

**Mateusz ŁATACZ¹, Aleksandra IWAŚKO¹, Katarzyna NOWAKOWSKA²,
Katarzyna JOCHYMCZYK-WOŹNIAK², Wojciech WOLAŃSKI²**

¹Studenckie Koło Naukowe „Biokreatywni” przy Wydziale Inżynierii Biomedycznej, Politechnika Śląska, Zabrze

²Wydział Inżynierii Biomedycznej, Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Zabrze

OCENA BIOMECHANICZNA Z WYKORZYSTANIEM SPRZĘTU ORTOPEDYCZNEGO

Streszczenie: Dotychczasowe badania z wykorzystaniem sprzętu ortopedycznego, takiego jak ortezy czy gorsety, miały na celu sprawdzenie ich efektywności działania po danym okresie użytkowania. Dostępnie dzisiaj metody zapewniają szersze spektrum możliwości oceny biomechanicznej. Niniejsze opracowanie opisuje próbę stworzenia metodyki badań, która pozwoli określić prawidłowe funkcjonowanie sprzętu ortopedycznego na etapie użytkowania.

Słowa kluczowe: sprzęt ortopedyczny, orteza, gorset

1. WSTĘP

Sprzęt ortopedyczny pełni ważną rolę w procesie kompleksowej rehabilitacji chorych z dysfunkcją narządu ruchu. Najczęściej wiąże się ona z pełnieniem funkcji mechanicznych, takich jak poprawa stabilizacji kończyn górnych i dolnych, korekcja postawy czy podparcie masy ciała. Wykorzystanie sprzętu ortopedycznego może znacząco wpłynąć na odzyskanie prawidłowych wzorców ruchowych, a także funkcji narządu ruchu [1].

Najczęstsze badania dotyczące stosowania sprzętu ortopedycznego związane są z oceną efektywności ich stosowania w trakcie, a także po okresie użytkowania. Mniejszą uwagę poświęca się ocenie funkcjonalności sprzętu ortopedycznego w trakcie jego użytkowania. Dlatego celem pracy było określenie przydatności stosowanych powszechnie metod badawczych, na podstawie których możliwa byłaby ocena biomechaniczna funkcjonalności użytkowanego sprzętu ortopedycznego. Ocenie biomechanicznej poddano gorset MK BRACE firmy Ori-Med [17] oraz ortezy stawu kolanowego na podstawie analizy parametrów kinematycznych (czasowo-przestrzennych) takich, jak długość i czas kroku, a także procentowy udział poszczególnych faz chodu. Dodatkowo analizowano zmianę parametrów kinematycznych obejmujących m.in. pochylenie miednicy i tułowia czy ich rotację, a także parametry dynamiczne, jak na przykład reakcje oraz rozkład nacisku stóp na podłoże.

Analizie zostały poddane ortezy stawu kolanowego różnych producentów oraz gorset MK-BRACE odciążająco-korekcyjny firmy Ori-Med. Gorset ortopedyczny to aparat stosowany

w leczeniu zachowawczym, który umożliwia odciążenie, a także stabilizację oraz korygowanie kręgosłupa. Orteza stanowi aparat stabilizujący stawy lub dany segment ciała człowieka poprzez unieruchomienie stawów kończyn, które uległy urazom w wyniku zwichnięcia, skręcenia czy też zerwania więzadeł.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Przeprowadzone badania składały się z trzech etapów, co pozwoliło na kompleksową analizę wpływu gorsetu MK BRACE (Rys.1) oraz ortez (Tab.2) na zmianę parametrów kinematycznych i dynamicznych chodu. W badaniach wzięła udział jedna osoba w wieku 23 lat o danych antropometrycznych przedstawionych w Tab. 1, u której nie stwierdzono żadnych wad narządu ruchu, które mogłyby wpłynąć na przebieg badania.

Tabela 1. Charakterystyka osoby badanej

Wzrost [cm]	Masa ciała [kg]	Wiek [lata]	Płeć
172	66	23	M

W pierwszej części badań wykorzystano system do kompleksowej analizy ruchu BTS Smart, złożony z 6 kamer optoelektronicznych, a także ścieżki pomiarowej z wbudowanymi platformami dynamometrycznymi. Wykonano 6 przejść dla każdego aparatu ortopedycznego, aby zebrać odpowiednią ilość danych do dalszej analizy.

W drugim etapie wykorzystana została bieżnia Zebris FDM-T w celu wyznaczenia rozkładu sił nacisku stóp na podłoże. Wykonanie po dwie 30-sekundowe próby bez, jak i z użyciem sprzętu ortopedycznego. Badanie przeprowadzono przy stałej prędkości 4km/h.

Ostatnim etapem był pomiar stabilograficzny statyczny z wykorzystaniem platformy dynamograficznej Zebris FDM-S. Każda próba była przeprowadzona z otwartymi oczami osoby badanej i trwała 60 sekund. Poniżej w tabeli 2 zostały przedstawione ortozy stawu kolanowego poddane badaniom biomechanicznym, a na rysunku 1 gorset MK BRACE firmy Ori-Med.

Tabela 2. Wykaz ortez wykorzystanych w badaniach

Symbol ortozy	Nazwa ortozy
o1	Ligaflex [13]
o2	S-move [8]
o3	EB-SK/A [5]
o4	AM-OSK-Z/2RA [2]
o5	AM-OSK-Z/1 [4]
o6	EB-SKL/2RA [5]
o7	SP-A-824 [3]
o8	Otto Bock [9]
o9	Ori-Med [16]



Rys. 2. Gorset MK BRACE firmy Ori-Med

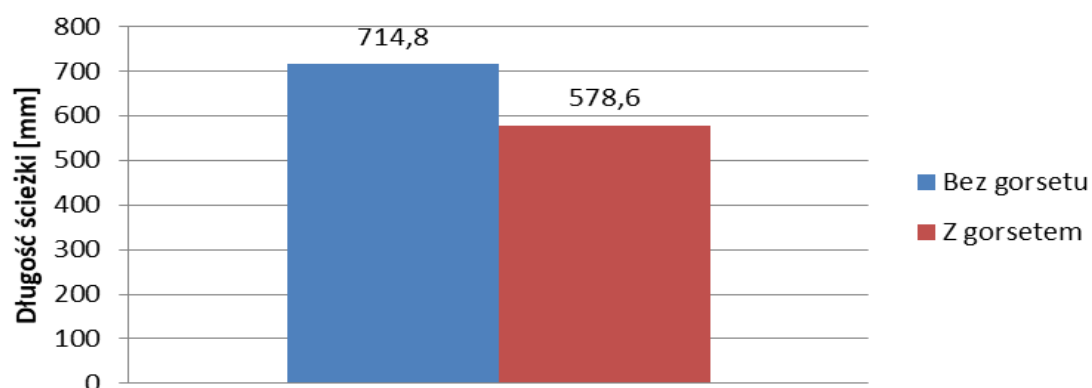
3. WYNIKI BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań określono zmianę parametrów kinematycznych i dynamicznych chodu z gorsetem ortopedycznym MK BRACE oraz podczas korzystania z ortez stawu kolanowego. Dzięki temu możliwe było określenie poprawności funkcjonowania obu rodzajów aparatu ortopedycznego

3.1. Badania biomechaniczne z wykorzystaniem gorsetu

Otrzymane wyniki badania gorsetu korekcyjno-odciążającego MK BRACE zamieszczono na poniższych rysunkach Rys. 1 ÷ Rys. 3.

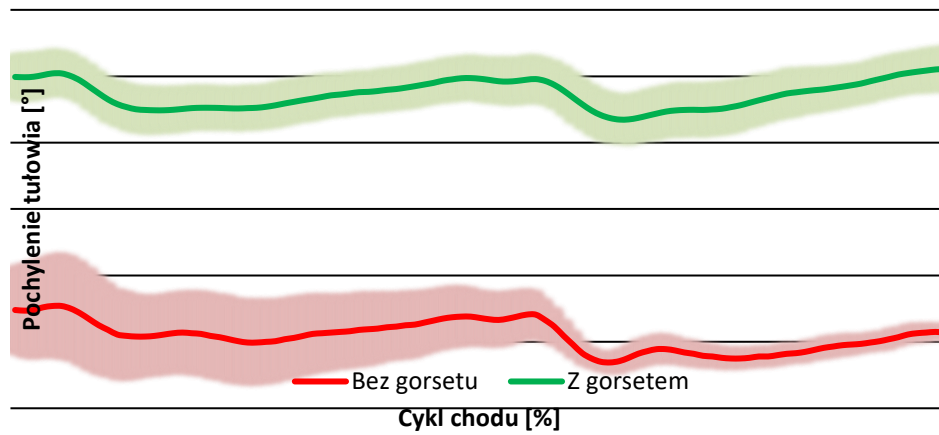
Na Rys. 3 przedstawiono zmianę wartości parametru długości ścieżki bez oraz z wykorzystaniem gorsetu, uzyskanego z wykorzystaniem platformy stabilograficznej.



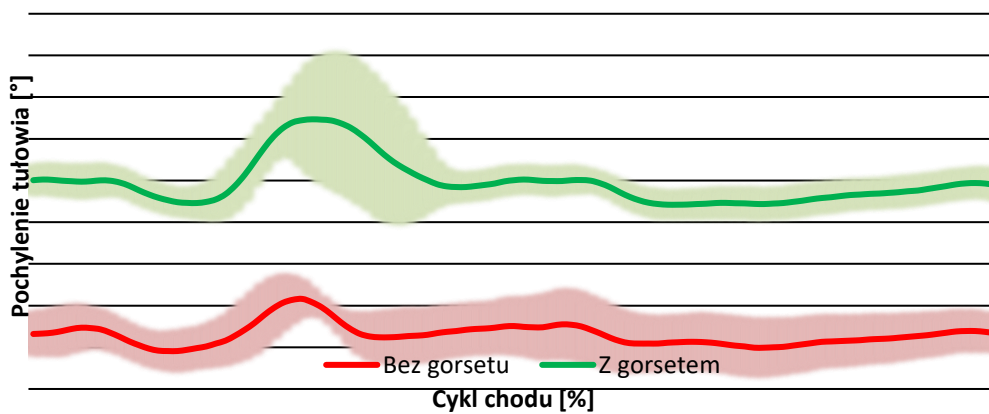
Rys. 3. Zmiana długości ścieżki z wykorzystaniem platformy stabilograficznej bez oraz z wykorzystaniem gorsetu ortopedycznego

Rys. 4 obrazuje zmianę wartości parametru pochylenia tułowia zarówno dla prawej jak i lewej strony bez oraz z wykorzystaniem gorsetu ortopedycznego.

a)

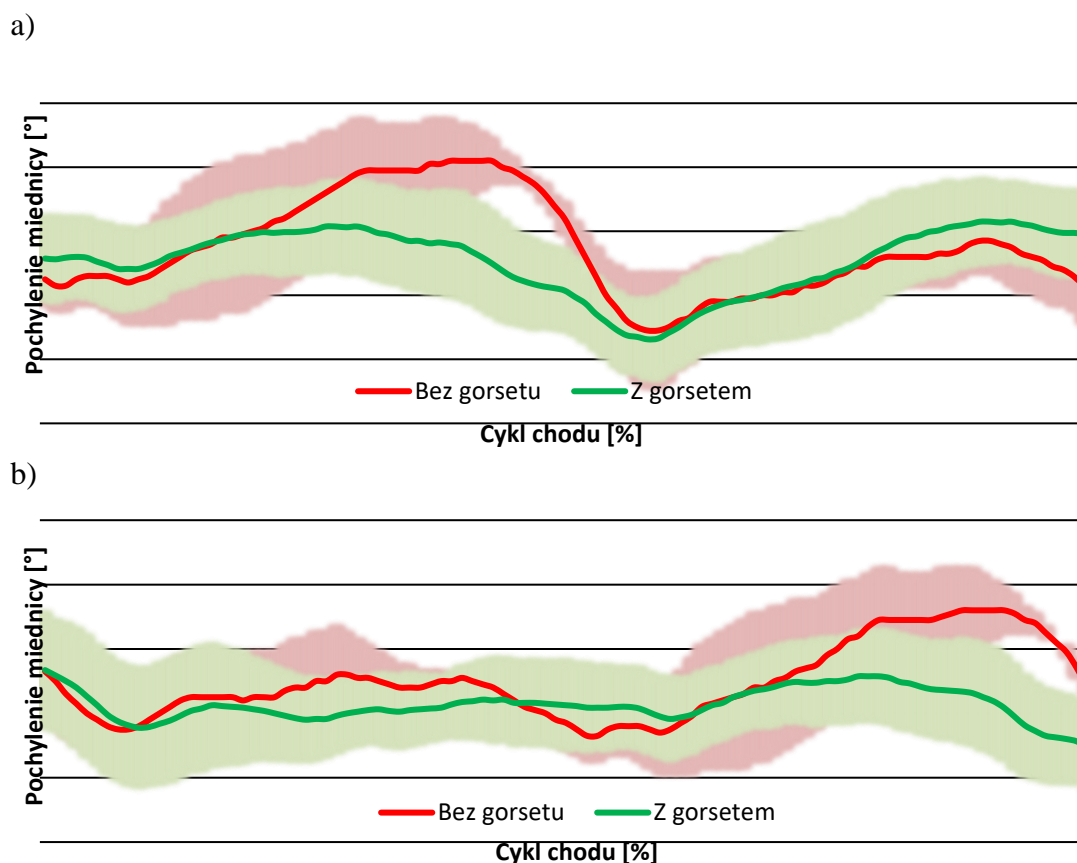


b)



Rys. 4. Pochylenie tułowia w płaszczyźnie strzałkowej podczas chodu bez gorsetu ortopedycznego oraz w przypadku korzystania z gorsetu ortopedycznego: a), dla prawej strony, b) dla lewej strony

Na Rys. 5 przedstawiono zmianę wartości pochylenia miednicy w płaszczyźnie strzałkowej zarówno dla lewej jak i prawej strony w przypadku chodu bez oraz z wykorzystaniem gorsetu ortopedycznego.



Rys. 5. Pochylenie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej w przypadku braku oraz z wykorzystaniem gorsetu ortopedycznego: a) z prawej strony, b) z lewej strony

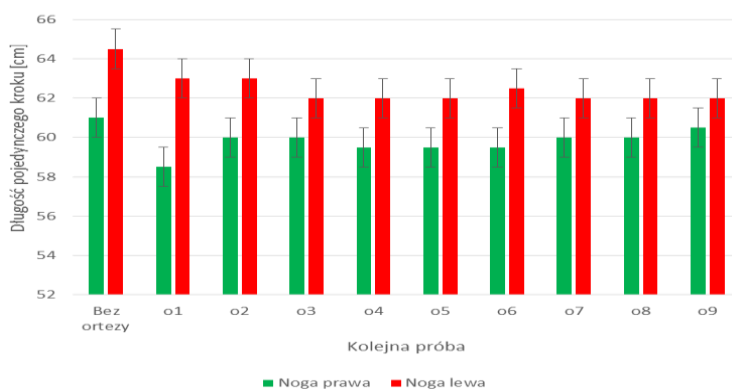
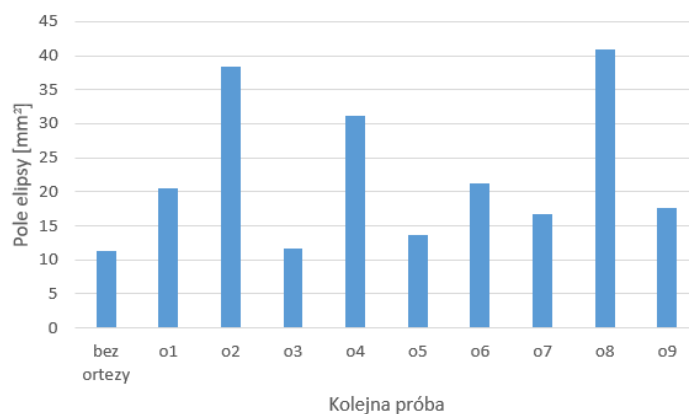
Na podstawie uzyskanych wyników wywnioskowano, iż wzrost wartości długości ścieżki podczas pomiarów stabilograficznych w przypadku chodu w gorsecie ortopedycznym może sugerować jego możliwości zapewnienia bardziej stabilnej postawy użytkownikowi. Ponadto zauważono korelację zakresu zmiany pochylenia i rotacji miednicy w odniesieniu do zakresu zmian pochylenia i rotacji tułowia, co może być związane ze zmianą położenia środka ciężkości.

3.2. Badania biomechaniczne ortez stawu kolanowego

Przeprowadzone badania biomechaniczne ortez stawu kolanowego dały możliwość kompleksowej analizy wpływu ortozy na takie parametry chodu, jak chociażby reakcji podłoża (Tab.3), czy długość pojedynczego kroku (Rys.5). Pierwsza część badań została przeprowadzona z wykorzystaniem systemu BTS Smart, który składał się z 6 kamer optoelektronicznych rejestrujących położenie markerów usytuowanych na ciele, a także ścieżki pomiarowej z wbudowanymi platformami dynamometrycznymi. Drugi etap badań przeprowadzono z użyciem bieżni Zebris FDM-T dającej możliwość wyznaczenia rozkładu sił nacisku stóp na podłoże (Tab.3), a w ostatniej części badań wykorzystano platformę dynamograficzną Zebris FDMS, która umożliwiła pomiar stabilografii badanej osoby (Rys.6).

Tabela 3. Analiza składowej pionowej reakcji podłoża

Symbol ortezy	Wartość składowej pionowej reakcji podłoża wyznaczona z wykorzystaniem systemu BTS Smart [N]			Wartość składowej pionowej reakcji podłoża wyznaczona z użyciem bieżni Zebris FDM-T [N]		
	Próba 1	Próba 2	Próba 3	Próba 1	Próba 2	Próba 3
Bez ortezy	626,088	653,073	-	687,779	684,513	-
o1	639,531	661,04	649,507	680,291	693,163	684,022
o2	631,889	668,328	684,398	676,419	696,791	710,734
o3	659,674	646,9	663,872	684,733	678,461	677,264
o4	606,067	590,675	597,035	700,35	692,876	679,207
o5	638,92	616,749	-	675,511	677,92	-
o6	597,37	613,838	597,987	675,244	692,009	669,91
o7	622,348	635,452	627,073	679,567	664,6	698,329
o8	618,443	616,125	622,088	715,527	700,997	710,734
o9	662,898	606,564	652,922	700,031	683,657	683,262

**Rys. 6. Długości pojedynczego kroku****Rys. 7. Wartość pola elipsy w kolejnych próbach**

4. WNIOSKI

Prezentowane badania są potwierdzeniem założenia, iż dostępne powszechnie urządzenia/aparatura pomiarowa mogą stanowić podstawę do oceny korekcji postawy ciała, a zarazem oceny działania sprzętu ortopedycznego. Przeprowadzone badania potwierdzają, że każda z ortez ma różny wpływ na parametry poddane analizie tj. parametry dynamiczne, czasowo-przestrzenne oraz stabilograficzne. Nie można jednoznacznie stwierdzić, która z ortez sprawdza się najlepiej czy też najgorzej, ponieważ każda z nich charakteryzuje się zupełnie inną konstrukcją, co rzutuje na otrzymane wyniki. Nie zaobserwowano również jednoznacznego wpływu gorsetu na zmianę analizowanych parametrów z użyciem bieżni Zebris. Jednak podstawę do oceny korekcji postawy może bez wątpienia stanowić wykorzystanie platformy stabilograficznej Zebris oraz systemu do analizy ruchu BTS.

Zarówno ortozy stawu kolanowego oraz gorsety korekcyjno-odciążające stanowią sprzętowe wsparcie procesu rehabilitacji, który prowadzony we właściwy sposób umożliwia szybki powrót do zdrowia po przebytym urazie. Bardzo ważne jest odpowiednie dobranie ortozy/gorsetu do schorzenia z jakim mamy do czynienia, a także jego właściwe dopasowanie do konkretnego pacjenta. Nie ma idealnego sprzętu ortopedycznego, co potwierdzają przeprowadzone badania, a kluczem do sukcesu jest właściwe i wczesne rozpoznanie schorzenia i wdrożenie odpowiedniego leczenia. Przeprowadzone badania pokazują jaka jest różnorodność produktów na rynku, a także w jaki sposób wpływają na chód człowieka.

Zaleca się przeprowadzenie badań na większej ilości osób, dla których zostanie dostosowany sprzęt ortopedyczny. Dodatkowo, w celu dokładniejszej weryfikacji sprzętu ortopedycznego zaleca się przeprowadzenie badania z wykorzystaniem urządzenia Zebris APGMS Pointer po okresie użytkowania, dzięki czemu możliwa będzie ocena skuteczności działania takiego sprzętu, zwłaszcza gorsetu korekcyjno-odciążającego.

LITERATURA

- [1] Kwolek A.: Rehabilitacja w udarze mózgu. Uniwersytet Rzeszowski, 2011.
- [2] Reh4mat orteza stawu kolanowego AM-OSK-Z/2RA, <http://www.reh4mat.com/produkt/>, data dostępu: 20.10.2018.
- [3] Orteza na kolano z dwuosiowymi szynami bocznymi SP-A-824 - ARmedical, <http://ortezy24.pl/ortezy-kolana/>, data dostępu: 20.10.2018.
- [4] Reh4mat orteza stawu kolanowego AM-OSK-Z/1, <http://www.reh4mat.com/produkt/kolano-stabilizacja/>, data dostępu: 20.10.2018.
- [5] Reh4mat orteza stawu kolanowego EB-SK/A, <http://www.reh4mat.com/produkt/>, data dostępu: 27.10.2018.
- [6] Reh4mat orteza stawu kolanowego EB-SKL/2RA, <http://www.reh4mat.com/produkt/>, data dostępu: 27.10.2018.
- [7] Erhem producent ortotyki, <http://www.erhem.pl/Orteza/>, data dostępu: 27.10.2017.
- [8] Qmed S-move orteza stawu kolanowego otwarta, <http://qmedinfo.pl/pl/oferta/>, data dostępu: 29.10.2018.
- [9] StanleyMed, Otto Bock 8353 Genu Direxa Orteza stawu kolanowego z szynami, <https://stanleymed.pl/otto-bock-8353-genu-direxa-orteza-stawu-kolanowegoz-szynami>, data dostępu: 29.10.2018.
- [10] Thusane, Orteza stawu kolanowego z kontrolowanym zakresem ruchu, <http://www.thuasne.pl/produkty?1,6>, data dostępu: 29.10.2018.

- [11] Orteo.pl, Orteza GENU DYNASTAB, <https://www.orteo.pl/ortezykolana/>, data dostępu: 05.11.2018.
- [12] Medicalbroker, Otto Bock Genu Direxa Stable stabilizator kolana zamknięty, <http://e-medicalbroker.com/product-pol-3149-Otto-Bock-Genu-Direxa-Stablestabilizator-kolana-zamkniety.html>, data dostępu: 10.11.2018.
- [13] Orteo.pl, Orteza LIGASTRAP, <https://www.orteo.pl/ortezy-kolana/ultra-lekkaorteza-kolana-ze-wsparciem-wiezadel-oddychajaca-thuasne-ligastrap/>, data dostępu: 10.11.2017.
- [14] Orteo.pl, Orteza Mueller 3333, <https://www.orteo.pl/ortezy-kolana/muelleramerykanski-zawiasowy-stabilizator-kolana-id-3333/>, data dostępu: 15.11.2018.
- [15] Orteo.pl, Orteza Mueller Hg80, <https://www.orteo.pl/ortezy-kolana/innowacyjnystabilizator-kolana-z-zawiasami-mueller-hg80-id-54521/>, data dostępu: 15.11.2018.
- [16] Ori-Med., orteza stawu kolanowego, <http://ori-med.pl/pl/orteza-niska-komfort/>, data dostępu: 15.11.2018.
- [17] Ori-Med, Gorset MK BRACE <http://mkbrace.pl/dla-doroslych/>, data dostępu: 15.11.2018.

BIOMECHANICAL ASSESSMENT WITH USE OF ORTHOPEDIC EQUIPMENT

Abstract: Most of nowadays research focus on effectiveness of the orthopedic equipment. Development of technology and available methods provide wider spectrum of abilities of orthopedic equipment's biomechanical assessment. This paper presents attempt to evolve methods that will allow to determine proper functionality of orthopaedic equipment.