

Joanna GOLEC¹
Krzysztof TOMASZEWSKI²
Agata MASŁOŃ³
Elżbieta SZCZYGIEL⁴
Waldemar HŁADKI⁵
Edward GOLEC^{2,3}

¹Zakład Rehabilitacji w Traumatologii Katedry Rehabilitacji Klinicznej Wydziału Rehabilitacji Ruchowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków.
Kierownik Zakładu:
dr Elżbieta Cizek.

²Klinika Chirurgii Urazowej i Ortopedii 5. Wojskowego Szpitala Klinicznego z Polikliniką SPZOZ, ul. Wrocławska 1-3, 30901 Kraków.
Kierownik Kliniki:
dr hab. n. med. Edward Golec prof. nadzw.

³Zakład Rehabilitacji w Ortopedii Katedry Rehabilitacji Klinicznej Wydziału Rehabilitacji Ruchowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha, Al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków.
Kierownik Zakładu:
dr hab. n. med. Edward Golec prof. nadzw.

⁴Zakład Fizjoterapii Instytutu Fizjoterapii Wydziału Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum, ul. Medyczna 9, 30-688 Kraków.
Kierownik Zakładu:
(p.o.) dr n. med. Joanna Zyznawska.

⁵Zakład Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej, Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, ul. Kopernika 17, Kraków.
Kierownik Katedry:
prof. dr hab. n. med. Janusz Andres

Słowa kluczowe:
postawa ciała, chód, fotogrametria

Key words:
body posture, gait, photogrammetry

Adres do korespondencji:
Joanna Golec,
Zakład Rehabilitacji w Traumatologii Wydziału Rehabilitacji Ruchowej Akademii Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha,
Al. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków
e-mail: joannagolec@wp.pl

Ocena zaburzeń symetrii chodu oraz wybranych parametrów postawy ciała u chorych z wielostawową chorobą zwyrodnieniową

The assessment of gait symmetry disorders and chosen body posture parameters among patients with polyarticular osteoarthritis

W prezentowanej pracy autorzy dokonują oceny zaburzeń symetrii chodu oraz wybranych parametrów postawy ciała u chorych z wielostawową chorobą zwyrodnieniową. Dokonują tego w oparciu o materiał badań obejmujący grupę 27 chorych o średniej wieku 49,11 lat, w tym 19 kobiet, co stanowi 70,37% oraz 8 mężczyzn, czyli 29,63%. Metody badań obejmowały badanie ankietowe, fotogrametryczne, żyroskopowe i pedobarograficzne. Ich wyniki upoważniły do postawienia tezy, że zarejestrowane u chorych włączonych do badania zaburzenia symetrii chodu były spowodowane przede wszystkim jego tempem, a średni wektor przyśpieszenia nie był od niego zależny. Stwierdzono także, że niesymetrycznemu obciążaniu kończyn dolnych towarzyszyło odchylenie osi kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej.

Wstęp

Choroba zwyrodnieniowa stawów przez lata postrzegana była jako naturalny efekt procesu starzenia się. Obecnie przeważa jednak stanowisko, że za jej rozwój odpowiadają w różnym stopniu między innymi czynniki natury genetycznej, biochemicznej, zapalnej oraz mechanicznej. Jest najczęstszą przyczyną dolegliwości bólowych narządu ruchu ujawniających się zwykle między 40 a 60 rokiem życia, występując z podobną częstotliwością u obu płci. Cięższy jednak przebieg kliniczny obserwowany jest zwłaszcza u płci żeńskiej [1]. W Polsce odnosi się do około 8 milionów osób, a w populacji europejskiej dotyczy przeważającej jej części po 65 roku życia [2]. Rozwój choroby zwyrodnieniowej stawów z biegiem czasu wyraźnie upośledza sprawność ruchową dotkniętych nią chorych, wpływa niekorzystnie na postawę ich ciała, stabilność posturalną, a w sposób szczególnie na jakość życia [3]. Sytuacja taka wymaga niewątpliwie zdecydowanego postępowania diagnostycznego i leczniczego ze szczególnym

The aim of his work was to assess the gait symmetry disorders and chosen body posture parameters among patients with polyarticular arthritis. The study group consisted of 27 patients – 19 women (70,37%) and 8 men (29,63%) with a mean age of 49,11 years. The patients were asked to fill out a questionnaire and undergo photogrammetric, gyroscopic and pedobarographic assessment. The results of the above mentioned tests allowed to conclude that the gait disorders present among the examined patients were caused mostly by its speed, and that the mean gait acceleration vector was not correlated with the disorders themselves. It was also observed that the unsymmetrical weight distribution between the lower limbs was accompanied by frontal plane spinal column deviation.

uwzględnieniem fizjoterapeutycznego. Diagnozowanie zmian zwyrodnieniowych narządu ruchu obejmuje różne metody, w tym najczęściej radiologiczne oparte na rentgenogramach wykonanych w typowych projekcjach przednio-tylnej, bocznej, skośnej lub celowanej, rentgenogramach warstwowych oraz na tomografii komputerowej i rezonansie magnetycznym. Szczególną uwagę w tym procesie wydaje się zajmować także ocena zaburzeń równowagi i zdolności lokomocyjnych. W ocenie statycznej postawy ciała oraz obciążeń kończyn dolnych przydatnym jawi się badanie fotogrametryczne (PBE - Photogrammetrical Body Explorer), pedobarografia, a w ocenie dynamicznej Zestaw do Komputerowego Pomiaru Ruchu CQ Accel 2011 CQ typu MEMS [4]. Wydaje się zatem, że ocena różnego rodzaju zmian występujących w przebiegu wielostawowej choroby zwyrodnieniowej wymaga odniesienia do różnych jej aspektów etiologicznych, biomechanicznych i morfologicznych.

Cel pracy

Celem pracy była ocena zaburzeń symetrii chodu oraz postawy ciała u chorych z wielostawowymi zmianami zwyrodnieniowymi, a przede wszystkim udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy tempo chodu wpływa na asymetrię chodu u chorych z wielostawową chorobą zwyrodnieniową w oparciu o trzyosiowy pomiar akcelerometryczny?
2. Czy u chorych z wielostawową chorobą zwyrodnieniową zachodzi związek między zaburzeniami ustawienia kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej, a asymetrią obciążania kończyn dolnych w oparciu o pomiar fotogrametryczny i pedobarograficzny?

Materiał i metody badań

Cel pracy zrealizowano w oparciu o materiał badań, który stanowiło 27 chorych w wieku od 25 do 79 roku życia z jego średnią 49,11 lat, w tym 19 kobiet, co stanowi 70,37% i 8 mężczyzn, co daje 29,63%. Chorzy ci byli leczeni w Centrum Rehabilitacji „Zdrowie” w Krakowie z powodu idiopatycznych zmian zwyrodnieniowych stawów biodrowych, kolanowych oraz kręgosłupa. Średnia wysokość ciała włączonych do badania wynosiła 168,04 cm (SD = 9,14), średnia masa ich ciała 70,74 kg (SD = 16,76), a średni wskaźnik masy ciała (BMI) 24,82 (SD=4,05).

Wszystkich chorych poddano badaniu ankietowemu, które obejmowało dane personalne, wywiad dotyczący przebiegu choroby oraz dotychczasowego leczenia, a także ocenę dolegliwości bólowych w wizualnej skali analogowej (VAS). Do analizy chodu wykorzystano Zestaw do Komputerowego Pomiaru Ruchu CQAccel 2011 CQ typu MEMS. Urządzenie to zawiera sześć czujników ze scalonym

akcelerometrem, żyroskopem oraz magnetometrem rejestrujące dane w trzech ortogonalnych osiach X,Y,Z. Sygnał był bezpośrednio wyświetlany na ekranie monitora jako przebieg wartości bezwzględnej wektora wypadkowego przyspieszenia i prędkości dla każdego czujnika osobno. Dane zbierane przez układ pomiarowy przesyłane były do komputera centralnego drogą przewodową. Relatywnie duża częstotliwość akwizycji pomiarów (50Hz) pozwoliła na programowe filtrowanie i analizę matematyczną przebiegu badania, a uzyskane dane poddano dodatkowo analizie statycznej. Dane z akcelerometru określają przyspieszenie liniowe, a z żyroskopu prędkości katowe w wybranych punktach materialnych ciała. Czujniki umieszczano w następujących punktach: krętarz większy kości udowej prawej (KWP) i lewej (KWL), guzowatość kości piszczelowej prawej (GPP) i lewej (GPL), kostka boczna goleni lewej (KBL) i prawej (KBP). Kolejną aplikacją polegała na zmianie miejsca dwóch czujników kolejno z kostek bocznych goleni na wyrostek barkowy łopatki lewej (WBL) i prawej (WBP), a następnie na wyrostek kolczysty kręgu C₇(WKC₇) i L₃(WKL₃). Badanie polegało na pokonaniu we własnym (możliwym) oraz szybkim (nakazanym) tempie dystansu 18 metrów (m) bez obuwia w trzech proponowanych aplikacjach czujników (3 x 18 m w dwóch tempach chodu). Każdy z odczytów czujnika traktowany był jako oddzielny szereg czasowy. Za pomocą analizy Fouriera określano długość podstawowego cyklu, a w analizie stosowano statystyki nieparametryczne, gdyż nie wykazywały rozkładu normalnego. Analizie poddano symetrię ruchów stawów barkowych i kolanowych w przejściu we własnym tempie oraz szybkim. U wszystkich badanych obliczono:

a/ współczynnik korelacji Spearmana pomiędzy przyspieszeniem rejestrowanym na jednym stawie kolanowym, a przyspieszeniem zarejestrowanym na drugim stawie kolanowym zmierzonym pół cyklu chodu później,

b/ współczynnik korelacji Spearmana pomiędzy przyspieszeniem zarejestrowanym na jednym stawie barkowym, a przyspieszeniem zarejestrowanym na drugim barku zmierzonym pół cyklu chodu później,

c/ współczynnik korelacji Spearmana pomiędzy przyspieszeniem zarejestrowanym na stawie kolanowym, a przyspieszeniem występującym na przeciwnym barku zmierzonym 0,2 sekundy (s) później.

O symetrii świadczy istotny i dodatni współczynnik korelacji (czyli $r > 0$ i $p < 0,05$). W przeciwnym wypadku określano zaburzenie symetrii. Zaburzenie jednostronne gdy dotyczyło tylko jednej pary kolano-bark lub obustronne gdy dotyczyło obu par kolano-bark.

Symetrię chodu oceniono również na podstawie średnich wektorów wypadkowych dla przyspieszenia w danym punkcie materialnym (RMS) wg wzoru $W = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

Dokonano obliczeń RMS na sześciu punktach kończyn dolnych: kostki boczne (KBL, KBP), guzowatość piszczeli (GPP, GPL), wyrostki barkowe łopatek (WBŁP, WBŁL), a następnie zsumowano RMS na lewym stawie kolanowym (KL), kostce bocznej lewej (KBL) i prawym barku (BP) (pomiar 1) oraz na prawym stawie kolanowym (KP), kostce bocznej goleni prawej (KBP) i lewym barku (BL) (pomiar 2). Obliczono współczynnik korelacji Spearmana pomiędzy tymi pomiarami przesuniętymi względem siebie o pół cyklu. O symetrii świadczył istotny i dodatni współczynnik korelacji (czyli $r > 0$ i $p < 0,05$). W przeciwnym wypadku określano zaburzenia symetrii. Do oceny zaburzeń statyki ciała wykorzystano badanie fotogrametryczne (PBE) [4]. Przy użyciu markerów ze styropianu na ciałach włączonych do badania oznaczono z góry ustalone punkty kostne znajdujące się na linii mostka, kręgosłupa i w okolicy stawów biodrowych, kolanowych, skokowogoleniowych oraz obręczy barkowej. Przyjmowane przez badanych ściśle określone pozycje były rejestrowane w postaci obrazów cyfrowych za pomocą dwóch aparatów, będących dwoma osobnymi źródłami promieni świetlnych o zbieżnym przebiegu oraz zwier-

Tabela I.
Charakterystyka grupy badanej

| Cecha | Grupa badana (n=27) | |
|---------------------|---------------------|--------|
| | n | % |
| Kobiety | 19 | 70,37% |
| Mężczyźni | 8 | 29,63% |
| Cecha | średnia | SD |
| Wiek | 49,11 | 16,84 |
| Wysokość ciała [cm] | 168,04 | 9,14 |
| Masa ciała [kg] | 70,74 | 16,76 |
| BMI | 24,82 | 4,05 |

ciadła. Wyniki badań w postaci graficznej stanowiły obrazy – rzuty punktów na trzy płaszczyzny, z których wybrano płaszczyznę strzałkową i czołową. Ustalono wartości kątowe pomiędzy badanymi odcinkami, przedstawione w formie tabelarycznej, które następnie zostały użyte do analizy ułożenia badanych odcinków ciała w przestrzeni w przyjętych płaszczyznach czołowej i strzałkowej. Chorzy przyjmowali pozycję swobodną w trakcie badania. Dokonano pomiaru ustawienia następujących odcinków ciała:

a/ C₇-S : wyrostek kolczysty kręgu C₇ – kość krzyżowa,

b/ S-PP : kość krzyżowa – guz kości piętowej prawej,

c/ S-PL : kość krzyżowa – guz kości piętowej lewej.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej.

Badania przeprowadzono również w oparciu o system urządzeń do badania i analizy rozkładu sił nacisku na podłoże składający się z platformy pedobarograficznej PEL 38 oraz programu komputerowego służącego do gromadzenia i analizy danych TWIN 99. Badanie pedobarograficzne to zgodna z zasadami Evidence Based Medicine (EBM) metoda diagnostyczna umożliwiająca ilościowy, powtarzalny i jakościowy pomiar nacisków na każdym centymetrze kwadratowym podeszwy stopy. Platforma działa w oparciu o sensor rezystywny, zawiera 1024 czujniki ze zdolnością rozdzielczą 1/cm² oraz częstotliwością 100 Hz. Badanie komputerowe polegało na zapisaniu pojedynczego statycznego obrazu rozkładu nacisków stóp na podłoże. Jednostką opisującą wielkość nacisku był g/cm². Wizualizację procentową opartą na obciążeniu powierzchni podeszwy stopy przedstawiono jako zbiór punktów maksymalnego nacisku. Analizowano procentowy udział obciążenia stopy prawej i lewej. W trakcie badania chory stał obunóż na platformie dynamometrycznej przez 30 sekund, bez obuwia i z oczami otwartymi.

Wyniki badań

W ocenie subiektywnej dolegliwości bólowych w oparciu o skalę VAS średni wynik pomiaru wyniósł 4,3 (SD 1,89). Do analizy symetrii chodu wykorzystano Zestaw do Komputerowego Pomiaru Ruchu CQ Accel 2011 CQ typu MEMS. Podczas chodu we włas-

nym (możliwym) tempie porównując przyspieszenia stawu kolanowego i przeciwległego barku, u 23 chorych co stanowi 85,19% nie odnotowano asymetrii. Zaburzenia jednostronne i obustronne odnotowano kolejno u 2 i 2 badanych, co stanowi po 7,41%. Chód w szybkim (nakazanym) tempie natomiast, spowodował asymetrię obustronną u 11 badanych, co stanowi 40,74%, a jednostronną u 1 z nich, czyli u 3,70%. Chód bez asymetrii odnotowano u 15 włączonych do badania, czyli u 55,56%.

Tabela II.

Zaburzenia symetrii w grupie badanej podczas chodu w tempie własnym.

| Zaburzenia symetrii | Chorzy | |
|---------------------|--------|--------|
| | n | % |
| brak | 23 | 85,19% |
| jednostronne | 2 | 7,41% |
| obustronne | 2 | 7,41% |

Tabela III.

Zaburzenia symetrii w grupie badanej podczas chodu w tempie szybkim.

| Zaburzenia symetrii | Chorzy | |
|---------------------|--------|--------|
| | n | % |
| brak | 15 | 55,56% |
| jednostronne | 1 | 3,70% |
| obustronne | 11 | 40,74% |

Analizy symetrii chodu dokonano również w oparciu o wektor wypadkowy przyspieszeń (RMS). Podczas chodu we własnym oraz szybkim tempie brak asymetrii odnotowano u 26 badanych, co stanowi 96,30%, a u 1 z nich, czyli u 3,70% stwierdzono asymetrię chodu.

Tabela IV.

Zaburzenia symetrii w grupie badanej na podstawie RMS.

| Przejsicie | Zaburzenia symetrii | Grupa badana | |
|------------|---------------------|--------------|--------|
| | | n | % |
| wolne | obecne | 1 | 3,70% |
| | brak | 26 | 96,30% |
| szybkie | obecne | 1 | 3,70% |
| | brak | 26 | 96,30% |

Tabela V.

Porównanie wychylenia w płaszczyźnie czołowej (PBE) z obciążeniem kończyn dolnych na platformie pedobarograficznej.

| Kończyna dolna bardziej obciążona (pedobarografia) | Wchylenia w płaszczyźnie czołowej (fotogrametria) | | | | Test chi ² |
|--|---|--------|---|--------|------------------------------------|
| | Pochylenie tułowia w lewo (poniżej 180°) | | Pochylenie tułowia w prawo (powyżej 180°) | | |
| | n | % | n | % | |
| lewa | 5 | 18,51% | 3 | 11,11% | chi ² =3,951 p=0,139 |
| prawa | 7 | 25,92% | 7 | 25,92% | |
| równomiernie | 5 | 18,51% | 0 | 0,00% | |

Przy wykorzystaniu badań fotogrametrycznych (PBE) dokonano oceny ustawienia tułowia w oparciu o położenie kręgosłupa od wyrostka kolczystego C₇ do podstawy kości krzyżowej (C₇-S) w płaszczyźnie strzałkowej (YZ) oraz czołowej (XY). U wszystkich badanych odnotowano wychylenie w kierunku do przodu w płaszczyźnie strzałkowej YZ (poniżej 180°). U 10 chorych, co stanowi 37,03% zaobserwowano pochylenie tułowia w prawo, a u 17 z nich, czyli u 62,96% wychylenie w lewo w płaszczyźnie czołowej XY.

Na podstawie analizy wyników badania fotogrametrycznego odnośnie punktów: kość krzyżowa – guz kości piętowej prawej (S-PP), kość krzyżowa – guz kości piętowej lewej (S-PL), oceniano symetrię obciążania kończyn dolnych. U żadnego badanego nie zaobserwowano symetrii obciążania kończyny prawej i lewej. U 21 z nich, czyli u 77,77% odnotowano większe obciążenie kończyny dolnej lewej, a u 6, czyli u 22,22% kończyny prawej podczas stania swobodnego. Analizując rozkład sił nacisku na podłoże przy wykorzystaniu pedobarografu, u 5 włączonych do badania, czyli u 18,51% odnotowano symetryczne obciążenie obu kończyn, u 8 z nich, czyli u 29,62% bardziej obciążoną była kończyna lewa, natomiast u 14, co stanowi 51,85% kończyna dolna prawa. Analizując wychylenia tułowia (C₇-S) w płaszczyźnie czołowej nie stwierdzono korelacji z obciążeniem lewej lub prawej kończyny dolnej rejestrowanym na platformie pedobarograficznej. U 17 badanych, czyli u 62,96%, u których odnotowano wychylenie tułowia w lewo, u 5 z nich, czyli u 18,51% zarejestrowano kolejno równomierne obciążenie oraz obciążenie większe przypadające na kończynę lewą, a u 7, co stanowi 25,92% na kończynę dolną prawą. Wartość p z testu chi² była wyższa od 0,05, co potwierdza, że wychylenie w płaszczyźnie czołowej w badaniu PBE nie ma związku z obciążeniem lewej lub prawej kończyny dolnej na platformie pedobarograficznej.

Dyskusja

Niesymetryczny rozkład obciążeń na poszczególne elementy narządu ruchu sprzyja indukowaniu i progresji zmian zwyrodnieniowo-zniekształcających stawów, prowadząc z czasem między innymi do degradacji motorycznej chorego. Ocena zaburzeń chodu oraz postawy ciała wydaje się zatem posiadać kluczowe znaczenie w leczeniu oraz określeniu celów rehabilitacji chorych dotkniętych tymi zmianami. Prezentowane badania dowodzą istnienia zaburzeń korelacji ustawień poszczególnych odcinków narządu ruchu oraz symetrii obciążania kończyn dolnych. W badaniach własnych, w oparciu o badanie fotogrametryczne wykazano niesymetryczne obciążanie kończyn dolnych oraz pochylenie tułowia w kierunku do przodu. Odchylenia w płaszczyźnie czołowej XY w oparciu o analizę odcinka C₇-S₁₀ u 10 chorych, co stanowi 37,03% zaobserwowano pochylenie tułowia w prawo, a u 17 z nich, czyli u 62,96% wychylenie w lewo. Obserwacje takie są także udziałem między innymi Gienzy i wsp.[5]. Chwała i wsp.[6].oceniając na podstawie trójwymiarowej analizy chodu grupę kobiet ze zmianami zwyrodnieniowymi stawu biodrowego stwierdzili wzrost wychylenia tułowia w płaszczyźnie czołowej, skrócenie czasu obciążania kończyny chorej oraz zmniejszenie długości kroku. Uzyskane wyniki dotyczące zaburzeń postawy ciała w przebiegu zwyrodnienia wielostawowego korespondują ze spostrzeżeniami między innymi Watalain'a i wsp. . Stwierdzili oni, że chorobie zwyrodnieniowej stawów biodrowych często towarzyszy asymetryczne ustawienie miednicy, co pociąga za sobą zwiększenie lordozy kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego jako mechanizmu kompensacyjnego uruchamianego na skutek bolesnego zmniejszania się ich ruchomości. Badania między innymi Jackson'a i wsp. [8] pozwalają przyjąć tezę, że zmiany przestrzennego ustawienia miednicy stanowią proces pierwotny, którego skutkiem jest zwyrodnienie stawów biodrowych. W takim zrozumieniu stanowiska tych autorów [7,8] upoważnionym staje się stanowisko zakładające wzajemne oddziaływanie obu mechanizmów prowadzących nieuchronnie do progresji zwyrodnienia stawów biodrowych oraz wywołujących zaburzenia przestrzennego położenia miednicy i kręgo-

słupa. Z pewnością także mechanizmy te sprzyjają rozwojowi zmian zwyrodnieniowych w innych, często odległych od stawów biodrowych i miednicy odcinkach narządu ruchu. Skutkują one nie tylko ograniczeniem zakresu ich ruchomości biernej i czynnej, ale także zaburzeniami symetrii chodu, obciążania kończyn dolnych i postawy ciała. Wydaje się, że potwierdzeniem tego domniemania są wyniki badań własnych, w których potwierdzono zaburzenia postawy ciała i symetrii chodu u chorych cierpiących z powodu wielostawowych zmian zwyrodnieniowych. Taki stan rzeczy został obserwowany przede wszystkim u chorych z dużym kątem nachylenia górnej powierzchni trzonu kręgu S₁. Podobne spostrzeżenia są udziałem między innymi Thurston'a [9], który zwraca jednak uwagę na konieczność dalszego badania i ewentualnego potwierdzenia tego stanowiska w różnych grupach wiekowych chorych. Rongies i wsp. [10] wykorzystując badanie podobarograficzne w ustalaniu programu rehabilitacji chorych ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów biodrowych stwierdził, że koniecznym warunkiem w ich przygotowaniu jest określenie zrównoważenia parametrów średniej i maksymalnej siły nacisku na powierzchni podeszwy obu stóp oraz szybkości wychyleń środka ciężkości ciała. W oparciu o takie przesłanki zarejestrował niesymetryczność obciążenia stóp ze zwiększonym przenoszeniem masy ciała na stopę kończyny zdrowej. Taki mechanizm z pewnością z czasem wyzwala rozwój zmian zwyrodnieniowych także w stawach tej właśnie kończyny jako nieświadomie lub świadomie przeciążanej. Pop i wsp.[11] z kolei podkreślają znaczenie reedukacji i wykształcenia u tych chorych automatyzmu chodu. Jest to związane między innymi z obserwowanym skróceniem fazy podporu, wydłużeniem fazy przenoszenia oraz pochylenia tułowia w kierunku do przodu, co potwierdzają także obserwacje i wyniki badań własnych. W literaturze światowej badania oparte na metodzie akcelerometryczno-żyroskopowej są cenione i szeroko publikowane [12,13,14,15], w przeciwieństwie do literatury krajowej [16]. W badaniach własnych określenie wartości przyśpieszenia na wybranych punktach ciała w jednostce czasu umożliwiło zastosowanie minimum sześciu czujników. Takie uwarunkowania pozwoliły ujawnić w grupie badanych zaburzenia symetrii chodu rejestrowane

jedno – i obustronnie, zarówno w czasie chodu w tempie własnym (możliwym) oraz ustalonym metodyką badań. Zaburzenia te połączone ze zmianami przestrzennego położenia wybranych odcinków narządu ruchu, w tym miednicy i kręgosłupa, skutkują zaburzeniami postawy ciała, chodu i równowagi.

Wnioski

Analiza wyników przeprowadzonych badań upoważnia do sformułowania następujących wniosków:

1. Asymetria chodu u chorych z wielostawową chorobą zwyrodnieniową wywołana jest przede wszystkim jego tempem, natomiast średni wektor przyśpieszenia nie jest od niego zależny.
2. Odchyleniom kręgosłupa w płaszczyźnie czołowej często towarzyszy niesymetryczne obciążenie kończyn dolnych w badaniu fotogrametrycznym oraz rzadko w obrazowaniu pedobarograficznym.

Piśmiennictwo

1. **Leszczyński P, Pawlak-Buś K.** Choroba zwyrodnieniowa stawów-epidemia XXI wieku. *Farm Współ* 2008;1:79-87.
2. **Golec J, Mazur T, Szczygiel E, Bac A, Czechowska D, Bacz D, Golec E.** Zaburzenia ciała w chorobie zwyrodnieniowej stawu biodrowego w ocenie fotogrametrycznej. *Kwart Ortop* 2012;1:82-86.
3. **Hładki W, Lorkowski J, Trybus M, Brongel L, Kotela I, Golec E.** Quality of life as a results of multiple injury in aspekt of limitations of handicaps-social roles. *Przegl Lek* 2009 66(3):134-140.
4. **Tokarczyk R.** Fotogrametryczne pomiary geometrii ciała ludzkiego w zastosowaniu do badania wad postawy. *Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków* 2009:59-83.
5. **Gienza C, Ostrowska B, Barczyk K, Hawrylak A, Kochański M.** Zmiany zwyrodnieniowe stawów biodrowych-fizjoterapia, a sposób utrzymania równowagi ciała. *Acta Biooptica Indor Med...* 2008;4(14):280-281.
6. **Chwała W, Serafin W, Marchewka A.** Biomechaniczna analiza zaburzeń chodu u osoby poddanej alloplastyce stawu biodrowego. *Fizjot Pol* 2007;2,4:185-197.
7. **Watalain E, Dujarin F, Babier F, Dubois D, Allard P.** Pelvic and lower limb compensatory actions of subjects in an early stage of hip osteoarthritis. *Arch Psych Med Rehab* 2001:82-86.

- 8. Jackson RP, Petersom MD, McManus AC, Hales C.** Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine Surg* 1998;15(16):1750-1767
- 9. Thurston AJ.** Spinal and pelvis kinematics in osteoarthritis of the hip. *Spine* 1985;10:467-471.
- 10. Rongies W, Bąk A, Lazar A, Dolecki W, Kolanowska-Kenczew T, Sierdziński J, Spychala A, Krakowiecki A.** Próba wykorzystania pedobarograficznego do oceny skuteczności rehabilitacji osób z chorobą zwyrodnieniową stawów biodrowych. *Ortop Trauma Rehab* 2009;3,6:245-252.
- 11. Pop T, Zajkiewicz K, Druźbicki M, Austrup H.** Możliwości reedukacyjne chodu u chorych po endoprotezoplastyce stawu biodrowego. *Post Rehab* 2007; 2:29-33.
- 12. Kavanagh JJ, Menz HB.** Accelerometry: a technique for quantifying movement patterns during walking. *Gate and Post* 2008;28:1-15.
- 13. Sinha JK.** On standardisation of calibration procedure for accelerometry. *J Sound Vib* 2005;286:417-427.
- 14. Crouter SE, Clowers KG, Bassett JDR.** A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *J Appl Physiol* 2006;100:1324-1331.
- 15. Mayagoita RE, Nene AV, Velting PH.** Accelerometer and rate gyroscope measurement of kinematics: an inexpensive alternative to optical motion analysis system. *J Biomech* 2002;35(4):537-542.
- 16. Szczygiel E, Satko-Skawińska N, Mazur T, Golec J, Golec E.** Ocena zmiennych stabilometrycznych u chorych na chorobę zwyrodnieniową stawu biodrowego. *Kwart Ortop* 2010;3:452-465.