



Stabilność posturalna u pacjentów ze zdrowymi stawami skroniowo-żuchwowymi — badania wstępne

Postural stability in patients with healthy temporomandibular joints — preliminary studies

Zakład Biofizyki, Katedra Biofizyki, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

DOI: <http://dx.doi.org/10.20883/df.2019.1>

STRESZCZENIE

Wstęp. Badania posturograficzne pozwalają na rejestrację, a następnie analizę parametrów, takich jak prędkość, powierzchnia oraz długość ścieżki rzutu środka ciężkości ciała. Znajdują one szerokie zastosowanie w badaniach dotyczących wpływu starzenia na stabilność posturalną, w badaniach dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym czy też u osób dotkniętych chorobą Parkinsona. Problemy z utrzymaniem równowagi najczęściej wynikają z zaburzeń układu nerwowego. Jednak wpływ na stabilność posturalną mogą mieć również stawy skroniowo-żuchwowe.

Cel. Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie zakresów prędkości zakreślonej powierzchni oraz długości ścieżki za pomocą platformy posturograficznej u osób ze zdrowymi stawami skroniowo-żuchwowymi.

Materiał i metody. Zastosowana została platforma posturograficzna ICS Balance Platform, która pozwoliła na wyznaczenie parametrów, takich jak prędkość, długość ścieżki oraz zakreślona powierzchnia.

Wyniki. Przedstawione zostały wyniki dla osób posiadających zdrowe stawy skroniowo-żuchwowe. Analizie podane zostały prędkość, długość ścieżki oraz zakreślona powierzchnia.

Słowa kluczowe: stabilność posturalna, posturograf, stawy skroniowo-żuchwowe, dysfunkcje stawów skroniowo-żuchwowych.

ABSTRACT

Introduction. Posturographic studies allow for the registration and analysis of parameters such as velocity, sway area and path length of the center of gravity of the body. Posturography are widely used in many research, for example dependence between aging and postural stability, in studies of children with cerebral palsy or in people affected by Parkinson's disease. Problems with postural stability is often result from disorders of the nervous system. However, temporomandibular joints can also affect postural stability.

Aim. The aim of the study was to determine velocity, sway area and path length using a posturographic platform in people with healthy temporomandibular joints.

Material and methods. ICS Balance Platform was used. It's allowed to determine the parameters such as velocity, sway area and path length.

Results. The results are presented for people with healthy temporomandibular joints. The speed, path length and surface area were analyzed.

Keywords: postural stability, posturograph, temporomandibular joints, temporomandibular joint dysfunctions.

Wstęp

Badania posturograficzne to badania pozwalające na ocenę motoryki ciała. Stanowią one komplet badań pozwalających na wykrycie i ocenę uszkodzeń układu równowagi. Badania posturograficzne mogą również znaleźć zastosowanie w ocenie efektów rehabilitacji [1]. Badania z wykorzystaniem platform posturograficznych znajdują szerokie zastosowanie w wielu prowadzonych badaniach.

Przeprowadzone zostały m.in. badania pozwalające na ocenę wpływu starzenia na stabilność posturalną, badania u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym czy też badania u osób dotkniętych chorobą Parkinsona [2–4].

Platforma posturograficzna zaopatrzona jest w czujniki tensometryczne dzięki którym możliwy jest pomiar siły nacisku i momentu siły [5]. Pozwala

to na pomiar rzutu środka ciężkości ciała (COG, center of gravity) zlokalizowanego w okolicach podbrzusza, na wysokości kręgow łędźwiowych [5, 6].

Podczas badań posturograficznych pacjenci stoją na platformie posturograficznej ze stopami rozstawionymi w określonych obrębach. Ręce ułożone są wzdłuż ciała, a oczy skupione w jednym punkcie [4]. Badania posturograficzne mogą być prowadzone zarówno z oczami otwartymi, jak i zamkniętymi [7].

Wystąpienie problemów z utrzymaniem równowagi najczęściej prowadzi do upadków, które powodują złamania, m.in. kończyn górnych czy też żeber. Jest to problem nasilający się z wiekiem. Znaczna część przyczyn, z których wynikają problemy z równowagą, związana jest z zaburzeniami układu nerwowego [2].

Jednak nie tylko zaburzenia układu nerwowego mają wpływ na stabilność posturalną. Wpływ na stabilność posturalną mogą mieć również stawy skroniowo-żuchwowe [8], stanowiące ważną składową układu stomatognatycznego [9, 10]. Ich nieprawidłowości mogą mieć wpływ na wady zgryzu czy też problemy z żuciem, ssaniem czy połykaniem [9]. Zależność między stabilnością posturalną a działaniem stawów skroniowo-żuchwowych może być tłumaczona występowaniem stawów w pobliżu głowy oraz szyi [11]. Dysfunkcje tych stawów mogą wpływać na ustawienie trzonów kręgow oraz kończyn [12]. Między układem stomatognatycznym a stabilnością posturalną występują zależności neurologiczne [8, 13].

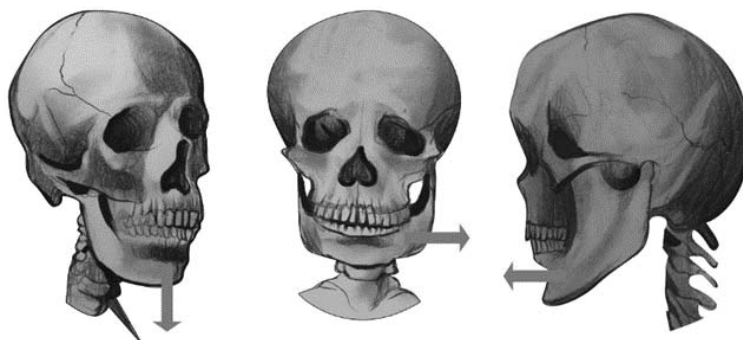
Zaburzenia stabilności posturalnej podzielić można na zstępujące i wstępujące. Zstępujące dysfunkcje powiązane są z niezrównoważonym zwarcie zębowym. Powoduje to zaburzenia równowagi oraz funkcjonowania gałek ocznych. Jest to spowodowane problemem z przekazywaniem informacji na drodze receptory przyzębiastawy skroniowo-żuchwowe–twór siatkowy–da-

lej mięśnie kończyn górnych i ruchowe gałek ocznych [12].

Badania określające zależność między układem stomatognatycznym przeprowadzone zostały przez Nota i wsp. Podczas prowadzonych badań zbadano 25 pacjentów z dysfunkcjami stawów skroniowo-żuchwowych (6 mężczyzn i 19 kobiet) oraz grupę pacjentów (4 mężczyzn i 15 kobiet), których stawy skroniowo-żuchwowe działały prawidłowo. Obie grupy poddane zostały badaniom z użyciem platformy posturograficznej. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wyznaczono wartość parametrów, takich jak prędkość rzutu środka ciężkości oraz powierzchnia zakreślona przez rzut środka ciężkości ciała [14].

Badania prowadzone przez Perrinetiego objęły grupę 70 osób (34 mężczyzn i 36 kobiet), którzy zakwalifikowani zostali do jednej z dwóch grup: grupy kontrolnej bądź grupy badanej. Grupa kontrolna objęła 19 mężczyzn i 16 kobiet, natomiast grupa badana 15 mężczyzn i 20 kobiet. Podczas prowadzonych pomiarów pacjenci wzięli udział w badaniu posturograficznym. Pacjenci podczas badań mieli zająć wygodną dla siebie pozycję. Tak jak w omawianych wyżej badaniach posturograficznych, ręce pacjentów ułożone były wzdłuż ciała, a wzrok skierowany przed siebie [13].

Stawy skroniowo-żuchwowe, jak już wspomniano, są ważną składową układu stomatognatycznego [15]. Stanowią one połączenie kości skroniowej z żuchwą [10]. Na budowę stawów skroniowo-żuchwowych składają się cztery elementy, tj. powierzchnia stawowa kości skroniowej, głowa wyrostka kłykciowego żuchwy, chrząstka śródstawowa oraz torebka śródstawowa [16]. Są jedynymi stawami w organizmie człowieka charakteryzującymi się synchroniczną pracą [17]. Stawy te odpowiadają za wykonywanie trzech rodzajów ruchu: opuszczanie i podnoszenie żuchwy, wysuwanie żuchwy do przodu oraz powrót do pierwotnego



Rycina 1. Ruchy, za które odpowiadają stawy skroniowo-żuchwowe

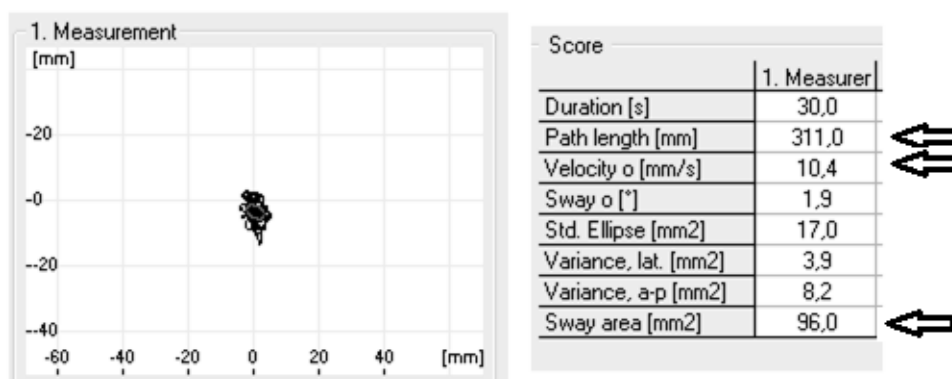
Figure 1. Movements for which the temporomandibular joints are responsible

położenia a także przesuwanie żuchwy na boki [16]. **Rycina 1** przedstawia ruchy, za które odpowiadają stawy skroniowo-żuchwowe.

Stawy skroniowo-żuchwowe nie objęte dysfunkcją działają gładko i cicho. W przypadku wystąpienia dysfunkcji stawów najczęściej występującymi objawami jest klikanie i trzeszczenie stawów podczas wykonywania ruchów [18]. Klikanie i trzeszczenie nie stanowi jedynych objawów dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych, innymi objawami są np. wada zgryzu, ograniczony zakres ruchu, szumy uszne czy też problemy z otwieraniem ust [19, 20]. Dysfunkcje stawów skroniowo-żuchwowych dotyczą znacznej części populacji. Źródła literaturowe podają, że może to być nawet do 80% populacji [18]. Jednak brak objawów bólowych sprawia, że mimo występowania dysfunkcji, pacjenci nie są świadomi ich wystąpie-

Metodyka i grupa badawcza

Platformą posturograficzną, jaka została zastosowana podczas prowadzonych badań, jest ICS Balance Platform. Pozwala ona na wykonywanie badań zarówno statycznych, jak i dynamicznych, podczas których pacjent stoi na poduszce piankowej. ICS Balance Platform umożliwia wykonywanie badań, takich jak posturografia, zakres stabilności, trening równowagi oraz prawdopodobieństwo upadku. Podczas badania posturograficznego pacjent poddawany jest próbom na stabilnym podłożu, każda z prób trwa 30 s. Podczas badania pacjent patrzy przed siebie, a jego ręce ułożone są wzdłuż ciała. Badanie to daje informacje na temat parametrów takich, jak na przykład prędkość, długość ścieżki czy powierzchnia zakreślana przez rzut środka ciężkości ciała. Kolejne badanie stanowi zakres stabilno-



Rycina 2. Przykładowe wyniki uzyskane przez jednego z pacjentów podczas badania posturograficznego z zaznaczonymi parametrami poddanymi dalszej analizie

Figure 2. Sample results obtained by one of the patients during posturographic examination with marked parameters subjected to further analysis

nia [21]. Objawy bólowe obserwuje się u 4 do 12 % osób objętych dysfunkcjami [21]. Dysfunkcje stawów skroniowo-żuchwowych częściej występują u kobiet i nasilają się wraz z wiekiem [19]. Nie oznacza to jednak, że u dzieci nie obserwuje się występowania dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych. Tak jak w przypadku dorosłych, tak samo u dzieci częstość występowania dysfunkcji zwiększa się wraz z wiekiem i częściej występuje u dziewcząt [22].

Cel

Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie zakresów prędkości, zakreślonej powierzchni oraz długości ścieżki za pomocą platformy posturograficznej u osób ze zdrowymi stawami skroniowo-żuchwowymi.

ści, podczas którego można określić można m.in., w ilu procentach pacjent osiągnął zamierzony cel. Podczas treningu równowagi pacjent wykonuje sześć różnych prób. Są to kolejno: posturografia stabilna z oczami otwartymi, posturografia stabilna z oczami zamkniętymi, „strzelanie do celu”, „zakreślenie toru”, stanie na jednej nodze oraz posturografia niestabilna, czyli z wykorzystaniem poduszki piankowej, z zamkniętymi oczami. Każde z wykonywanych zadań jest odpowiednio punktowane. Badanie to często wykonywane jest jako badanie porównawcze w ocenie procesów rehabilitacyjnych. Ostatnim z badań, na których wykonanie pozwala platforma posturograficzna, jest prawdopodobieństwo upadku. Badanie to daje informacje, jakie jest prawdopodobieństwo upadku (małe, średnie bądź duże) [23].

Podczas prowadzonych badań pacjenci poddani zostali badaniu posturograficznemu. W jego trakcie pacjenci patrzyli przed siebie, a ich ręce ułożone były wzdłuż ciała. Badanie trwało 30 s. Wykonanie badania pozwoliło na określenie średniej wartości prędkości, średniej wartości długości ścieżki oraz średniej zakreślonej powierzchni przez rzut środka ciężkości ciała. **Rycina 2** przedstawia przykładowe wyniki badań uzyskane przez jednego z pacjentów. Na rycinie zaznaczono również parametry, które zostały poddane analizie.

Badania przeprowadzone zostały na grupie 15 wolontariuszu w wieku 20–30 lat. Grupa liczyła 12 kobiet i 3 mężczyzn. Przed przystąpieniem do badań pacjenci zostali poinformowani o jego przebiegu.

Wyniki i dyskusja

Poniższe wykresy przedstawiają średnie wartości wraz z odchyleniem standardowym dla długości ścieżki, prędkości oraz powierzchni zakreślonej przez rzut środka ciężkości ciała (**Rycina 3**).

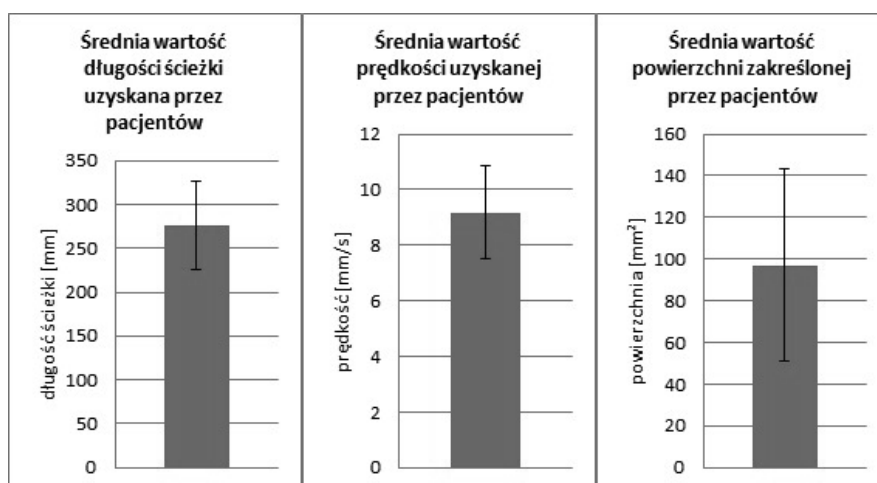
Długość ścieżki, jaka uzyskana została przez wolontariuszy przystępujących do badania, mieściła się w przedziale 181,9 mm do 351,6 mm. Prędkość rzutu środka ciężkości ciała, jaka została przez nich uzyskana znajdowała się w przedziale 6,1 mm/s do 12,2 mm/s. W przypadku powierzchni zakreślonej przez rzut środka ciężkości ciała znajdowała się ona w przedziale 46 mm² do 184 mm².

Na podstawie zebranych danych przeprowadzono analizę statystyczną za pomocą programu STATISTICA. Sprawdzono normalność rozkładu dla długości ścieżki, prędkości i powierzchni zakreślonej

przez rzut środka ciężkości ciała za pomocą testu Shapiro-Wilka. Poziom istotności, jaki został przyjęty, to 0,05. Dla długości ścieżki oraz prędkości uzyskano rozkłady normalne. W przypadku powierzchni uzyskano rozkład nie spełniający warunków rozkładu normalnego.

Sprawdzono korelację między długością ścieżki oraz prędkością za pomocą testów parametrycznych, przeprowadzono korelację Pearsona. Uzyskano statystycznie istotną korelację. Sprawdzono również współczynnik korelacji Pearsona, który wynosi 0,999, co wskazuje na prawie pełną korelację. Kolejno sprawdzono zależność między długością ścieżki i powierzchnią. Analizę przeprowadzono za pomocą testów nieparametrycznych. Przeprowadzono korelację Spearmana. Uzyskano statystycznie istotną korelację i współczynnik korelacji równy 0,789, co wskazuje na bardzo wysoką korelację. Ostatnią zależnością, jaką sprawdzono, było porównanie prędkości i powierzchni, co zostało wykonane również za pomocą testów nieparametrycznych. Przeprowadzono test korelacji Spearmana, co dało statystycznie istotną korelację oraz współczynnik korelacji równy 0,781. Świadczy to o bardzo wysokiej korelacji. We wszystkich przypadkach korelacje są dodatnie, co oznacza, że wzrost jednej wartości odpowiada wzrostowi drugiej wartości.

Badania Nota i wsp. [14] przeprowadzone zostały na grupie 19 osób (4 mężczyznach i 15 kobietach). Średnia wieku pacjentów wynosiła 27,26 (± 3,85) lat. Badania te miały na celu określenie związku między stabilnością posturalną a działaniem układu stomatognatycznego. W badaniach tych wyznaczo-



Rycina 3. Średnie wartości długości ścieżki, prędkości i powierzchni wraz z odchyleniem standardowym

Figure 3. Average values of path length, speed and area with standard deviation

ne zostały następujące parametry: prędkość oraz zakreślona powierzchnia. Średnia wartość, jaką uzyskano dla prędkości to $5,66 (\pm 1,81)$ mm/s [14]. Średnia wartość prędkości w przeprowadzonych badaniach własnych jest wyższa od wartości uzyskanej przez Nota i wsp. [14]. Wynik uzyskany podczas prowadzonych badań wynosi $9,2 (\pm 1,7)$ mm/s. Badania pacjentów z prawidłowo działającymi stawami skroniowo-żuchwowymi przeprowadzone zostały również przez Perrinetiego [13]. Grupa objęta badaniami liczyła 19 mężczyzn i 16 kobiet w wieku $26,2 (\pm 6,8)$ lat. Prędkość, jaka została uzyskana przez tych pacjentów, jest równa $6,7 (\pm 1,8)$ mm/s [13], co po uwzględnieniu odchylenia standardowego daje zgodne wyniki.

Zespół Nota [14] poddał analizie również zakreślaną powierzchnię. Średnia wartość zakreślonej przez pacjentów powierzchni wynosiła $81,62 (\pm 35,75)$ mm². Średnia powierzchnia uzyskana przez grupę 10 wolontariuszy biorących udział w badaniu wynosi $97 (\pm 50)$ mm². Wynik średniej zakreślonej powierzchni, podobnie jak średniej prędkości, jest wyższy w badaniach własnych niż w przypadku badań Nota i wsp. [14]. Jednak uwzględniając wartość odchylenia standardowego, można zobaczyć zgodność uzyskanych wyników. Tak samo jak w przypadku prędkości, większa wartość wyniku może być spowodowana małą grupą badaną. Możliwe, iż zwiększenie grupy spowoduje zmniejszenie wartości powierzchni zakreślonej przez pacjentów. Uzyskane wyniki są zgodne z wynikami przedstawionymi przez Perrinetiego. W badaniach tych zakreślona powierzchnia wynosiła $73,0 (\pm 36,5)$ mm². Uwzględniając wartość odchylenia standardowego, można zauważyć, że wyniki mieszczą się w tym samym przedziale [13].

Analizie, podczas przeprowadzonych badań, poddana została również długość ścieżki, jaka zakreślona została przez pacjentów poddanych badaniom. W pracy Nota i wsp. [14] nie było jednak informacji o tym parametrze. Perinetti [13] analizie poddał również długość zakreślonej ścieżki. Wynosiła ona $242,8 (\pm 58,4)$ mm. Podczas przeprowadzonych badań długości ścieżki wynosiła $276 (\pm 51)$ mm, co daje zgodne wyniki.

W badaniach Nota i wsp. porównane zostały wyniki uzyskane przez pacjentów zdrowych oraz pacjentów obarczonych dysfunkcjami stawów skroniowo-żuchwowych. Zaobserwowano podniesienie wartości badanych parametrów u pacjentów z dysfunkcjami stawów skroniowo-żuchwowych. Przy porównaniu wyników uzyskanych przez pacjentów nie objętych dysfunkcjami stawów skroniowo-żuchwowych oraz pacjentów z dysfunkcja-

mi stawów odnotowano wystąpienie statystycznie istotnej różnicy. Autorzy zwracają jednak uwagę na konieczność kontynuowania badań [14].

Wnioski

Przedstawione dane stanowią wstępne wyniki badań mających na celu określenie zależności między wynikami badań posturograficznych a działaniem stawów skroniowo-żuchwowych.

Badania przeprowadzone zostały dla trzech wybranych wielkości, jakie mogą zostać uzyskane przy pomocy badań posturograficznych, tj. prędkości rzutu środka ciężkości, zakreślonej powierzchni przez środek ciężkości ciała oraz długości ścieżki. Dane zaprezentowane w pracy dotyczą grupy z prawidłowo działającymi stawami skroniowo-żuchwowymi.

Oświadczenia

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów w autorstwie oraz publikacji pracy.

Źródła finansowania

Autorzy deklarują brak źródeł finansowania.

Piśmiennictwo

- [1] Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A Study of the Clinical Test of Sensory Interaction and Balance. *Physical Therapy*. 1993;73(6):346–51.
- [2] Błaszczak JW, Czerwos L. Stabilność posturalna w procesie starzenia. *Gerontologia Polska*. 2005;13(1):25–36.
- [3] Paszko-Patej G, Sobaniec W, Kułak W, Terlikowski R, Okurowska-Zawada B, Sienkiewicz D, Kawnik K. Ocena dynamiki wychyleń tułowia w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej oraz pola powierzchni stabilogramu u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. *Neurologia dziecięca*. 2013;22(45):19–23.
- [4] Ferrazzoli D, Fasano A, Maestri R, Bera R, Palamara G, Ghilardi MF, Pezzoli G, Frazzitta G. Balance Dysfunction in Parkinson's Disease: The Role of Posturography in Developing a Rehabilitation Program. *Parkinson's Disease*. 2015; 520128.
- [5] Kaufman KR, Brey RH, Chou LS, Rabatin A, Brown AW, Basford JR. Comparison of subjective and objective measurements of balance disorders following traumatic brain injury. *Medical Engineering & Physics*. 2006;28(3):234–239.
- [6] Shahal B, Nachum Z, Spitzer O, Ben-David J, Duchman H, Podoshin L, Shupak A. Computerized dynamic posturography and seasickness susceptibility. *The Laryngoscope*. 1999;109(12):1996–2000.
- [7] Kubisz L, Werner H, Bosek M, Weiss W. Posture Stability Evaluation Using Static Posturography in Patients after Cruciate Ligament Reconstruction. *Acta Physica Polonica A*. 2011;119:957–960.
- [8] Amaral AP, Politti F, Hage YE, Arruda EEC, Amorin CF, Biasotto-Gonzalez DA. Immediate effect of nonspe-

- cific mandibular mobilization on postural control in subjects with temporomandibular disorder: a single-blind, randomized, controlled clinical trial. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2013;17(2):121–7.
- [9] Sadowska J, Dragun G, Gutkowska A, Szczepaniak R. Znaczenie prawidłowej postawy ciała podczas ćwiczeń logopedycznych. *Forum Logopedyczne*. Nr 24. Dostęp online 12.11.2019.
- [10] Kryst L. *Chirurgia szczękowo-twarzowa*. Warszawa: PZWL; 2012. s. 342–346.
- [11] Munhoz WC, Pasqual Marques A, Tesseroli de Siqueira JT. Evaluation of Global Body Posture in Individuals with Internal Temporomandibular Joint Derangement. *Cranio*. 2005;23(4):269–77.
- [12] Bibrowicz K, Szurnik T, Mrozkowiak M. Ocena wpływu zastosowania metody Ora na poprawę wybranych wskaźników stabilometrycznych i posturometrycznych u dziewcząt z zaburzeniami statyki ciała, *Journal of Education. Health and Sport*. 2016;6(12):84–97.
- [13] Perinetti G. Temporomandibular Disorders Do Not Correlate with Detectable Alterations in Body Posture. *J Contemp Dent Pract*. 2007;8(5):60–7.
- [14] Nota A, Tecco S, Ehsani S, Padulo J, Baldini A. Postural stability in subjects with temporomandibular disorders and healthy controls: A comparative assessment. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2017;37:21–24.
- [15] Maciejewska-Szaniec Z, Maciejewska B, Wiskirska-Woźnica B, Mehr K, Piotrowski P. Szumy uszne u chorych z zaburzeniami czynnościowymi układu ruchowego narządu żucia. *Family Medicine & Primary Care Review*. 2013;15(3):347–348.
- [16] Łasiński W. *Anatomia głowy dla stomatologów*. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich; 1970. s. 192–203.
- [17] Poduval J. Temporomandibular Joint Dysfunction. *The Journal of Medical Research*. 2015;1(1):3–4.
- [18] Novaes Olivieri KA, Garcia AR. Joint vibration analysis in mandibular movements in asymptomatic volunteers. *Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos*. 2000;17(3):176–183.
- [19] Trivedi P, Bhatt P, Dhanakotti S, Nambi G. Comparison of muscle energy technique and myofascial release technique on pain and range of motion in patients with temporomandibular joint dysfunction: a randomized controlled study. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2016; 4(6):1788–1792.
- [20] Gawda P, Suwała M, Gawda J, Rojewski R. Zaburzenia funkcjonalne stawów skroniowo-żuchwowych; konieczność współpracy specjalistów fizjoterapii i stomatologii. *Zdrowie i dobrostan*. 2013;1:95–102.
- [21] Polskie Towarzystwo Badania Bólu (2013–2014) Ogólnoswiatowy rok na rzecz ulgi w bólach twarzy: Dysfunkcja stawu skroniowo-żuchwowego. <https://ptbb.pl/zasoby/pobierz-pliki/category/6-ogolnoswiatowy-rok-na-rzecz-ulgi-w-bolach-twarzy>. Dostęp online 12.11.2019.
- [22] Panek H, Nowakowska D, Maślanka T, Bruziewicz-Mikłaszewska B, Krawczykowska H, Mankiewicz M, Makacewicz S, Rutańska E. Epidemiology of Temporomandibular Dysfunctions in Young Adult Populations Studied in Department of Prosthodontics. *Dent Med Probl*. 2007;44(1):55–59.
- [23] Insturkcja ICS Balance Platform.

Zaakceptowano do edycji: 2019-05-12
Zaakceptowano do publikacji: 2019-06-30

Adres do korespondencji:
Collegium Chemicum
ul. Grunwaldzka 6, 60-780 Poznań
tel.: +48 618546695
e-mail: wkawalkiewicz@ump.edu.pl