing

Three correctly recorded results were selected for analysis. Signal processing was performed with the MyoResearch XP Master Edition software (Noraxon, USA). Artefacts and noise were visually inspected. The sEMG signal was full-wave rectified and smoothed using a root mean square algorithm with a 50 milli-second window. The sequence and time of activation of ES, GM and BF muscles were measured. It was assumed that the onset of muscle activation was when the sEMG signal was maintained at the level over 3 standard deviations from the average value of the signal recorded at rest in the prone position for a minimum period of 0.3 seconds. The activation time of the BF muscle was set as the reference point, for which the relative activation time was marked as “0”. Next, the relative activation time for each of the examined muscles was calculated according to the following formula:

$$\begin{aligned} \text{Relative activation time of muscle } X \\ = \text{absolute activation time of BF} \\ - \text{absolute activation time of muscle } X \end{aligned}$$

The result for muscles that activated before BF is positive, while in the case of muscles that activated after BF the result is negative.

The reference group was established on the basis of standards for the correct muscle activation sequence during the PHE test according to Janda [14]. Janda suggests that the regular activation pattern during hip prone extension is as follows: hamstrings, followed by GM, followed by contralateral ES, followed by ipsilateral ES.

## 2.6. McKenzie method therapy

The therapy during the first session was based on the McKenzie method of Mechanical Diagnosis and Therapy. It consisted of performing a specific movement of the torso during which symptoms were centralised or eliminated. Static and dynamic procedures were applied. The first procedure consisted in assuming a static forearm-supported prone position for five minutes. Then the dynamic procedure followed. The hyperextension pattern, which consisted in active torso hyperextension in the prone position, was applied again. The therapy was broken down into 4 series, 10 to 15 repetitions each.

At the end of the first session, the subjects received instructions with the schedule of the self-

therapy. The duration of the therapy was 7 days. It was recommended to perform the static and dynamic procedure cyclically, every 2 or 3 hours, interrupting the work / seated position for a few minutes. In addition, in case of pain, the use of self-therapy on an ad hoc basis was also recommended. All patients were informed about the phenomenon of centralisation and peripheralisation and the necessity to report intensification of pain symptoms by phone.

## 2.7. VAS scale

The VAS scale was used at each stage of the study. The VAS scale is a visual-analogue scale used to determine the intensity of pain sensations. No pain corresponds to 0, and unbearable pain, the largest that a patient can imagine, corresponds to 10. The patient is recommended to determine the intensity of pain on a scale drawn on a piece of paper [20].

## 2.8. Statistical analysis

The aim of the analysis was to determine whether a short-term McKenzie intervention affects the order of muscle activation during the PHE test and the level of pain experienced by patients. The mean time (from three tests) of muscle activation onset was calculated. This constituted the basis for determining the order of muscle recruitment in all patients. In addition, changes in pain sensations were determined on the three test dates with the use of the VAS scale.

## 2.9. Statistical methods

Results of quantitative variables used in the study were presented as mean values, standard deviations (SD), while qualitative variables were presented as percentage and number. Normality of distribution was examined and conformity assessment was performed with the Shapiro–Wilk test. Critical significance level was assumed at  $p = 0.05$ . The analysis of significance of differences between the two tests over time was carried out with the Wilcoxon's test. Correlations between the pain scale and muscle activation sequence were performed using Spearman's rank correlation coefficient test.

To describe differences related to two averages, effect sizes ( $d$ ) were calculated as the difference between means divided by the pooled standard deviation. Using Cohen's criteria [7], an effect size  $\geq 0.20$

and  $< 0.50$  was considered small,  $\geq 0.50$  and  $< 0.80$  medium, and  $\geq 0.80$  large.

Statistical analysis of the results was performed with the use of the STATISTICA 10 statistical package (StatSoft Inc.).

## 3. Results

Table 1 shows the activation onset time of selected muscles on three test dates and the sequence of recruitment in all the subjects. The muscle activation sequence during the PHE test was determined with reference to the BF muscle, which should be the first to activate.

The BF muscle, which should be the first to activate in all the tests, showed a significant improvement between the first and the third test. In the first study, it was the first to activate in 5/17 (29%) of the subjects, a deterioration was observed in the second test (4/17 participants, 24%), while the third test showed an improvement, with BF the first to activate in 8/17 (47%) of the subjects (Fig. 3). What is also worth noting, in the first test the BF muscle was the last to activate in 8/17 (47%) individuals. Faster activation was observed after the therapy, as in the second test it was the last to activate in 6/17 (35%) of the subjects and in the third test only in 4/17 (24%) (Table 1).

The GM muscle should be the second to activate. In the first test it was activated second in 1/17 (6%) subjects, in the second test: in 2/17 (12%) and in the third test: 3/17 (18%) of the subjects (Table 1).

The third muscle is LES, which was the third to activate in 7/17 (41%) subjects in the first test. The activity of the LES muscle deteriorated, which was observed in the second and third test, where the muscle was the third to activate only in 3/17 (18%) of the subjects. However, it is worth noting that after the therapy, LES became increasingly often the fourth to activate. In the first test it was the fourth to activate in 2/17 (12%) of the subjects, in the second test – in 4/17 (24%) of the subjects, and in the third test – in 5/17 (29%) of the subjects (Table 1).

The last muscle should be the RES muscle, which was the fourth to activate in all the tests in 3/17 (18%) of the subjects (Table 1). The RES muscle was also the first to activate in the first test in as many as 8/17 (47%) of the subjects. Following the first therapy, in the second test, a decrease to 6/17 (35%) was observed, and after another therapeutic intervention, in the third test, the RES muscle was the first to activate only in 4/17 (24%) of the subjects (Fig. 3).

Table 1. Average time (ms) of the onset of activation of selected muscles in relation to Biceps Femoris (BF) firing time in all patients in three tests

Number of patients	Average time of the onset activation of selected muscles (ms) in three consecutive tests (I–III)												
	BF (1)	GM (2)			LES (3)			RES (4)			ORDER (1–4)		
	I–III tests	I test	II test	III test	I test	II test	III test	I test	II test	III test	I test	II test	III test
1	0	-21.0	17.3	-14.7	-5.3	19.3	-14.3	-19.3	18.0	64.9	1342	3421	4132
2	0	-11.0	-11.3	-5.7	-7.3	-4.0	-26.7	11.7	-2.3	-21.2	4132	1432	1243
3	0	-35.0	-16.0	-15.3	-34.7	46.3	-17.7	3.3	-58.3	-9.7	4132	3124	1423
4	0	-29.7	1.7	1.0	-6.0	-5.0	-1.3	112.0	-2.7	-79.3	4132	2143	2134
5	0	-10.3	-10.0	-30.3	-12.3	-41.3	-19.7	-10.4	-29.3	0.1	1243	1243	1432
6	0	-56.3	-54.3	-79.3	-76.0	-37.0	-69.7	-56.0	-45.0	-71.3	1423	1342	1342
7	0	-8.3	-6.3	-5.0	2.3	5.0	2.3	86.8	263.5	1.3	4312	4312	3412
8	0	-30.3	-42.7	6.7	-28.3	-24.7	-32.7	-19.7	38.7	-23.3	1432	4132	2143
9	0	-5.0	-3.0	-7.0	19.7	3.0	8.0	23.7	7.3	1.0	4312	4312	3412
10	0	-38.7	-47.3	-48.2	-32.7	15.7	-74.5	-1.7	109.2	-37.2	1432	4312	1423
11	0	-4.7	-27.3	-15.0	3.7	10.7	-3.0	-75.7	-5.8	-51.0	3124	3142	1324
12	0	-0.7	-6.7	-8.0	137.8	4.7	-7.0	33.3	0.1	-16.0	3412	3412	1324
13	0	-4.0	5.0	-6.3	12.0	21.3	0.1	-8.7	20.7	12.3	3124	3421	4312
14	0	25.2	-28.7	-1.0	-37.8	-37.3	-51.7	-70.5	-54.3	0.3	2134	1234	4123
15	0	-4.7	-7.7	-8.0	-174.2	-169.0	-445.0	259.3	265.0	-76.3	4123	4123	1243
16	0	-23.1	-6.7	70.4	-18.4	2.7	-57.7	3.0	106.1	-33.0	4132	4312	2143
17	0	-7.0	-0.7	13.3	-7.3	39.0	-2.7	1.0	17.7	15.0	4123	3412	4213
Mean	0	-15.56	-14.39	-8.96	-15.58	-8.96	-47.84	16.01	38.15	-19.02	–	–	–
S.D	0	18.73	19.47	29.89	59.53	48.26	105.58	78.89	96.82	37.12	–	–	–

BF – Biceps Femoris, GM – Gluteus Maximus, LES – left Erector Spinae, RES – right Erector Spinae, ms – milliseconds, SD – Standard Deviation.

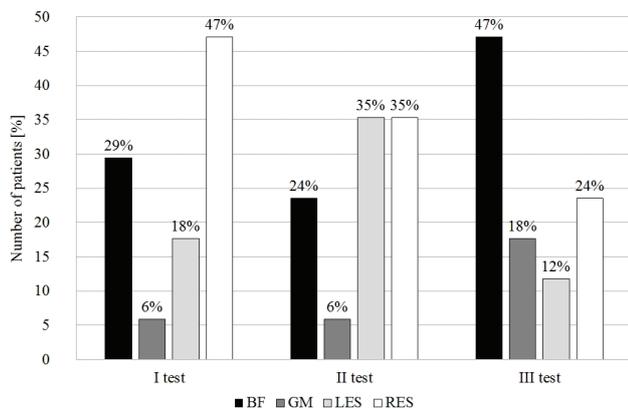


Fig. 3. Comparison of muscles which were the first to activate in the three tests

Comparison of muscle recruitment between the tests showed that there was a tendency for relevance at the onset of activation between the first and second test for the LES muscle ( $p = 0.0684$ ). In 14/17 (82%) of the subjects an increase in the onset activation time of this muscle was observed. Therefore, in 3/17 (18%) of patients the onset activation time decreased, which is indicative of correct direction of changes. Statistical significance ( $p = 0.0131$ ) between the tests of muscle recruitment time occurred between the first and third test for the LES muscle. A decrease in activation time was observed in 13/17 (75%) of the subjects. Effec-

tiveness increased by as much as 57%. No statistically significant changes were observed in the remaining muscles.

The level of pain assessed according to the VAS scale decreased in the third test compared to the first one ( $p = 0.0240$ ). However, the change in pain sensations between the first and second test was not statistically significant. Comparison of pain level in the three tests is presented in Fig. 4.

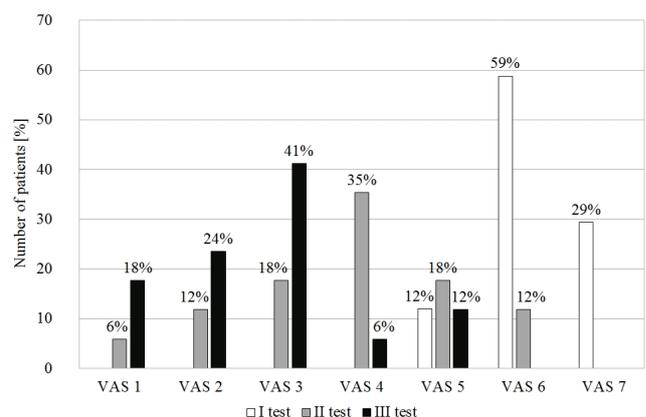


Fig. 4. Comparison of pain level in the three tests

In the first test, the average pain level on the 10-degree VAS scale was 6. After the first therapy, the average pain level decreased to 4, as reported by 94%

of the subjects. This change was statistically significantly varied and the effect of the change was high ( $p = 0.0005$ ,  $d = 2.2$ ). After the second therapy, in the third test, the level of pain decreased on average by 3 points on the VAS scale, reaching the average level of 3. A decrease on the VAS scale was observed in all the subjects. This change was statistically highly significant and the effect was even higher than between the first and second test ( $p = 0.0003$ ,  $d = 3.6$ ).

Comparing the decrease in pain sensations between the first and the second test, it was noted that 7/17 (41%) of the subjects experienced a decrease in pain by 2 points on the VAS scale, 3/17 (18%) of the subjects – by 1 point, and pain decrease by 3, 4 and 5 points was experienced by 2/17 (12%) of the subjects each. In 1/17 (6%) of the individuals the level of pain increased by 1 point on the VAS scale. Comparison of the first test with the third test showed that the level of pain decreased in all individuals. In 5/17 (29%) of the subjects pain decreased by 3 points; pain reduction by 2, 4 and 5 points on the VAS scale was reported in equal number of instances in three groups of 4/17 (24%) of the subjects. It should be added that for 2 individuals the change between the first and second test was the same as between the first and the third test.

There was no correlation between the objective results obtained in the test of muscle activation sequence and subjective results described with the use of the VAS scale ( $p > 0.05$ ).

## 4. Discussion

This study assessed the change in the activation sequence of selected torso and lower limb muscles during the PHE test in individuals with chronic lumbar spine pain undergoing the McKenzie therapy and its influence on pain sensations. The results of the first test indicate an abnormal muscle stimulation sequence in relation to normative data on activation sequences of lower limb and paraspinal muscles [23]. Suehiro et al. [24] found that people with chronic sacral pain apply a changed and inappropriate pattern of recruiting torso muscles.

After short-term therapy, changes in the activation sequence of selected muscles were observed during the PHE test. A considerable improvement in the sequence was observed in the BF muscle in the third test, as an increasing number of individuals was activating it in the correct order. GM muscles also showed an improvement and came second in the muscle activation

sequence in the test, both in the second test prior to the first therapy and in the third test after a week of self-therapy. However, the activity of this muscle was not consistent with quite significant differences in the onset of activation in the tests carried out. It was observed that the activity of paraspinal muscles changes quite significantly after therapeutic interventions. These muscles should be activated last and this change was observed in the second and third test.

BF also showed an improvement in that in the first test it was usually the last to activate instead of first. After the first as well as the second therapy there was an improvement in the activation sequence of this muscle. It is also worth noting that as a result of the therapy paraspinal muscles became active increasingly later, which means that they did not activate before the muscles which should initiate the hip extension movement. Therefore, there were changes in the sequence of the onset of activation of selected muscles with a general tendency towards improvement following short-term therapeutic interventions according to the McKenzie method.

The tests indicate that the paraspinal muscles (RES, LES) activate much too quickly during the PHE test, which may be indicative of excessive strain on spinal structures resulting from their hyperactivity. The study material showed features characteristic of changes in the intervertebral discs, which is indicative of abnormal strain on the lumbar spine. This contributes to further weakening of passive stabilizers. Therefore, stabilization control is mainly taken over by the system of active stabilizers, thereby demonstrating excessive activity [21]. Studies show that in workers with back pain lumbar muscles activate too quickly in comparison to healthy people [9], which is confirmed in this paper.

The results confirm Danneels et al. thesis [9] that the electromyographic activity of selected muscles in patients with chronic lumbar pain differs from healthy individuals performing the same motor tasks. Other authors also obtained similar results in their studies. In addition, there was a difference between symptomatic and asymptomatic side in individuals with sacroiliac joint pain. Similarly, studies conducted by Ji-Won Kim et al. [15] report increased normalized amplitudes of electromyographic signal in patients with back pain.

For the lower right extremity, a tendency towards improvement of the relative activation time of the GM and BF muscle during the PHE test was observed by comparing three measurements. This was also confirmed by the Chance-Larsen et al. study [5], in which an improvement in the activation sequence after a short exercise intervention was observed.

It was observed that the muscle activation pattern also differs between healthy and injured persons [4]. In addition, the altered muscle activation appears not only on the side of the injured lower limb, but also the opposite side. The delay in the onset of GM activation constituted a significant difference between the studied groups. Bullock-Saxton [4] found a statistically significant delay in GM activation during the PHE test in individuals after an ankle joint sprain episode. There are studies that show the effect of nociception on muscle activity. Results of studies performed by Bruno and Bagust [2] indicate delays in GM activation during the PHE test in patients with chronic LBP, which is indicative of a change in the correct movement pattern observed in this study.

Lewis and Sahrman [18] confirm the thesis concerning the constancy of the order of muscle activation despite individual variability during the performance of specific motor tasks in healthy individuals. In order to confirm the programmed movement pattern, several other studies were carried out with a different type of functional movements. A study by Friedli et al. [11] also showed the correct, predicted order of recruitment of muscles of the lower limbs and trunk when performing specific motor tasks based on the example of the elbow joint.

In this study, the activation sequence of the GM evaluated during the lower right limb test was analysed. Considering its order of activation during PHE in the first and second measurement, the highest value of delay in activation in the established norm, i.e., as the second to activate, was observed. In the first test it most frequently initiated the movement, but after a short therapy it was already one of the last muscles to be activated. Bruno et al. [3] also noticed a change in GM activity. It was considered that the PHE test could be a potential tool for assessing whether GM is a “weak link” in motor control strategies. In addition, the PHE test can be used as an indicator to recommend therapy that restores the “normal” pattern of activation sequence of this muscle [3].

However, there are studies that showed delays in GM activation in individuals with lumbar pain as well as in healthy individuals [3]. Questioning the hypothesis of predictable order of muscle activation was related to the results of electromyographic activity assessment studies, which failed to distinguish between people with and without sacral pain [3]. In this paper, GM onset activation sequence of may be considered inconsistent.

The results of subjective tests, conducted with the use of the VAS scale, suggest very good analgesic effects of the McKenzie method. Authors of other studies

also confirm a significant improvement in the evaluation of pain. Ibrahimaj et al. [13] stated that as early as after 15 days of therapy the pain level decreased from the average value of 9 to 2 on the VAS scale.

## 5. Conclusions

To the best of our knowledge, results of studies evaluating the effect of the McKenzie method on the change in the sequence of activation of selected muscles during the PHE test have not been published. This study evaluates the level of pain and the change in the sequence of activation of selected muscles during the PHE test in individuals with chronic sacral pain who underwent the McKenzie treatment.

Based on objective research methods, the results of muscle activation in patients with chronic lumbar spine pain significantly differ from the standards set for particular muscles. However, there was an improvement in the muscle activation sequence after the application of a therapeutic procedure based on the McKenzie method, according to tests conducted on the right lower limb. Moreover, the application of the McKenzie method considerably affects the subjective reduction of pain levels.

## Acknowledgements

The authors would like to thank all the participants. Special thanks to mgr Magdalena Lewandowska, the head of the calculation team of Poznań University of Physical Education. This study was funded by the Polish Ministry of Science and Higher Education.

## References

- [1] AIRAKSINEN O., BROX J.I., CEDRASCHI C., HILDEBRANDT J., KLABER-MOFFETT J., KOVACS F., *Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain*, Eur. Spine J., 2006, 15 (2), 192–300.
- [2] BRUNO P.A., BAGUST J., *An investigation into motor pattern differences used during prone hip extension between subjects with and without low back pain*, Clin. Chiropr., 2007, June, 10 (2), 68–80.
- [3] BRUNO P.A., BAGUST J., COOK J., OSBORNE N., *An investigation into the activation patterns of back and hip muscles during prone hip extension in non-low back pain subjects: Normal vs. abnormal lumbar spine motion patterns*. Clin. Chiropr., 2008, Mar., 11 (1), 4–14.
- [4] BULLOCK-SAXTON J.E., JANDA V., BULLOCK M.I., *The Influence of Ankle Sprain Injury on Muscle Activation During Hip Extension*, Int. J. Sports Med., 1994, 15 (6), 330–334.

- [5] CHANCE-LARSEN K., LITTLEWOOD C., GARTH A., *Prone hip extension with lower abdominal hollowing improves the relative timing of gluteus maximus activation in relation to biceps femoris*, *Man. Ther.*, 2010, Feb., 15 (1), 61–65.
- [6] CLARE H.A., ADAMS R., MAHER C.G., *A systematic review of efficacy of McKenzie therapy for spinal pain*, *Aust. J. Physiother.*, 2004, 50 (4), 209–216.
- [7] COHEN J., *Statistical power analysis for a behavioral sciences*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, NJ, 1988.
- [8] CRAM J., KASMAN G., HOLTZ J., *Introduction to surface EMG*, 1998, Aspen Publishing, Gathersburg, Maryland, PA, 336–370, 1.
- [9] DANNEELS L.A., COOREVITS P.L., COOLS A.M., VANDERSTRAETEN G.G., CAMBIER D.C., WITVROUW E.E. et al., *Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain*, *Eur. Spine J.*, 2002, Feb., 11 (1), 13–19.
- [10] FERRARI S., MANNI T., BONETTI F., VILLAFANE J.H., VANTI C., *A literature review of clinical tests for lumbar instability in low back pain: validity and applicability in clinical practice*, *Chiropr. Man. Therap.*, 2015, 23, 14.
- [11] FRIEDLI W.G., HALLETT M., SIMON S.R., *Postural adjustments associated with rapid voluntary arm movements 1. Electromyographic data*, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1984, 47 (61), 1–622.
- [12] HUNGERFORD B., GILLEARD W., HODGES P., *Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain*, *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, Jul., 28 (14), 1593–1600.
- [13] IBRAHIMAJ A., DELIU S., MIFTARI S., *Effectiveness of The McKenzie Method in The Treatment of Low Back Pain in Sub-acute and Chronic Stage*, *Research in Physical Education, Sport and Health*, 2015, 4 (1), 79–86.
- [14] JANDA V., *On the Concept of Postural Muscles and Posture in Man*, *Aust. J. Physiother.*, 1983, Jun., 29 (3), 83–84.
- [15] KIM J.W., KANG M.H., OH J.S., *Patients with Low Back Pain Demonstrate Increased Activity of the Posterior Oblique Sling Muscle During Prone Hip Extension*, *PM R.*, 2014, May, 6 (5), 400–405.
- [16] LAM O.T., STRENGER D.M., CHAN-FEE M., PHAM P.T., PREUSS R.A., ROBBINS S.M., *Effectiveness of the McKenzie Method of Mechanical Diagnosis and Therapy for Treating Low Back Pain: Literature Review With Meta-analysis*, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 2018, Jun., 48 (6), 476–490.
- [17] LEINONEN V., KANKAANPÄÄ M., AIRAKSINEN O., HÄNNINEN O., *Back and hip extensor activities during trunk flexion/extension: effects of low back pain and rehabilitation*, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2000, Jan., 81 (1), 32–37.
- [18] LEWIS C.L., SAHRMANN S.A., *Muscle Activation and Movement Patterns During Prone Hip Extension Exercise in Women*, *J. Athl. Train.*, 2009, May/Jun., 44 (3), 238–248.
- [19] LONG A., DONELSON R., FUNG T., *Does it matter which exercise? A randomized controlled trial of exercise for low back pain*, *Spine*, 2004, Dec. 29 (23), 2593–2602.
- [20] MCCORMACK H.M., HORNE D.J., SHEATHER S., *Clinical applications of visual analogue scales: a critical review*, *Psychol. Med.*, 1988, (18), 1007–1019.
- [21] OGURKOWSKA M.B., KAWALEK K., *Pathological changes in the lumbar intervertebral discs among professional field hockey players*, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2016, 56 (1–2), 85–91.
- [22] O’SULLIVAN P.B., MITCHELL T., BULICH P., WALLER R., HOLTE J., *The relationship between posture and back muscle endurance in industrial workers with flexion-related low back pain*, *Man. Ther.*, 2006, Nov., 11 (4), 264–271.
- [23] PAGE P., FRANK C., LARDNER R., *Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach*, Chapter 6. *Evaluation of movement patterns*, 2010, 77–91.
- [24] SUEHIRO T., MIZUTANI M., ISHIDA H., KOBARA K., OSAKA H., WATANABE S., *Individuals with chronic low back pain demonstrate delayed onset of the back muscle activity during prone hip extension*, *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 2015, Aug., 25 (4), 675–680.
- [25] TIKKANEN O., HAAKANA P., PESOLA A.J., HÄKKINEN K., RANTALAINEN T. et al., *Muscle Activity and Inactivity Periods during Normal Daily Life*, *PLoS One*, 2013, Jan., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052228>
- [28] VOGT L., PFEIFER K., BANZER W., *Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain*, *Man. Ther.*, 2003, Feb., 8 (1), 21–28.

# Electromyographic assessment of muscle fatigue after the Biering–Sorensen test in subjects with low back pain who underwent the McKenzie treatment

MAGDALENA JABŁOŃSKA\*, JACEK MAĆZYŃSKI,  
ANNA FRYZOWICZ, MAŁGORZATA B. OGURKOWSKA

Poznan University of Physical Education, Poznań, Poland.

*Purpose:* Chronic low back pain is a common disorder affecting about 80% of the population, caused by a disorder in the muscular system. The main aim of this study was to assess muscle fatigue during the Biering–Sorensen Test in people with chronic low back pain who underwent the McKenzie treatment. *Methods:* Tests were conducted on 19 men (mean age of 41.4 years) with chronic non-specific lumbar-sacral pain syndrome, working in the seated position in front of a computer. Assessment of changes in fatigue of erector spinae, gluteus maximus and biceps femoris using surface electromyography during the Biering–Sorensen Test and subjective pain assessment using Visual Analog Scale were conducted on three test dates. Time-frequency representation of the electromyographic signal (Fourier transform) was used for the examination of muscle fatigue. The McKenzie method of diagnosis and therapy was applied before and between the tests. *Results:* The McKenzie therapy resulted in increased endurance (test duration) of the examined spinal muscles between the 1st and 3rd test date ( $p = 0.043$ ), and a systematic decrease in pain assessment on the three test dates ( $p = 0.000–0.004$ ). Correlations were obtained between slope coefficients of the simple regression of median frequency of electromyographic signals on the one hand and duration of the BST ( $p = 0.000–0.012$ ) and anthropometric parameters (body mass, height and body mass index,  $p = 0.001–0.020$ ) on the other. *Conclusions:* The McKenzie method is an effective tool in reducing the level of lumbar pain and improving muscle endurance.

*Key words:* EMG, muscle fatigue, McKenzie method, low back pain, Biering–Sorensen test

## 1. Introduction

Chronic low back pain (LBP) is an extremely common disorder, affecting about 80% of the population and appearing at different stages of adult life [3], [21]. Characteristic features of back pain are its recurrence (in 60% of the population) but also spontaneous recovery or reduction of pain (75–90% of the population) [16]. Available studies indicate that the main cause of abnormalities and pain in the lumbar and sacral spine are changes in the muscular system, such as disturbances of muscle balance or muscle activation, which lead to spinal stability disorders [14], [41]. Mahato [23] identifies potential LBP risk factors. These

include, but are not limited to, musculoskeletal changes, alterations in muscle functional capacity (e.g., strength and endurance), changes in muscle activation patterns [18] or psychological changes associated with LBP. Dysfunctions of spine stabilising muscles, decreased muscle capacity or increased anterior pelvic tilt and increased lumbar lordosis are the consequence of passive flexion postures (slump sitting). Such a posture may lead to a decrease in the activity of active spinal stabilisers, i.e., the muscular system, and an increase in the load on the passive stabilisers [33]. Moreover, it is even claimed that reduced muscle endurance is a predictor of LBP development [26], [42].

One of the most advanced muscle endurance testing techniques is based on the analysis of median fre-

---

\* Corresponding author: Magdalena Jabłońska, Department of Biomechanics, Poznan University of Physical Education, ul. Krolowej Jadwigi 27/39, 61-871 Poznań, Poland. E-mail: magdalena.zygmanska@wp.pl

Received: March 14th, 2021

Accepted for publication: June 22nd, 2021

quencies (MF) of electromyographic signals. When erector spinae muscles (ES) get tired, time shifts in MF towards lower frequencies can be observed [11], [37]. During electromyographic assessment of muscle fatigue, asymmetric patterns of muscle contraction activity are also observed. Such an imbalance of longissimus component of the lumbar ES was detected in LBP subjects while lifting [25]. It contributes to asymmetric back movements and, consequently, to spinal load imbalance and pain during everyday activities [35].

The Biering–Sorensen Test (BST) can be used to assess the endurance of back muscles. It consists of determining the maximum time of maintaining a position in which back muscles work isometrically. The authors of the test analysed the results of 900 people and came to the conclusion that shorter time of maintaining such position was a predictor of LBP in the next year in men [7]. The BST is used particularly before and after rehabilitation [13]. A number of studies on the phenomenon of LBP confirmed the appropriateness of the BST used to evaluate the endurance of trunk muscles. It provides a reliable measure of how long a particular position can be maintained and thus can help distinguish between subjects with and without non-specific LBP. Individuals without lumbar pain were able to maintain a position much longer than people with LBP [9], [22]. In the BST, the involvement of hip extensor muscles (e.g., BF – biceps femoris, GM – gluteus maximus) is also noted. Their fatigue indicates that load is distributed between the back muscles and hip extensor muscles during the test [19].

Many researchers emphasise the close relationship between subjective and objective assessment of muscle fatigue, [6], [12], [27]. According to the above-mentioned authors, not being able to maintain a position for long was associated with certain mental disorders or negative beliefs concerning the efficiency of the participants' backs. Due to the fact that LBP strongly correlates with the condition of the trunk muscle corset, there is a need to restore full muscle efficiency and capacity. The McKenzie method is a method of mechanical diagnosis and therapy of spinal and extremity pain syndromes. It consists of the assessment of symptomatic reactions during a physical examination. With this information, the therapist can note the peripheralisation or centralisation of pain symptoms [21].

The main aim of this study was to assess muscle fatigue during the BST in people with chronic lumbar-sacral pain who underwent the McKenzie therapy. The activity of ES, GM and BF was analysed using surface electromyography (EMG) in adult men work-

ing in the seated position. Moreover, the asymmetry effect and the relationship between subjective pain assessment and electromyographic parameters of fatigued muscles and also anthropometric parameters were studied.

## 2. Materials and methods

### *Ethics statement*

The study was approved by the Bioethics Committee of the Poznan University of Medical Sciences. All subjects expressed informed consent in writing to participate in the study. All procedures were conducted according to the Declaration of Helsinki.

### *Participants*

Project participants included 19 men (mean age: 41.4 years, standard deviation (SD): 6.55; mean body mass index (BMI): 27.16 kg/m<sup>2</sup>, SD: 3.81) with chronic non-specific lumbar and sacral pain, working in the seated position in front of a computer (mean work experience: 13.53 years, SD: 6.19). The lumbar protocol according to the McKenzie method was used for preliminary classification of subjects [43].

The criterion for inclusion in subsequent tests included the presence of characteristic features of the derangement syndrome. The following exclusion criteria were defined: history of lumbar spine surgery, diagnosed spondylolisthesis, history of hip, knee and ankle joint pain, female sex.

### *Experimental procedures*

The whole experiment involved three stages of tests. In the first stage, 19 participants were included, among whom a qualified McKenzie therapist determined directional preference and centralization of symptoms. In the second stage ( $n = 19$ ), the participants underwent a Computed Tomography (CT) scan of the lumbar spine. The examination was carried out in an independent diagnostic imaging laboratory. Descriptions of the test results were prepared by a radiologist. All examined subjects were diagnosed with overload degenerative changes in the form of protrusion of intervertebral discs. The exclusion criteria at this stage were: neoplastic disease, previous fractures of the spine. The third stage took place in the Biomechanics Laboratory. The participants were obliged to attend in two independent sessions, during which the fatigue of lumbar and hip joint extensors following the McKenzie therapy was evaluated. The break

between the sessions was 7 days. Prior to the test, subjects each time took part in a warm-up on a cycle ergometer.

During the first session, a modified BST was performed for the first time with simultaneous measurement of EMG followed by the McKenzie therapy ( $n = 19$ ). After about an hour of rest, a second BST with EMG was performed. During the 7-day break between the sessions, the participants followed an autotherapy schedule. It was recommended to perform the procedure cyclically, every 2 or 3 hours, interrupting work/seated position for a few minutes. Participants had the opportunity to contact a physiotherapist by phone. During the second session the BST with EMG was performed for the third time.

#### *EMG measurement*

The subjects were asked to lie face down on a couch with arms along the body and to expose the test area. Next, the subject's skin was shaved and cleaned. According to SENIAM recommendations, disposable, self-adhesive Ag/AgCl electrodes (SORIMEX, Poland, 1 cm diameter) were placed in a bipolar configuration, parallel to the muscle fibres. The electrodes were placed by a physiotherapist as follows: for ES – 2 cm on both sides from the spinous processes of the L3 vertebra, for GM – in the middle of the line connecting S2 with the greater trochanter, for BF – laterally in the middle of the line between the buttock fold and the knee pit [10]. Then the respondents were given detailed instructions on the performance of the BST. During the BST, electromyographic measurements were performed with the use of the 16-channel telemetric EMG TeleMyo 2400T G2 system (Noraxon, USA). The EMG signal was sampled at 1000 Hz and then filtered (bandwidth: 10–500 Hz). Fatigue of 6 selected lumbar and pelvic muscles was analysed. Three recorded tests were analysed. Signal processing was performed with the MyoResearch XP Master Edition software (Noraxon, USA). Artefacts and noise were visually inspected. The EMG signal was full-wave rectified and smoothed using a root mean square algorithm (RMS) with a 50 millisecond window.

#### *Biering–Sorensen test*

The participants were placed on a couch so that the anterior superior iliac spines were aligned with the edge of the couch (Fig. 1). A modification was applied consisting in the use of fewer stabilising belts (no belt around the ankle joints). Initially, the participants supported their torso with their arms placed on the ground. Both lower limbs were tied to the couch

with two belts at pelvis and knee level. The test began by folding the arms across the chest and keeping the torso in a neutral position through isometric contraction of the spinal extensor muscles. The time of maintaining the horizontal position and keeping the head in line with the torso was measured [7]. The beginning of the test was announced by the researcher, the test ended at the discretion of the participant or when the position of the trunk lowered. A standardised verbal incentive was used to help the participants maintain the position as long as possible.

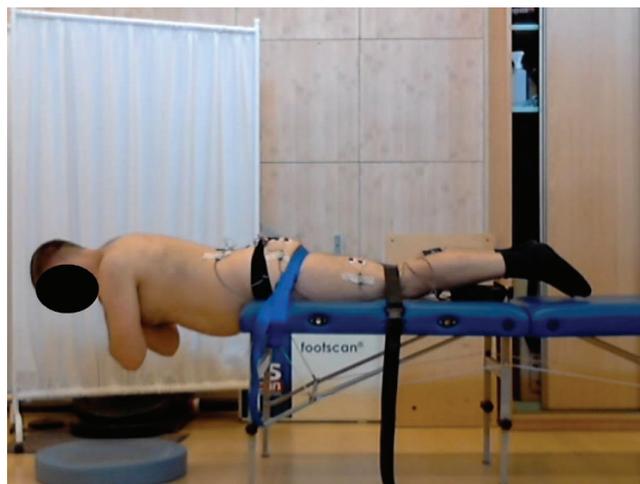


Fig. 1. Illustration of the testing position for the Biering–Sorensen test

#### *McKenzie method therapy*

During the McKenzie therapy, each participant performed an individual torso movement, thanks to which the symptoms were centralised or eliminated. Both static and dynamic procedures were applied according to the principle of difficulty grading. The dynamic hyperextension model was performed in 4 series, 10–15 repetitions each.

#### *VAS scale*

At each stage of the tests, the visual analogue scale (VAS) was used to determine the intensity of back pain [28].

#### *Numerical and statistical methods*

The median frequency (MF) of the EMG signal is a reliable parameter used for the analysis of spinal muscle fatigue [9], [36]. The relationship between MF and time (Fig. 3) is obtained by applying a fast Fourier transform to the time course of the EMG signal. The relationship between MF and time can be approximated by the linear regression model:

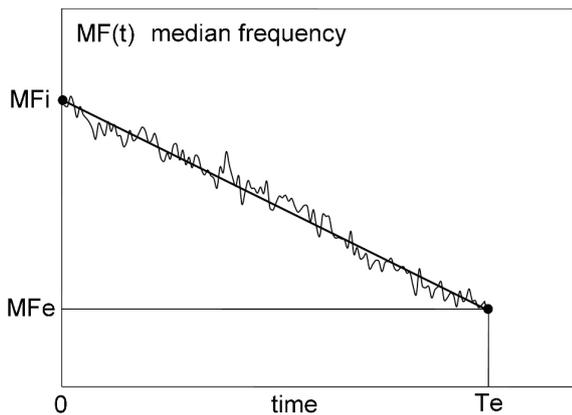


Fig. 2. Relationship between the median frequency and time

$$MF(t) = MF_{\text{slope}} \times t + MFi \quad (1)$$

where:

$MF_{\text{slope}}$  [Hz/s] is the slope coefficient of the simple regression,

$MFi$  [Hz] is the initial frequency,  $MFi = MF(0)$ ,

$MFe$  [Hz] is the final frequency,  $MFe = MF(Te)$ ,

$Te$  [s] is the duration of the BST.

The formula for  $MF_{\text{slope}}$ :

$$MF_{\text{slope}}[\text{Hz/s}] = (MFe - MFi)/Te \quad (2)$$

is derived from Eq. (1).

The slope coefficient of the simple regression  $MF_{\text{slope}}$  is normalized to the initial frequency  $MFi$ :

$$NMFs [s^{-1}] = MF_{\text{slope}}/MFi. \quad (3)$$

The dimensionless quantity  $dim$  is also used to describe the time course of the median frequency  $MF(t)$ :

$$dim = (MFi - MFe)/MFi. \quad (4)$$

There is a relationship between  $dim$  and  $NMFs$ :

$$dim = - NMFs \times Te. \quad (5)$$

The  $NMFs$  index is useful for the assessment of muscle fatigue, while  $Te$  is related to the assessment of their endurance.

Asymmetry of electromyographic parameters of the left and right muscle is assessed according to the following formulas:

$$\Delta X = |X_R - X_L| \quad (6)$$

$$\Delta X_N = |X_R - X_L| / \max\{|X_R|, |X_L|\} \quad (7)$$

where  $\Delta X$ ,  $\Delta X_N$  are the absolute and relative asymmetry index, respectively;  $X_R$ ,  $X_L$  are the parameters for the left and right muscle, respectively.

The parameters  $MF_{\text{slope}}$ ,  $MFi$  (Fourier transform in 1-s windows) and  $Te$  were calculated in MyoResearch XP Master software Edition 1.08.38 from Noraxon. The remaining parameters were calculated in Excel.

Statistica (version 13.3) was used for statistical analysis. The Shapiro–Wilk test was used for evaluation of the normality of distribution of variables. Results from the 3 test dates were analysed by ANOVA. Snedecor's  $F$ -test and Levene's test were used for the analysis and verification of the equality of variances. The statistical significance of differences between the mean parameters determined on the 3 test dates was tested with Tukey's post hoc test.

### 3. Results

Normal distributions were obtained for 41 out of a total of 56 variables (taking into account all variables from the 3 test dates). Levene's test showed equality of variances of all the analysed variables. In the  $F$ -test of variance analysis, statistical significance was obtained only for the PA (pain assessment) parameter.

The  $Te$  duration of the BST (Table 1) increased on the third date (112.7 s) compared to the first (98.8 s) and second date (96.5 s). A similar result was obtained in the case of pain assessment, i.e., a statistically significant decrease of this parameter on the 3 test dates (Table 1). Cohen's effect size coefficient (3.033), particularly concerning the assessment of pain between the first and the third test date, shows a statistically significant result (decrease in PA from 6.22 to 2.89, Table 1). The effects of increased test duration and simultaneous decrease in pain assessment confirm the effectiveness of the McKenzie therapy.

Table 1. Duration of the BST and pain assessment and the significance of differences between the test dates

	Mean SD			$p$ -value ES		
	I	II	III	I–II	I–III	II–III
$Te$ [s] $n = 19$	98.8 37.6	96.5 22.4	112.7 33.2	0.905 0.074	0.043* 0.392	0.015* 0.572
PA [VAS] $n = 18$	6.22 0.65	3.94 1.39	2.89 1.41	0.000* 2.101	0.000* 3.033	0.004* 0.750

\* $p < 0.05$ , Tukey's test.

ES Cohen's effect size.

Six parameters were selected for the analysis of EMG signals, i.e.,  $MFi$  and  $MFe$  (Table 2) and  $NMFs$ ,  $dim$ ,  $\Delta NMFs$ ,  $\Delta dim$ , determined according to formulas (3), (4), (6). The correlation coefficients between the test duration and pain assessment and mean electromyographic parameters (mean values for the left and right muscle) are presented in Table 2. Statisti-

Table 2. Correlations between electromyographic parameters on the one hand and test duration and pain assessment on the other

Parameters	MFi	MFe	NMFs	dim	$\Delta$ NMFs	$\Delta$ dim
ES						
Te	0.203 <sup>P</sup>	-0.427 <sup>P</sup>	0.449	0.548 <sup>P</sup>	-0.069	0.236
	0.177	0.003*	0.000*	0.000*	0.612	0.077
PA	-0.197	-0.093	0.056	-0.122	0.146	0.128
	0.153	0.505	0.687	0.380	0.293	0.355
GM						
Te	-0.023 <sup>P</sup>	-0.228 <sup>P</sup>	0.348	0.165	-0.362	-0.032
	0.880	0.128	0.012*	0.248	0.009*	0.823
PA	-0.181	0.139	0.300	-0.318	0.057	0.054
	0.218	0.347	0.036*	0.028*	0.701	0.716
BF						
Te	0.068 <sup>P</sup>	0.045 <sup>P</sup>	0.480	0.152	-0.048	0.429
	0.653	0.767	0.000*	0.281	0.734	0.002*
PA	-0.065	-0.052	-0.116	0.063	-0.114	-0.189
	0.657	0.724	0.428	0.666	0.436	0.193

\*  $p < 0.05$  (Statistical significance is given below correlation coefficients), <sup>P</sup> Pearson correlation,  $n = 46$  (in other cases Spearman's correlation,  $n = 48-57$ ).

cally significant correlation for all 3 muscle pairs (ES, GM, BF) was obtained between the test duration and NMFs slope coefficients. These correlations, all with increasing trends, are presented in Fig. 4. Moreover, it was found that NMFs slope coefficients of the examined muscles correlate with basic anthropometric parameters (in 6 out of 9 cases, Table 3). The decreasing tendency obtained for the correlations presented in Table 3 is indicative of greater fatigue of the examined muscles together with an increase in the subjects mass, body height and BMI, taking the relationships presented in Fig. 4 into account. Therefore, there is a relationship between the three basic anthropometric parameters and the endurance of the tested muscle pairs (measured in Te).

Table 3. Correlations between standardised slope coefficients and anthropometric parameters

Anthropometric parameters	Muscles	NMFs $r$ ; $p$ -values
Mass	ES	-0.308; 0.020*
	GM	-0.164; 0.247
	BF	-0.424; 0.002*
Height	ES	-0.356; 0.007*
	GM	-0.457; 0.001*
	BF	-0.161; 0.254
BMI	ES	-0.327; 0.013*
	GM	-0.122; 0.391
	BF	-0.457; 0.001*

\*  $p < 0.05$ .

Spearman correlation,  $n = 52-57$ .

Tukey's tests of six electromyographic parameters (mean values for the left and right muscle) concerning

the 3 test dates did not show statistically significant differences, except for the MFe parameter for ES muscles between the second and third test date (Table 4). The values of absolute asymmetry indexes  $\Delta$ NMFs and  $\Delta$ dim for the ES, GM, BF muscles on the three test dates and their differences between the test dates (I–II, I–III, II–III) are indicative of a lack of changes in the asymmetry of muscle fatigue following the McKenzie therapy (Table 4).

Asymmetry of electromyographic parameters (left/right muscle) is expressed by the  $\Delta$ NMFs and  $\Delta$ dim asymmetry indexes. Standardization to the  $\Delta$ NMFs and  $\Delta$ dim asymmetry indexes Eq. (7) does not translate into a statistical improvement in the significance of differences on the 3 test dates. The  $p$ -value after standardization of  $\Delta$ NMFs and  $\Delta$ dim changes from 0.384 to 0.999. Given the lack of differentiation of asymmetry indexes (Table 4), the significance of differences in electromyographic parameters was tested separately for the left and right muscle (Table 5). A statistically significant asymmetry effect was obtained only for the ES muscle and the MFi parameter on the 3rd test date, however, the asymmetry does not appear for the MFe parameter on this test date. The asymmetry of the MFi(MFe) parameters is indicative of the difference (left/right) in muscle tension at the beginning (end) of the BST. The absence of statistically significant differences in NMFs (left/right) and dim for the ES, GM, BF muscles on the three test dates confirms the previously provided result on lack of change in muscle fatigue asymmetry (Table 5). The significance of differences between the dates of tests of electromyographic parameters in Table 5 is presented in Table 6.

Table 4. Electromyographic parameters and the significance of their differences between the three test dates

	Mean SD			<i>p</i> -value			Mean SD			<i>p</i> -value		
	I	II	III	I-II	I-III	II-III	I	II	III	I-II	I-III	II-III
	MFi [Hz]						MFe [Hz]					
ES	75.6 16.5	76.3 17.2	73.6 13.1	0.911	0.528	0.303	42.7 12.5	45.0 11.2	39.9 9.2	0.474	0.326	0.033*
GM	43.0 2.7	44.0 2.9	44.0 4.3	0.138	0.244	0.944	36.7 4.6	37.3 3.8	35.9 4.6	0.517	0.607	0.114
BF	83.3 12.9	86.8 16.5	87.8 14.9	0.230	0.059	0.758	68.9 14.4	73.2 15.3	72.7 15.9	0.318	0.762	0.725
	$10^4 \times \text{NMFs} [\text{s}^{-1}]^1$						$\text{dim} [\%]^1$					
ES	-45.4 16.3	-41.4 10.6	-42.5 16.9	0.233	0.447	0.899	41.9 15.9	39.5 13.2	44.5 13.0	0.547	0.480	0.081
GM	-15.5 9.4	-15.7 9.8	-17.7 9.9	0.832	0.716	0.977	14.5 10.1	15.1 8.3	18.1 8.2	0.929	0.142	0.267
BF	-21.6 13.0	-17.4 8.9	-17.4 10.8	0.480	0.679	0.943	17.5 9.4	15.6 6.0	17.3 8.1	0.921	0.531	0.320
	$10^4 \times \Delta \text{NMFs} [\text{s}^{-1}]^1$						$\Delta \text{dim} [\%]^1$					
ES	7.0 6.4	7.0 5.6	5.2 4.9	1.000	0.564	0.563	6.5 6.6	6.7 6.0	6.0 5.8	0.998	0.959	0.939
GM	5.3 5.3	6.0 4.5	4.8 4.9	0.909	0.915	0.694	4.4 3.1	5.2 2.7	4.8 3.9	0.713	0.971	0.844
BF	5.0 4.0	5.6 4.0	6.8 4.0	0.732	0.516	0.933	4.1 3.4	5.4 4.1	7.6 4.5	0.476	0.084	0.555

\*  $p < 0.05$ , Tukey's test.

The maximum value of Cohen's effect size is 0.498.

<sup>1</sup>Multiplication index of  $10^4$  for NMFs and  $\Delta \text{NMFs}$  was introduced to unify the format of data in the table, for the same reason, dim and  $\Delta \text{dim}$  are expressed in %.

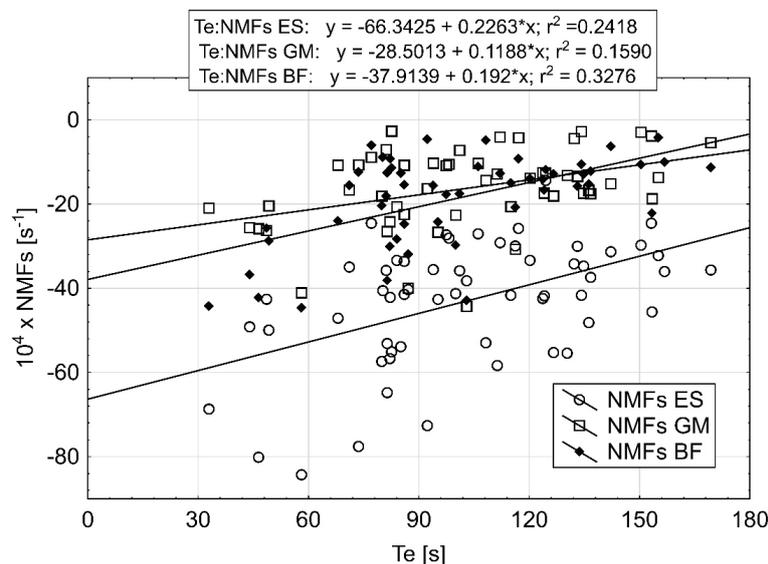


Fig. 3. Illustration of the correlation between NMFs slope coefficients and the duration of the BST

Statistically significant differences between the test dates were obtained only for 3 cases: the MFi parameter (RBF muscle, 1st and 3rd date), and the MFe parameter (LES muscle and LGM, 2nd and 3rd date). To summarize, the

results presented in Tables 4–6 are indicative of the fact that electromyographic examinations did not result, with few exceptions, in a statistically significant variability effect on the 3 test dates.

Table 5. Electromyographic parameters of left and right muscles and the significance of their differences on the three test dates

Test date	MFi [Hz]			MFe [Hz]			$10^4 \times \text{NMFs [s}^{-1}\text{]}$			dim [%]		
	Mean SD		<i>p</i>	Mean SD		<i>p</i>	Mean SD		<i>p</i>	Mean SD		<i>p</i>
	L	R		L	R		L	R		L	R	
ES												
I	73.4 16.7	77.8 17.1	0.095	42.8 11.2	42.6 14.5	1.000	-43.6 14.6	-47.3 18.9	0.367	40.4 14.2	43.4 18.5	0.622
II	74.1 17.4	78.6 17.8	0.076	44.5 10.1	45.5 12.8	0.974	-40.0 11.6	-42.8 11.3	0.676	38.2 13.7	40.9 14.1	0.722
III	71.1 14.2	76.2 12.8	0.030*	39.3 9.3	40.5 9.8	0.958	-41.4 18.6	-43.5 15.8	0.869	43.1 14.3	45.9 12.8	0.703
GM												
I	43.1 3.1	42.5 3.5	0.999	37.0 5.0	36.2 4.2	0.793	-14.6 10.2	-15.6 10.3	0.886	14.0 11.1	14.3 10.1	0.973
II	44.2 3.0	43.5 3.6	0.982	38.3 4.2	36.3 3.6	0.102	-14.6 8.7	-17.9 11.1	0.607	13.5 8.0	16.1 9.2	0.641
III	44.1 4.5	43.3 4.8	0.998	36.5 5.2	36.1 4.8	1.000	-16.8 10.3	-16.2 11.3	1.000	17.2 9.7	16.4 9.0	1.000
BF												
I	83.4 13.4	82.2 14.4	0.963	69.8 14.4	67.9 14.9	0.943	-19.8 12.8	-21.8 14.1	1.000	16.4 9.8	17.6 9.7	1.000
II	87.6 15.6	86.0 18.8	0.987	73.9 14.7	72.4 16.6	0.972	-17.2 10.4	-17.6 8.5	1.000	15.5 8.3	15.8 5.3	1.000
III	88.2 15.4	88.5 17.6	0.994	73.7 16.7	73.3 18.0	0.990	-16.8 10.2	-17.2 12.9	1.000	16.8 7.8	17.2 10.8	1.000

\*  $p < 0.05$ , Tukey's test.

The maximum value of Cohen's effect size is 0.377.

Table 6. Significance of differences in electromyographic parameters from Table 5 between the test dates

	MFi			MFe			NMFs			dim		
	I–II	I–III	II–III	I–II	I–III	II–III	I–II	I–III	II–III	I–II	I–III	II–III
LES	0.953	0.551	0.379	0.608	0.117	0.013*	0.339	0.667	0.841	0.628	0.490	0.109
RES	0.888	0.648	0.372	0.448	0.652	0.102	0.272	0.397	0.965	0.624	0.631	0.167
LGM	0.155	0.371	0.854	0.178	0.603	0.023*	0.999	0.619	0.651	0.977	0.175	0.119
RGM	0.262	0.361	0.976	0.952	0.999	0.937	0.616	0.997	0.662	0.702	0.559	0.971
LBF	0.388	0.595	0.934	0.460	0.997	0.505	0.688	0.788	0.984	0.996	0.617	0.565
RBF	0.276	0.003*	0.108	0.495	0.500	1.000	0.555	0.722	0.960	0.951	0.526	0.357

$p < 0.05$ , Tukey's test.

The maximum value of Cohen's effect size is 0.536.

## 4. Discussion

The aim of this study was to assess the effectiveness of the McKenzie method in subjects with back pain by conducting an electromyographic analysis of selected muscles subjected to the BST on three test dates. No short-term evaluation of the above mentioned physiotherapeutic method using electromyographic analysis of a specific group of subjects with LBP has been performed so far. The most important

results of these tests confirm the beneficial effect of the McKenzie method on pain levels and muscle endurance in the selected group of subjects. The duration of isometric tension of the tested muscles during the BST was prolonged in the absence of increase in their fatigue level and the pain level decreased on subsequent test dates. Comparison of the McKenzie method with other physiotherapeutic techniques is a common practice used to confirm or evaluate its effectiveness [4], [5], [20]. According to Namnaqani et al. [27], the presented evidence confirms the effec-

tiveness of the McKenzie therapy compared to manual therapy in reducing pain and disability levels in subjects with chronic back pain. Schenk, Jozefczyk and Kopf [35] and Ahmed et al. [2] also noted a reduction in lumbar pain following the McKenzie therapy. It should be noted that in all the analysed articles, subjective assessment was based on, among others, VAS, Roland Morris Disability Questionnaire or Oswestry Disability Index. The modified Schober's test was used for objective assessment of the flexion and extension range of motion of the lumbar spine [4]. The advantage of this paper is the analysis of objective and subjective results of tests proposed immediately before and after the application of the McKenzie method. The objective results include physical measurement (duration of the test) and EMG, while pain levels were assessed subjectively. The analysis of BST duration and pain levels confirm the beneficial effect of the McKenzie method in the selected group of subjects. The main findings of Biering–Sorensen [7] after a one-year observation of subjects were that high isometric endurance of back muscles can prevent the first occurrence of LBP. Thanks to the application of the McKenzie method in this study, an improvement in muscle endurance was observed, which has practical application in the rehabilitation of LBP.

Taking the anthropometric parameters in the studied group of men into account, a statistically significant increase in muscle fatigue was observed along with an increase in body mass, body height and BMI. Earlier studies also showed significant correlations between body mass and endurance in the BST [19], [32]. According to Kankaanapaa et al. [18], in heavier people, especially women and younger people, spinal muscle fatigue occurs earlier. All the more so, the problem will occur in men in whom an increase in body mass is particularly manifested by the occurrence of abdominal obesity [15]. As a result, the torque of the torso, which overloads the L1–S1 section, is going to increase by extending the lever arm of the gravity. Thus, the muscular system, whose function is to stabilise the lumbar spine, is additionally loaded, which, in consequence, over time, causes greater chronic overloads [1], [34]. Therefore, in this study, a group of men with a higher body mass and height had weaker muscles stabilising the lumbar spine already at the beginning of the study, i.e., a higher muscle fatigue during the BST was to be expected. A significant correlation between body mass and BST results was also observed in male fire fighters [32]. Therefore, in addition to the previously mentioned increase in muscle endurance, a reduction in body mass will also have an impact on preventing LBP in the future.

There were also publications analysing the influence of psychological factors on the results of the BST [27]. This study did not analyse these factors. According to Mannion et al. [24], higher levels of mental disorders or negative beliefs are significant predictors of poor endurance test results.

Authors of other publications assess muscle endurance using the BST by comparing healthy individuals with LBP symptoms before and after rehabilitation. The BST was used in the Nassif et al. [28] study to assess strength and endurance training. The physical activity proposed to automotive industry workers confirmed numerous health benefits, especially in the group of people with chronic LBP. Sung [37] studied the impact of core stabilization and spinal flexibility exercise on, among other things, back muscle endurance in people with chronic LBP. Changes in muscle fatigue following a 4-week therapy were not satisfactory.

Electromyographic tests in this study did not show any changes in asymmetry indices concerning fatigue of the examined muscles on the three test dates, except for the asymmetric ES muscle pair tension at the beginning of the BST on the third test date, but it was not directly related to the effect of muscle fatigue, as the MFi parameter (also MFe) did not correlate with the duration of the BST. The effect of fatigue asymmetry in the LBP group appeared also in studies by Srinivasan and Balasubramanian [36] after a short training session on a bicycle. The aim of the study was to show the consequences of short-term physical activity in people with LBP, i.e., a higher and uneven level of muscle corset fatigue compared to a healthy group. The author emphasizes that the possibility of deterioration of the subjects' condition should be taken into account when using bicycle as a rehabilitation tool [39]. In many publications [17], [29], [35], the concept of asymmetry is related to the occurrence of LBP in subjects. There is a significant relationship between neuromuscular imbalance of the ES and the occurrence of LBP [35]. According to Hides et al. [16], asymmetry may indicate that subjects suffer from unilateral pain. Nadler et al. [26] studied the relationship between LBP episodes and hip muscle asymmetry in academic athletes. The results showed that hip joint extensors in female athletes with LBP had a 9.6% significantly higher asymmetry compared to women without pain symptoms. Hence the conclusion that high levels of asymmetry are associated with posture problems and LBP, and screening may be an important tool in their prevention [29]. Given the fact that muscular imbalance may predispose the onset of back pain, Rose-Dulcina et al. [33] also focused on the asymmetry

aspect of the LBP group. It turned out that the analysed lumbar muscles did not show patterns of asymmetric fatigue, as it was the case in most published papers [36].

## 5. Conclusions

The McKenzie method of diagnosis and therapy is an effective tool in reducing the level of lumbar pain and improving ES, GM and BF muscle endurance. The increase in the endurance of back muscles and correct body mass contribute to the reduction of LBP episodes. Electromyographic tests did not show statistically significant changes in ES, GM and BF muscle fatigue asymmetry indexes during the BST at any stage of the McKenzie therapy.

## References

- [1] ADAMS M., BOGDUK N., BURTON K., DOLAN P., *The Biomechanics of Back Pain*, 3<sup>rd</sup> Edition, 2012. Churchill Livingstone.
- [2] AHMED G.M., RAMZY G.M., REZK M.Y., ABDELAZIZ N.G.M.M., *The Effect of McKenzie Assessment and Treatment Method on Patients with Chronic Low Back Pain with Radiculopathy, Single Blinded Randomized Controlled Trial*, IJHS, 2019, 7 (1), 7–17.
- [3] AIRAKSINEN O., BROX J.I., CEDRASCHI C., HILDEBRANDT J., KLABER-MOFFETT J., KOVACS F. et al., Chapter 4, *European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain*, Eur. Spine J., 2006, 15 (2), 192–300.
- [4] ANGGIAT L., HON W.H.C., BAAIT S.N., MAWADDAH N., *Comparison Between Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Mckenzie Method in Lumbar Range of Motion on Non-Specific Low Back Pain*, PSHR, 2020, 9 (1), 63–71.
- [5] ANGGIAT L., HON W.H.C., SOKRAN S., MOHAMMAD N., *The changes of functional disability in non-specific low back pain among university population after proprioceptive neuromuscular facilitation and Mckenzie method*, IJMAES, 2020, 6 (1), 656–667.
- [6] APPLEGATE M.E., FRANCE C., RUSS D., LEITKAM S.T., THOMAS J., *Determining Physiological and Psychological Predictors of Time to Task Failure on a Virtual Reality Sorensen Test in Participants With and Without Recurrent Low Back Pain: Exploratory Study*, JMIR Serious Games, 2018, 6 (3), e10522, DOI: 10.2196/10522.
- [7] BIERING-SORENSEN F., *Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period*, Spine, 1984, 9 (2), 106–119.
- [8] COOREVITS P., DANNEELS L., CAMBIER D., RAMON H., VANDERSTRAETEN G., *Assessment of the validity of the Biering–Sorensen test for measuring back muscle fatigue based on EMG median frequency characteristics of back and hip muscles*, J. Electromyogr. Kinesiol., 2008, 18 (6), 997–1005.
- [9] CRAM J., KASMAN G., HOLTZ J., *Introduction to surface EMG*, Maryland: Aspen Publishing, Gathersburg, PA, 1998, 336–70, 1.
- [10] DAVARIAN S., MAROUFI N., EBRAHIMI I., FARAHMAND F., PARNIANPOUR M., *Trunk muscles strength and endurance in chronic low back pain patients with and without clinical instability*, J. Back Musculoskelet. Rehabil., 2012, 25 (2), 123–129.
- [11] DEDERING Å., NÉMETH G., HARMS-RINGDAHL K., *Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back*, Clin. Biomech., 1999, 14 (2), 103–111.
- [12] DEMOULIN C., VANDERTHOMMEN M., DUYSSENS C., CRIELAARD J.M., *Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature*, Joint Bone Spine, 2006, 73 (1), 43–50.
- [13] FERRARI S., MANNI T., BONETTI F., VILLAFANE J.H., VANTI C., *A literature review of clinical tests for lumbar instability in low back pain: validity and applicability in clinical practice*, Chiropr. Man Therap., 2015, 23, 14.
- [14] FRILANDER H., SOLOVIEVA S., MUTANEN P., PIHLAJAMAKI H., HELIOVAARA M., VIIKARI-JUNTURA E., *Role of overweight and obesity in low back disorders among men: a longitudinal study with a life course approach*, BMJ Open, 2015, 5, e007805.
- [15] HALLEGRAEFF J.M., KRIJNEN W.P., VAN DER SCHANS C.P., DE GREEF M.H.G., *Expectations about recovery from acute non-specific low back pain predict absence from usual work due to chronic low back pain: a systematic review*, J. Physiother., 2012, 58 (3), 165–172.
- [16] HIDES J., GILMORE C., STANTON W., BOHLSCHIED E., *Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects*, Man Ther., 2008, 13 (1), 43–49.
- [17] JABLOŃSKA M., FRYZOWICZ A., OGURKOWSKA M., *Electromyographic evaluation of selected muscles during active hip extension in men treated McKenzie method*, Acta Bioeng. Biomech., 2020, 22 (3), 23–31.
- [18] KANKAANPÄÄ M., LAAKSONEN D., TAIMELA S., KOKKO S.M., AIRAKSINEN O., HANNINEN O., *Age, sex, and body mass index as determinants of back and hip extensor fatigue in the isometric Sorensen back endurance test*, Arch. Phys. Med. Rehabil., 1998, 79 (9), 1069–1075.
- [19] KAUSER M., SIDIQ M., MATHUR H., MARUTHY P., QASIM M., *Effectiveness of Home Based Exercise Programmes for Patients Suffering from Low Back Pain: A Systematic Review*, IJCRT, 2020, 8 (3).
- [20] LAM O.T., STRENGER D.M., CHAN-FEE M., PHAM P.T., PREUSS R.A., ROBBINS S.M., *Effectiveness of the Mckenzie method of mechanical diagnosis and therapy for treating low back pain: Literature review with meta-analysis*, J. Orthop. Sports Phys. Ther., 2018, 48 (6), 476–490.
- [21] LATIMER J., MAHER C.G., REFSHAUGE K., COLACO I., *The reliability and validity of the Biering–Sorensen test in asymptomatic subjects and subjects reporting current or previous nonspecific low back pain*, Spine, 1999, 24 (20), 2085–2089.
- [22] LU W.W., LUK K.D., CHEUNG K.M., WONG Y.W., LEONG J.C., *Back muscle contraction patterns of patients with low back pain before and after rehabilitation treatment: an electromyographic evaluation*, J. Spinal Disord., 2001, 14 (4), 277–282.
- [23] MAHATO N., *Muscle Function In Low Back Pain: Is Bigger And Stronger What Matters?*, J. Bangladesh Soc. Physiol., 2017, 12 (1), 41–51.
- [24] MANNION A.F., O’RIORDAN D., DVORAK J., MASHARAWI Y., *The relationship between psychological factors and performance on the Biering–Sorensen back muscle endurance test*, Spine J., 2011, 11 (9), 849–857.

- [25] MCCORMACK H.M., HORNE D.J., SHEATHER S., *Clinical applications of visual analogue scales: a critical review*, Psychol. Med., 1988, (18), 1007–1019.
- [26] NADLER S.F., MALANGA G.A., DEPRINCE M., STITIK T.P., FEINBERG J.H., *The relationship between lower extremity injury, low back pain, and hip muscle strength in male and female collegiate athletes*, Clin. J. Sport Med., 2000, 10 (2), 89–97.
- [27] NAMNAQANI F.I., MASHABI A.S., YASEEN K.M., ALSHEHRI M.A., *The effectiveness of McKenzie method compared to manual therapy for treating chronic low back pain: a systematic review*, J. Musculoskelet Neuronal Interact., 2019, 19 (4), 492–499.
- [28] NASSIF H., BROSSET N., GUILLAUME M., DELORE-MILLES E., TAFFLET M., BUCHHOLZ F., TOUSSAINT J.F., *Evaluation of a randomized controlled trial in the management of chronic lower back pain in a French automotive industry: an observational study*, Arch. Phys. Med. Rehabil., 2011, 92 (12), 1927–1936.
- [29] NUZZO J.L., MAYER J.M., *Body Mass Normalization for Isometric Tests of Muscle Endurance*, J. Strength Cond. Res., 2013, 27 (7), 2039–2045.
- [30] O’SULLIVAN P.B., MITCHELL T., BULICH P., WALLER R., HOLTE J., *The relationship between posture and back muscle endurance in industrial workers with flexion-related low back pain*, Man Ther., 2006, 11 (4), 264–271.
- [31] OGURKOWSKA M., KAWALEK K., *Pathological changes in the lumbar intervertebral discs among professional field hockey players*, J. Sport Med. Phys. Fit., 2016, 56 (1–2), 85–91.
- [32] RENKAWITZ T., BOLUKI D., GRIFKA J., *The association of low back pain, neuromuscular imbalance, and trunk extension strength in athletes*, Spine J., 2006, 6 (6), 673–683.
- [33] ROSE DULCINA K., ARMAND S., DOMINGUEZ D.E., GENEVAY S., VUILLERME N., *Asymmetry of lumbar muscles fatigability with non-specific chronic low back pain patients*, Eur. Spine J., 2019, 28 (11).
- [34] ROY S.H., DE LUCA C.J., EMLEY M., BUIJS R.J., *Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation*, Spine, 1995, 20 (1), 38–48.
- [35] SCHENK R.J., JOZEFczyk C., KOPF A., *A Randomized Trial Comparing Interventions in Patients with Lumbar Posterior Derangement*, J. Man Manip. Ther., 2003, 11 (2), 95–102.
- [36] SRINIVASAN J., BALASUBRAMANIAN V., *Low back pain and muscle fatigue due to road cycling – An sEMG study*, J. Body Mov. Ther., 2007, 11 (3), 260–266.
- [37] SUNG P.S., *Disability and back muscle fatigability changes following two therapeutic exercise interventions in participants with recurrent low back pain*, Med. Sci. Monit., 2013, 19, 40–48.
- [38] TIKKANEN O., HAAKANA P., PESOLA A.J., HÄKkinen K., RANTALAINEN T., HAVU M., PULLINEN T., FINNI T., *Muscle Activity and Inactivity Periods during Normal Daily Life*, PLoS One, 2013, 8 (1), e52228.
- [39] WANG-PRICE S., ALMADAN M., STODDARD C., MOORE D., *Recovery of Hip and Back Muscle Fatigue Following a Back Extension Endurance Test*, Int. J. Exerc. Sci., 2017, 10 (2), 213–224.
- [40] ZYGMAŃSKA M., BŁASZCZYK A., WEGNER K., SAMBORSKI W., OGURKOWSKA M., *Assessment of overload changes in the lumbar spine of employees with sedentary nature of work*, Fizjoterapia Polska, 2018, 18 (1), 62–73.