

Paulina OBREBSKA¹, Justyna OGRODNIK¹, Szczepan PISZCZATOWSKI¹

¹Zakład Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Białostocka, Białystok

WPLYW SPOSOBU PRZENOSZENIA BAGAŻU PODRĘCZNEGO NA AKTYWNOŚĆ WYBRANYCH MIĘŚNI SZKIELETOWYCH

Streszczenie: Celem niniejszej pracy było określenie czy sposób przenoszenia bagażu podręcznego wpływa na aktywność wybranych mięśni szkieletowych. W tym celu badana była aktywność tych mięśni w czasie chodu z odpowiednio dobranym sposobem obciążenia. Podczas analizy wyników zauważono, że niesymetryczne przenoszenie bagażu powoduje zwiększoną aktywność badanych mięśni oraz wzrost asymetrii w działaniu mięśni po prawej i lewej stronie ciała.

Słowa kluczowe: biomechanika, mięsień, EMG, obciążenia kręgosłupa, bagaż podręczny

1. WSTĘP

Układ szkieletowo-mięśniowy człowieka to skomplikowana struktura złożona z wielu współpracujących ze sobą elementów. Istotny wpływ na jego funkcjonowanie mają działające w jego obrębie obciążenia mechaniczne. Istotnym źródłem takich obciążeń są czynności dnia codziennego, ważne z uwagi na ich wielokrotne powtarzanie w długim okresie.

Wiadomo, że jedną z form aktywności jest przenoszenie różnych ciężarów. W przypadku dzieci i młodzieży w wieku szkolnym, kiedy następuje intensywny rozwój układu szkieletowego, narażone są one na niedogodności związane z noszeniem często zbyt ciężkiego tornistra. Mogą mieć one w tej sytuacji do czynienia z takimi problemami jak zmęczenie, bolesność mięśni, bóle pleców oraz ramion, drętwienie rąk, a w skrajnych przypadkach uszkodzenie kręgosłupa [2]. W przypadku nastolatków, aż u 50% z nich, dolegliwości bólowe w obrębie kręgosłupa spowodowane są noszeniem toreb [3,10]. Według Elfvinga [1] może to być spowodowane zwiększoną aktywnością mięśni, która z kolei powoduje ich zmęczenie [9]. Zgodnie z ustaleniami Heuschera [5] studenci noszą swoje torby czy plecaki więcej niż 30 minut w ciągu dnia, ciężar bagażu wynosi w przybliżeniu 10% ciężaru ich ciała, a sposób w jaki go przenoszą jest przeważnie niesymetryczny. Oprócz problemów w obrębie kręgosłupa, niesymetryczne przenoszenie bagażu podręcznego może być również niekorzystne dla stawu biodrowego [7,8]. Zbyt duże siły mięśniowe działające w tym obszarze mogą powodować zwiększenie dolegliwości bólowych oraz nadmierne zużywanie się stawu. W tej sytuacji konieczne wydaje się prowadzenie dodatkowych badań, pozwalających lepiej zrozumieć związek pomiędzy pracą mięśni, a sposobem przenoszenia ciężaru.

Celem prezentowanych badań było zbadanie wpływu sposobu przenoszenia bagażu podręcznego na aktywność wybranych mięśni szkieletowych.

2. MATERIAŁ I METODA

Badania zostały przeprowadzone na grupie 15 studentów (9 kobiet i 6 mężczyzn) w wieku $22,10 \pm 2,10$ lat, o wysokości ciała $1,75 \pm 0,35$ m, masie ciała $72 \pm 12,3$ kg oraz wartości współczynnika BMI $22,5 \pm 5,8$. Wszystkie osoby badane deklarowały się jako zdrowe.

Do oceny aktywności mięśni podczas chodu bez obciążenia, a także podczas różnych wariantów przenoszenia bagażu podręcznego wybrano mięsień czworoboczny (*m. trapezius - T*), mięsień najszerszy grzbietu (*m. latissimus dorsi - LD*), mięsień prostownik grzbietu (*m. erector spinae - ES*) oraz mięsień pośladkowy średni (*m. gluteus medius - GM*). Badano mięśnie usytuowane zarówno po lewej jak i prawej stronie ciała.

Stanowisko badawcze składało się ze ścieżki pomiarowej, w skład której wchodziła platforma pedobarograficzna Footscan 2m firmy RsScan (określenie początku i końca cyklu chodu), wyposażona w interfejs 3D box umożliwiający jej synchronizację czasową z zestawem do badania aktywności elektrycznej mięśni. Wykorzystano zestaw firmy Biometrics Ltd. składający się ze stacji pomiarowej DataLOG MWX8 oraz 8 zintegrowanych elektrod SX230, wyposażonych w przedwzmacniacz oraz filtry dolnoprzepustowy i górnoprzepustowy (pasmo przenoszenia 20 - 450 Hz, wzmocnienie 1000 razy).

W badaniu wykorzystano trzy rodzaje bagażu podręcznego (rys. 1.): plecak (1,2), torbę na długim, regulowanym pasku (3,4) oraz torebkę z krótką, nieregulowaną rączką (5). Długość paska torby dobierano tak, aby jej środek znalazł się na wysokości stawu biodrowego. Ciężar bagażu dobierano indywidualnie dla każdej osoby w taki sposób, by wynosił on 10% ciężaru ciała.

Zbadano 9 wariantów przenoszenia bagażu (rys. 1.). Plecak umieszczono symetrycznie na obu ramionach (ps) albo asymetrycznie na prawym (pp) lub lewym (pl) ramieniu. Torbę na długim pasku umieszczono niesymetrycznie na prawym (tp) bądź lewym (tl) ramieniu. Zakładano ją także "na krzyż", tzn. torba opierała się o lewe biodro (tkl), ale zawieszona była na prawym ramieniu, bądź znajdowała się po prawej stronie ciała (tkp), a opierała się na ramieniu lewym. Torebkę z krótką rączką umieszczano na przedramieniu prawym (tpp), bądź lewym (tpl). Dodatkowo, zbadano również zachowanie mięśni w czasie chodu bez obciążenia (bo).



Rys. 1. Sposoby przenoszenia obciążenia (warianty 2-5 były powtarzane dla prawej i lewej strony):
1- plecak symetrycznie (ps), 2- plecak na prawym ramieniu (pp), 3- torba na prawym ramieniu (tp),
4- torba założona "na krzyż" na prawą stronę (tkp), 5- torebka na przedramieniu prawym (tpp)

Elektrody umieszczano po obu stronach ciała na oczyszczonej skórze, 2 cm w kierunku bocznym od trzeciego kręgu piersiowego (*m. czworoboczny*), 2 cm w dół od kąta łopatki (*m. najszerszy grzbietu*), 2 cm w kierunku bocznym od pierwszego kręgu lędźwiowego (*m. prostownik grzbietu*) oraz w połowie odległości między krętarzem większym a grzebieniem biodrowym (*m. pośladkowy średni*).

Dla każdego z wariantów pomiarowych wykonano 3 przejścia wzdłuż ścieżki pomiarowej (długość 10 m), podczas których zarejestrowano rozkład nacisków w kontakcie stopy z podłożem (platforma Footscan) oraz elektryczną aktywność badanych mięśni (EMG).

W celu oceny aktywności wybranych mięśni podczas wykonywania analizowanych czynności określono: średnią amplitudę sygnału EMG oraz asymetrię aktywności mięśni po prawej i lewej stronie ciała w czasie cyklu chodu.

Surowy sygnał EMG był filtrowany sprzętowo z użyciem filtra pasmowo-przepustowego o paśmie 20-450 Hz i próbkowany z częstotliwością 1000 Hz. Dla oceny amplitudy sygnału EMG wyznaczono jego obwiednię stosując średnią ruchomą z wykorzystaniem metody RMS (*root mean square*). Podczas wyznaczenia średniej ruchomej stosowano okno czasowe 0,2 ms [6]. Po wybraniu odpowiedniego odcinka czasowego, odpowiadającego cyklowi chodu dla lewej kończyny dolnej, wyznaczono wartość średnią amplitudy (wygładzonej wcześniej metodą RMS) sygnału EMG w tym okresie. Obliczenia powtórzono dla trzech kolejnych przejść danej osoby przez ścieżkę pomiarową, następnie uśredniono i odniesiono do średniej aktywności danego mięśnia podczas chodu bez dodatkowego obciążenia i wyrażono w procentach (normalizacja sygnału EMG do *reference voluntary contraction* (RVC)) [15]. Zastosowanie normalizacji sygnału EMG do wartości RVC umożliwiło porównywanie aktywności uzyskanej dla różnych mięśni oraz różnych osób, bez konieczności wykonywania serii dość trudnych do praktycznej realizacji pomiarów maksymalnej aktywności mięśni, niezbędnej do wykonania najczęściej stosowanej normalizacji z użyciem sygnału MVC (*maximum voluntary contraction*). Uzyskane wyniki indywidualne uśredniono następnie dla całej grupy. W celu określenia asymetrii w aktywności mięśni po prawej i lewej stronie ciała w czasie cyklu chodu wykorzystano własny wskaźnik logarytmiczny, którego wartość chwilową wyznaczano z użyciem formuły:

$$\text{LOG} \left(\frac{L}{P} \right) = \text{LOG} \left(\frac{\text{chwilowa wartość aktywności mięśnia lewego dla sytuacji } x}{\text{chwilowa wartość aktywności mięśnia prawego dla sytuacji } x} \right) \quad (1)$$

Chwilową wartość aktywności poszczególnych mięśni uzyskano dzieląc chwilową wartość sygnału dla danej formy przenoszenia bagażu przez maksymalną wartość uzyskaną dla tego mięśnia w czasie chodu bez obciążenia (normalizacja EMG do RVC). Uzyskany wskaźnik pozwolił na określenie asymetrii aktywności mięśni w czasie cyklu chodu - wartość dodatnia to przewaga mięśnia po lewej stronie ciała, zaś wartość ujemna wskazuje na dominację mięśnia po prawej stronie ciała. Uzyskane wyniki odniesiono do czasu trwania cyklu chodu lewej kończyny dolnej, a następnie uśredniono dla całej grupy.

Jak wiadomo, w sytuacji, gdy chwilowa aktywność mięśni po lewej i prawej stronie będzie identyczna $L/P = 1 = 10^0$, wskaźnik przyjmuje wartość 0. Przy przewadze aktywności mięśni po lewej stronie ciała, wskaźnik przyjmuje wartości dodatnie (np. dla 10-krotnej przewagi lewego mięśnia $L/P = 10/1 = 10^1$ wartość wskaźnika wynosi 1), podczas gdy przeważa aktywność mięśni po prawej stronie przyjmuje wartości ujemne (np. dla 10-krotnej przewagi prawego mięśnia $L/P = 1/10 = 10^{-1}$ wartość wskaźnika wynosi -1).

Dodatkowo, wyznaczono także współczynniki korelacji liniowej Pearsona między średnimi wartościami aktywności dwóch wybranych mięśni dla różnych wariantów przenoszenia bagażu podręcznego w czasie jednego cyklu chodu (w odniesieniu do lewej kończyny dolej). Do wyznaczenia zależności statystycznych użyto programu STATISTICA 12 (poziom istotności $p < 0,05$).

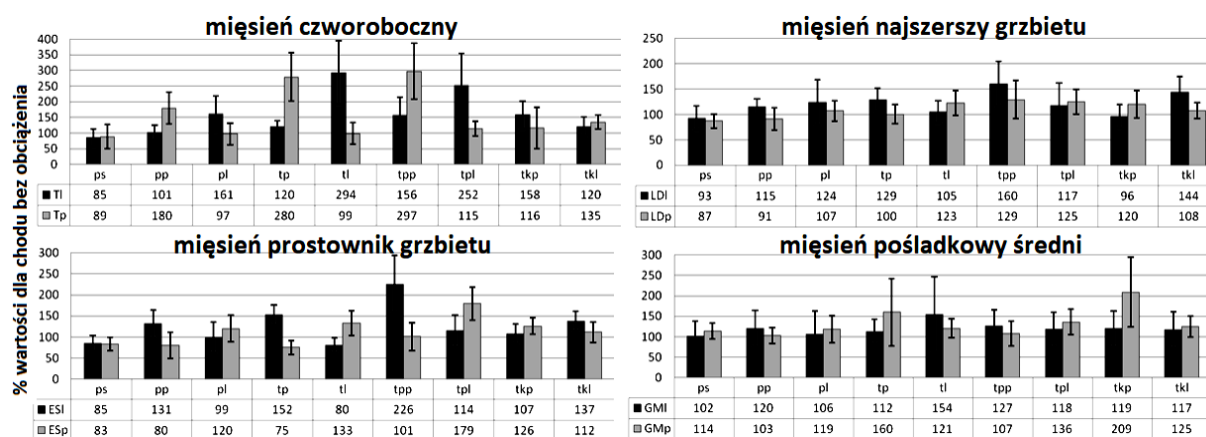
3. WYNIKI

3.1. Średnia aktywność badanych mięśni

Średnią aktywność poszczególnych mięśni przedstawiono na rys. 2.

Dla większości analizowanych przypadków wartość średniej aktywności badanych mięśni mieści się w przedziale 100 - 150% wartości uzyskanej przy chodzie bez dodatkowego obciążenia. Można także zauważyć, że wariantem odznaczającym się najniższą średnią aktywnością badanych mięśni było symetryczne przenoszenie plecaka (ps) - ok. 80 - 90%

wartości dla chodu bez obciążenia (z wyjątkiem mięśnia pośladkowego średniego). Z drugiej strony warianty, które wymagały od mięśni największej aktywności, to noszenie torby na jednym ramieniu (tp, tl) oraz torebki na przedramieniu (tpp, tpl). Tutaj dla mięśnia czworobocznego uzyskano wyniki na poziomie nawet 300% wartości zarejestrowanej dla chodu bez obciążenia, a dla mięśnia prostownika grzbietu ok. 200% wartości dla chodu bez obciążenia. Widać też, że mięsień czworoboczny odznaczał się większą aktywnością po tej samej stronie, po której znajdowało się obciążenie (wyjątek - torba przełożona "na krzyż"). Z kolei mięsień prostownik grzbietu oraz mięsień najszerzy grzbietu były aktywniejsze po stronie przeciwnej niż obciążenie (ponownie wyjątkiem było noszenie torby "na krzyż"). W przypadku mięśnia pośladkowego średniego również zauważono tendencję do większej aktywności po przeciwnej stronie niż obciążenie, za wyjątkiem torby noszonej na jednym ramieniu (tp, tl).

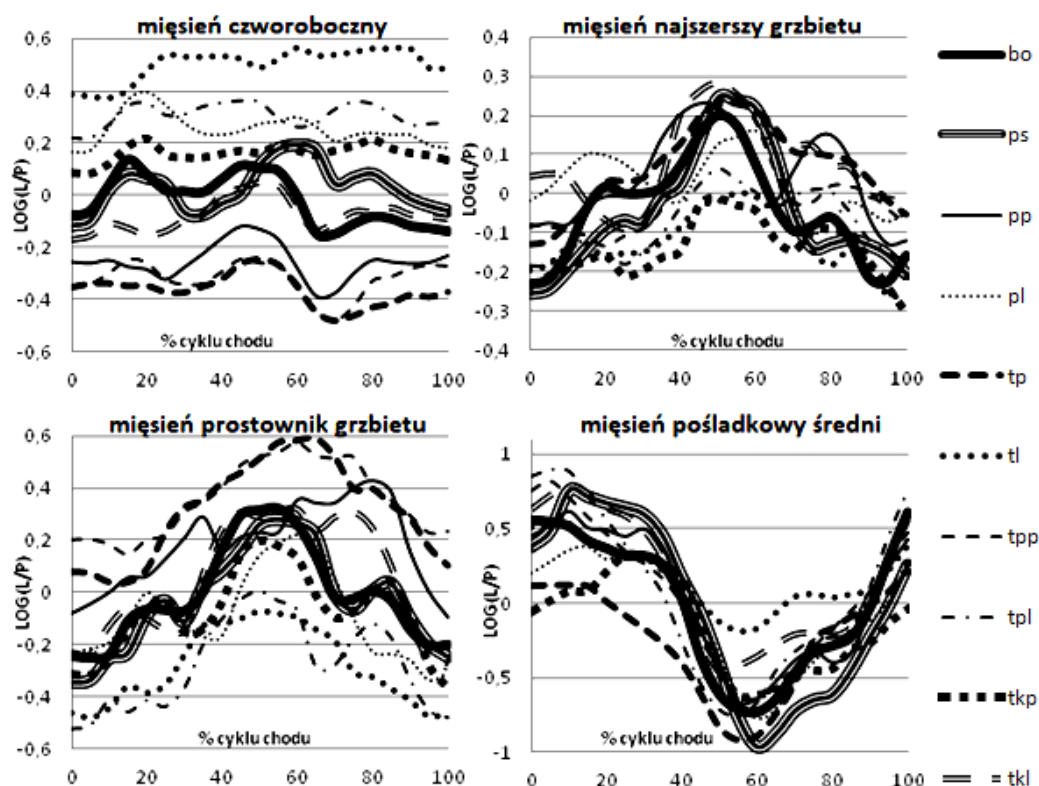


Rys. 2. Średnia aktywność badanych mięśni podczas jednego cyklu chodu dla lewej kończyny dolnej wraz z odchyleniem standardowym - ■ strona lewa, ■ strona prawa

3.2. Ocena asymetrii w działaniu mięśni

Wyniki dotyczące asymetrii aktywności mięśni znajdujących się po prawej i lewej stronie ciała zostały przedstawione na rys. 3.

Na podstawie analizy wyników (rys. 3.) można zauważyć, że największą asymetrię w działaniu prawej i lewej strony można zauważyć dla mięśnia pośladkowego średniego (wartości z przedziału -1 do 1), zaś najmniejszą dla mięśnia najszerzego grzbietu (wartości z przedziału od -0,3 do 0,3). Dla pozostałych dwóch mięśni wartości wskaźnika znajdują się w przedziale od -0,6 do 0,6. Analizując przebieg wskaźnika asymetrii dla mięśnia czworobocznego widać, że niesymetryczne przenoszenie bagażu podręcznego powoduje przewagę mięśnia znajdującego się po tej samej stronie, po której znajduje się obciążenie podczas całego cyklu chodu - wyjątkiem jest torba noszona "na krzyż". Mięsień prostownik grzbietu oraz mięsień najszerzy grzbietu wykazuje większą aktywność po stronie przeciwnej niż przenoszone obciążenie, choć przewaga nie musi się już utrzymywać przez cały cykl chodu. Asymetria w aktywności mięśnia pośladkowego średniego uzależniona jest od fazy cyklu chodu - największą aktywność wykazuje na początku fazy podporowej (stąd wysokie wartości dodatnie wskaźnika na początku cyklu chodu oraz wysokie wartości ujemne przy ok. 60% cyklu chodu - kontakcie prawej stopy z podłożem).



Rys. 3. Logarytmiczny wskaźnik asymetrii aktywności mięśni - wartości dodatnie oznaczają przewagę lewego mięśnia

3.3. Ocena korelacji (r) pomiędzy aktywnością wybranych mięśni

W tab.1. umieszczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona między średnią aktywnością dwóch wybranych mięśni dla różnych wariantów przenoszenia obciążenia w czasie jednego cyklu chodu. Analizowano średnią aktywność poszczególnych mięśni w czasie pojedynczego cyklu chodu. Uwzględniono tylko wyniki istotne statystycznie ($p < 0,05$). Wszystkie analizowane parametry miały rozkład normalny.

Tabela 1. Współczynniki korelacji między średnią aktywnością dwóch wybranych mięśni

Rozpatrywana para mięśni	Sposób przenoszenia bagażu (symbol)	r (współczynnik korelacji)	p (poziom istotności)
m. czworoboczny prawy - m. czworoboczny lewy	ps	0,92	0,01
	pp	0,92	0,01
	pl	0,86	0,03
	tl	0,88	0,02
	tpp	0,88	0,02
m. czworoboczny lewy - m. prostownik grzbietu lewy	tp	0,91	0,01
m. czworoboczny lewy - m. prostownik grzbietu prawy	pp	0,96	0,01
	pl	0,85	0,03
m. czworoboczny lewy - m. pośladkowy średni lewy	tpp	0,91	0,01
m. czworoboczny prawy - m. prostownik grzbietu lewy	pp	0,82	0,04

m. czworoboczny prawy - m. prostownik grzbietu prawy	pp	0,83	0,04
m. czworoboczny prawy - m. pośladkowy średni lewy	tpp	0,82	0,04
m. najszerszy grzbietu lewy - m. prostownik grzbietu lewy	tl	0,84	0,04
m. najszerszy grzbietu prawy - m. prostownik grzbietu prawy	pl	0,84	0,04
	tl	0,82	0,05
	tpl	0,89	0,01
m. prostownik grzbietu lewy - m. pośladkowy średni lewy	ps	- 0,90	0,02
	tpl	0,88	0,02
m. prostownik grzbietu prawy - m. pośladkowy średni lewy	pp	0,87	0,02
	tp	0,95	0,01
m. prostownik grzbietu prawy - m. pośladkowy średni prawy	ps	- 0,87	0,02
m. pośladkowy średni prawy - m. pośladkowy średni lewy	pp	-0,88	0,01

Analizując dane z tab.1. można zauważyć, że korelacje, które są istotne statystycznie mają charakter bardzo silny ($r > 0,9$) lub dość silny ($0,7 < r < 0,9$) [11]. W czasie chodu z symetrycznie założonym plecakiem można zaobserwować istotną statystycznie korelację pomiędzy aktywnością mięśni czworobocznego lewego i prawego. Co więcej, mięsień czworoboczny nie koreluje istotnie jedynie z mięśniem najszerszym grzbietu. Istotną statystycznie korelację zauważono także przy niesymetrycznym obciążeniu dla pary mięśni prostownik grzbietu - mięsień pośladkowy średni, przy czym, dla par mięśni znajdujących się po tej samej stronie korelacja ta ma wartość ujemną, co oznacza działanie przeciwstawne. Podobne zjawisko zauważono dla mięśni pośladkowego średniego prawego i lewego.

4. DYSKUSJA

Celem powyższej pracy było zbadanie wpływu sposobu przenoszenia bagażu podręcznego na aktywność wybranych mięśni. Ilościowa analiza tego zagadnienia pozwala na dokładną ocenę działania poszczególnych mięśni, co umożliwia wskazanie mięśni bardziej eksploatowanych w czasie różnych form aktywności [2,7,8].

Wielu autorów twierdzi, że niesymetryczne przenoszenie obciążenia powoduje wzrost aktywności mięśni okołokręgosłupowych oraz odwodzicieli stawu biodrowego [4, 7, 8], bądź powoduje zmiany w przyjmowanej przez osobę postawie ciała w taki sposób, aby środek ciężkości znalazł się możliwie jak najbliżej środka ciała [12].

Na podstawie uzyskanych wyników zaobserwowano, że zmiana sposobu przenoszenia obciążenia z symetrycznego na niesymetryczny ma największy wpływ na mięśnie czworoboczne, a najmniejszy na mięsień najszerszy grzbietu (w przypadku mięśni działających na kręgosłup), tak jak to stwierdzono w badaniach Hardiego [4]. Co więcej, dla wszystkich badanych mięśni największą aktywność zauważono dla torby noszonej na jednym ramieniu - ponownie tak, jak to miało miejsce w badaniach Hardiego [4] oraz dla torby noszonej na przedramieniu. Spowodowane może to być faktem, że w tych przypadkach środek ciężkości jest bardziej przesunięty w kierunku bocznym niż w pozostałych wariantach obciążenia.

Bardzo wysoka aktywność mięśni czworobocznych może wynikać z faktu, że odpowiadają one za unoszenie kończyny górnej. Może to więc sugerować, że mięśnie te u osób badanych miały tendencję do unoszenia kończyny górnej, aby przeciwstawić jej

nadmiernemu dociążeniu przez bagaż podręczny. To z kolei mogło powodować boczne wygięcie kręgosłupa, prowadzące do próby przesunięcia środka ciężkości nad punkt podparcia w czasie cyklu chodu, co znalazło potwierdzenie w badaniach Grimmera [3]. Średnia aktywność tych mięśni uzyskiwana podczas niesymetrycznego noszenia plecaka (środek ciężkości zlokalizowany bliżej osi ciała), jest prawie dwukrotnie niższa niż dla chodu z torbą na jednym ramieniu. Dodatkowo, mięsień ten jest bardziej aktywny po tej samej stronie, po której znajduje się obciążenie.

W przypadku mięśni okołokręgosłupowych najmniejszą aktywność zaobserwowano dla mięśnia najszerzego grzbietu, co również znalazło potwierdzenie w badaniach Hardiego [4]. Może to wynikać z funkcji tego mięśnia, gdyż odpowiada on za opuszczanie uniesionego ramienia oraz odwodzenie kończyny, jednak tylko przy ustalonej pozycji kręgosłupa (czyli konieczne jest ograniczenie jego ruchomości).

Mięsień prostownik grzbietu odpowiada za utrzymywanie równowagi tułowia. Dlatego też największą jego aktywność zauważono w czasie noszenia torby na jednym ramieniu [4] oraz torebki na przedramieniu. Wynika to z faktu, że w tych przypadkach środek ciężkości jest najbardziej wysunięty w stronę boczną, a tym samym może powodować większą tendencję do bocznego wychylenia kręgosłupa, tak jak to zauważono w badaniach Grimmera [3].

Mięsień pośladkowy średni jest odwodzicielem stawu biodrowego. Najniższą jego aktywność uzyskiwano w czasie symetrycznego noszenia plecaka, zaś najwyższą w czasie noszenia torby na jednym ramieniu (ok. 1,5 razy większa aktywność niż w czasie symetrycznie noszonego plecaka). Prawdopodobnie spowodowane jest to tym, że w przypadku symetrycznie rozłożonego obciążenia środek ciężkości znajduje się bliżej osi ciała człowieka, a tym samym nie jest wymagana aż tak duża aktywność mięśni, co potwierdziły badania Neumanna [7,8].

Po analizie wyników widać więc, że jeżeli konieczne jest stosowanie niesymetrycznego obciążenia trzeba zadbać o to, żeby środek ciężkości znajdował się jak najbliżej osi ciała człowieka (tak jak w czasie noszenia plecaka na jednym ramieniu).

Badanie tego typu mogą być pomocne w uświadamianiu młodzieży szkolnej o szkodliwości dla zdrowia panujących trendów, gdyż zalecane jest symetryczne noszenie bagażu podręcznego, a nie korzystanie z toreb lub torebek, noszonych na jednym ramieniu.

5. WNIOSKI

Podczas badań określono wpływ sposobu przenoszenia bagażu podręcznego na aktywność mięśnia czworobocznego, mięśnia najszerzego grzbietu, mięśnia prostownika grzbietu oraz mięśnia pośladkowego średniego. Zauważono, że sposób przenoszenia bagażu ma widoczny wpływ na aktywność poszczególnych mięśni. Symetrycznie rozłożone obciążenie wymagało najmniejszej aktywności mięśni. W czasie przenoszenia obciążenia ważne jest, żeby znajdowało się ono jak najbliżej osi ciała, stąd wariantami najbardziej niekorzystnymi okazało się przenoszenie torby na jednym ramieniu oraz torebki na przedramieniu. Dodatkowo, mięsień czworoboczny wykazuje większą aktywność po tej samej stronie, po której znajduje się obciążenie, zaś mięsień najszerzy grzbietu, mięsień prostownik grzbietu oraz mięsień pośladkowy średni, w większości przypadków po stronie przeciwnej niż obciążenie. Podsumowując, niesymetryczne obciążenie może działać niekorzystnie na ciało człowieka, szczególnie wtedy, gdy towarzyszy mu w codziennych sytuacjach, jak podczas noszenia różnych form bagażu podręcznego.

LITERATURA

- [1] Elfving B., Dederling A., Nemeth G.: Lumbar muscle fatigue and recovery in patients with long-term low-back trouble - electromyography and health-related factors. *Clin. Biomech.*, vol. 18, 2003, p.619-630.
- [2] Grimmer K.A., Williams M.T., Gill T.K.: The associations between adolescent head-on-neck posture, backpack weight, and anthropometric features. *Spine*, vol. 24(21), 1999, p.2262–2267.
- [3] Grimmer K., Dansie B., Milanese S., Pirunsan U., Trott P.: Adolescent standing postural response to backpack loads: a randomised controlled experimental study. *BMC Musculo Disord*, vol. 3, 2002, p.74-84.
- [4] Hardie R., Haskew R., Harris J., Hughens G., The effects of bag style on muscle activity of the trapezius, erector spinae and latissimus dorsi during walking in female University Students. *Journal of Human Kinetics*, vol. 45, 2015, p.39-47.
- [5] Heuscher Z., Gilkey D.P., Peel J.L., Kennedy C.A.: The association of self-reported backpack use and backpack weight with low back pain among college students. *J. Manip Physiol Ther*, vol. 33, 2010, p.432-437.
- [6] Konrad P.: ABC EMG. Praktyczne wprowadzenie do elektromiografii kinezyologicznej. TECHNOMEX Spółka z.o.o., Gliwice, 2007.
- [7] Neumann D. A., Cook T. M.: Effect of load and carrying position on the electromyographic activity of the gluteus medius muscle during walking. *Physical Therapy Journal*, vol. 65(3), 1985.
- [8] Neumann D. A., Cook T. M., Sholty R. L., Sobush D. C.: An electromyographic analysis of hip abductor muscle activity when subjects are carrying loads in one or both hands. *Physical Therapy Journal*, vol. 72(3), 1992.
- [9] Piscione J., Garnet D.: Effect of mechanical compression due to load carrying on shoulder muscle fatigue during sustained isometric arm abduction: an electromyographic study. *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 6, 2006, p. 221-228.
- [10] Skoffler B.: Low back pain in 15- to 16-year-old children in relation to school furniture and carrying of the school bag. *Spine*, vol. 32, 2007, p. 713-717.
- [11] Stanis A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. tom 1, StatSoft Polska, Kraków, 2006.
- [12] Wu G., MacLeod M.: The control of body orientation and center of mass location under asymmetrical loading. *Gait & Posture*, vol. 13, 2001, p.95-101.
- [13] <http://www.rsscan.com/footscan/> (10.11.2017)
- [14] <http://www.biometricsltd.com/> (10.11.2017)
- [15] Sousa A. S. P.: Surface electromyographic amplitude normalization methods: A review, [in:] Hiroki T., *Electromyography: new development, procedures and applications*. Nova Science Publishers Inc, 2012.

INFLUENCE OF DIFFERENT WAY OF CARRYING HAND BAGGAGE ON ACTIVITY OF SELECTED SKELETAL MUSCLES

Abstract: The aim on this study was to determine if and how different way of carrying hand baggage influence on selected skeletal muscles. For this purpose, the activity of these muscles was studied during gait with the appropriate load method. During the analysis of the result it was noted that asymmetric hand luggage increased the activity of the examined muscles as well as asymmetry in muscular activity on the right and left side of the body.