



Elżbieta Szczygieł¹, Renata Gędek¹,
Joanna Golec^{1,3}, Aneta Bac³,
Anna Marchewka³, Jerzy Walocha⁴,
Edward Golec^{2,3,5}

¹ Zakład Fizjoterapii Instytutu
Fizjoterapii Wydziału Nauk o Zdrowiu
Uniwersytetu Jagiellońskiego Colle-
gium Medium, Kraków, Polska

² Zakład Podstaw Fizjoterapii Wydziału
Fizjoterapii Wyższej Szkoły Administracji,
Bielsko-Biała, Polska

³ Zakład Rehabilitacji w Ortopedii
Katedry Rehabilitacji Ruchowej
Akademii Wychowania Fizycznego im.
Bronisława Czecha, Kraków, Polska

⁴ Katedra i Zakład Anatomii Uniwersy-
tetu Jagiellońskiego Collegium
Medium, Kraków, Polska

⁵ Klinika Chirurgii Urazowej
i Ortopedii 5. Wojskowego Szpitala
Klinicznego z Polikliniką Samodzielnej
Publicznej Zakład Opieki Zdrowotnej,
Kraków, Polska

Address for correspondence/
Adres do korespondencji:
dr Elżbieta Szczygieł,
Zakład Fizjoterapii Instytutu Fizjoterapii
Wydział Nauk o Zdrowiu Collegium
Medium Uniwersytet Jagielloński,
ul. Michałowskiego 12,
31-126 Kraków, Polska
tel. +48609937736,
email: elzbietasz@gmail.com

Received: 23.03.2010
Accepted: 01.02.2011
Published: 15.02.2012

STATISTIC STATYSTYKA	
Word count Liczba słów	3632/2995
Tables Tabele	0
Figures Ryciny	4
References Piśmiennictwo	44

Analysis of chosen posturographic parameters in specific age groups

Analiza wybranych parametrów posturograficznych w określonych grupach wiekowych

Original article/Artykuł oryginalny

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 1 (27) 2012

Summary

Introduction: Many authors share the view that maintaining body balance, as well as the formation of related behaviour patterns, is mainly dependent on the age of the subject and their gender. Therefore, the problem gains in significance with respect to pathological conditions resulting in analysed dysfunctions in the clinical picture.

The paper aims to describe the formation of selected variables of body stability of a random group of people, standing upright with both feet on the ground and eyes open. The authors intended to find answers to the following questions:

Are there any differences in the values of stability parameters depending on the age of the subject?

Are there any differences in the values of stability parameters depending on the gender of the subject?

Research material and method: The research involved a group of 120 people aged between 2 and 90, including 69 women (58%) and 51 men (42%). The average age was 37.58 years. They were divided into three age groups, with the first consisting of people between 2 and 19, the second made up of people between 21 and 43, and the third composed of seniors over 61 years old.

The research was possible thanks to (COP) PEL 38 equipment, which allowed for the examination of the distribution of pressure on the ground, enabling an analysis of shifts in the centre of pressure in the foot.

Result: The research allowed for the preparation of charts (stabilograms) depicting the areas of the body's instability in the sagittal and frontal plane, a chart of posture instability and parameters which can be helpful in further analyses, including:

1. Width, describing the extent of oscillations of a test subject,
2. Average deviation,
3. Average Speed of oscillations.

The highest values of individual parameters were recorded in the case of the youngest age group. This goes to show that their posture is least stable, probably due to the fact that their balance system is not yet fully developed. The best parametric values were characteristic of the 21 – 43 age group.

Conclusions:

1. The highest values of each parameter were attained by the youngest group. This fact points to the least stable posture in this group of all the examined, probably caused by their incompletely developed balance system. The best parameter values were attained by the group of people between 21 and 43 years old.
2. Gender has an impact on the balance of the erect posture, yet only in group 1, in which females are characterised by lower COG sway values than males.

Key words: posturographic indices, stability, stabilogram

Streszczenie

Wstęp: W zgodnej opinii wielu autorów utrzymanie równowagi ciała, a także kształtowanie przedmiotowych zachowań zależne jest przede wszystkim od wieku badanych oraz od ich płci. Problem ten więc nabiera szczególnego znaczenia w odniesieniu do stanów patologicznych skutkujących w obrazie klinicznym analizowanymi zaburzeniami.

Celem pracy była charakterystyka kształtowania się wybranych zmiennych stabilności ciała osób przypadkowych w pozycji stojącej obunóż przy oczach otwartych. W toku badań poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

Czy istnieją różnice w wartościach parametrów stabilności w zależności od wieku badanych?
Czy istnieją różnice w wartościach parametrów stabilności w zależności od płci badanych?

Materiał badawczy i metoda: Cel pracy zrealizowano w oparciu o materiał kliniczny, który stanowiło 120 badanych w wieku między od 2 a 90 rokiem życia, w tym 69 kobiet, co (58%) i 51 mężczyzn (42%). Średnia wieku wyniosła 37,58 lat. Materiał kliniczny podzielono na

trzy grupy wiekowe. Pierwsza grupa obejmowała osoby w wieku od 2 do 19 lat, drugą grupę stanowiły osoby od 21 do 43 lat, natomiast trzecia grupa to osoby powyżej 61 roku życia. Cel pracy zrealizowano w oparciu o urządzenie do badania rozkładu sił nacisku na podłoże, umożliwiające analizę przemieszczania się środka nacisku stóp (COP) PEL 38.

Wyniki: Przeprowadzone badania pozwoliły uzyskać osobne wykresy (stabilogramy) obrazujące niestabilność ciała w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej, wykres niestabilności posturalnej oraz parametry pomocne podczas dalszych analiz. Są to:

1. Width, określający zakres oscylacji osoby badanej,
2. Average deviation, czyli średnia odchylenie,
3. Average speed, opisujący średnią prędkość oscylacji.

Największe wartości poszczególnych parametrów uzyskała grupa osób najmłodszych. Fakt ten wskazuje na najmniej stabilną postawę w tej grupie osób. Najlepsze wartości parametrów uzyskała grupa osób między 21 a 43 rokiem życia.

Wnioski:

1. Największe wartości poszczególnych parametrów uzyskała grupa osób najmłodszych. Fakt ten wskazuje na najmniej stabilną postawę w tej grupie osób badanych, najprawdopodobniej spowodowany nie w pełni rozwiniętym układem równowagi. Najlepsze wartości parametrów uzyskała grupa osób między 21 a 43 rokiem życia.
2. Płeć ma wpływ na równowagę postawy stojącej ale tylko w grupie I, gdzie kobiety cechują się mniejszymi wartościami wychwiał środka ciężkości ciała w porównaniu do mężczyzn.

Słowa kluczowe: wskaźniki posturograficzne, stabilność, stabilogram

INTRODUCTION

The vertical position of the body axis against insignificant support areas is the most distinctive feature of the human silhouette. Due to such orientation of the body in the gravitational field, we are naturally vulnerable to the loss of our balance – a state of postural arrangement characterised by vertical orientation of the body, both in static and dynamic conditions, ensured by the nervous system by means of clamping in appropriate groups of anti-gravitational muscles. The capacity to regain a state of balance lost due to the activity of destabilising factors is defined as stability [1,2,3]. Maintenance of the stable body posture necessary for all types of physical activity is a complex process requiring the cooperation of sensory systems: a vestibular system, a sight organ, as well as the muscles and joints' proprioceptors. All pathological or functional changes impacting operation of those systems, translate into changes in the stability of the posture.

It is commonly accepted that the centre of gravity (COG) and the range of COG sway constitute an index of stable posture. As a rule, the lower the amplitude and speed of COG dislocation, the more stable the posture [3]. The COG of an adult's body is located at the level of the second sacral vertebra, and its projection during steady standing is located about 4-5 cm forwards of the line connecting the lateral malleoli of the tarsi [1,4]. Maintenance of the COG in this area does not require considerable muscular effort, thus needing a minimum of energetic expense [5]. It is worth adding that even during steady standing, the COG oscillates around its normal position as a result of any activity of the organism, e.g. heart beat, blood circulation and breathing [1]. Another source of uncontrollable COG displacement is tonic activity of anti-gravitational muscles [6]. The direc-

WSTĘP

Najbardziej wyróżniającą cechą sylwetki ludzkiej jest pionowe ustawienie osi ciała względem niewielkiej płaszczyzny podparcia. Taka orientacja ciała w polu grawitacyjnym sprawia, że w naturalny sposób jesteśmy narażeni na utratę równowagi. Równowaga to stan układu posturalnego charakteryzujący się pionową orientacją ciała, zarówno w warunkach statycznych jak i dynamicznych, zapewnioną przez układ nerwowy dzięki skurczom odpowiednich grup mięśni antygravitacyjnych. Natomiast zdolność do odzyskiwania stanu równowagi utraconego w wyniku działania czynników destabilizujących określana jest pojęciem stabilności [1,2,3]. Utrzymanie stabilnej postawy ciała, niezbędnej dla wszelkiej aktywności ruchowej, jest złożonym procesem, który wymaga współpracy układów sensorycznych: układu przedsionkowego, narządu wzroku, proprioceptorów mięśni i stawów. Wszystkie zmiany patologiczne lub funkcjonalne upośledzające działanie tych układów znajdują swoje odbicie w zmianach stabilności postawy.

Za wyznacznik stabilnej postawy przyjmuje się położenie ogólnego środka ciężkości ciała (COG – ang. *center of gravity*), i zakres jego wychwiał. Generalnie, im mniejsza amplituda i prędkość przemieszczania się COG, tym stabilniejsza postawa [3]. Środek ciężkości ciała znajduje się u osoby dorosłej na poziomie drugiego kręgu krzyżowego, a jego rzut podczas spokojnego stania około 4-5 cm do przodu od linii łączącej kostki boczne stawów skokowych [1,4]. Utrzymanie środka ciężkości w tym obszarze nie wymaga większego wysiłku mięśni dlatego wiąże się z minimalnym wydatkiem energetycznym [5]. Należy dodać, że nawet w czasie spokojnego stania, środek ciężkości ciała oscyluje wokół jego normalnego położenia, a jest to spowodowane każdą aktywnością organizmu, np. biciem serca i krążeniem

tion and velocity of COG sway is characterised by chaotic changes, and are adjusted for by the nervous system by means of postural muscles only in cases of deviation of the COG from its balance position threatening stability [1,4].

Balance disorders may occur in people of all ages, and their diverse aetiology brings about numerous treatment problems [4], and development of appropriate diagnostic methods permitting early detection of balance disorders is still a serious challenge for clinicians [7,8].

The research was aimed at determining the characteristics of the behaviour of selected body stability variables in randomly selected people standing on both legs, with opened eyes. In the course of the research, answers were sought to the following questions:

Are there age-related differences in stability parameter values among the examined people?

Are there gender-related differences in the stability parameter values?

RESEARCH MATERIAL AND METHOD

Clinical specimens comprised 120 people between 2 and 90 years old, including 69 women and 51 men. The average age was 37.

Clinical specimens were divided into three age groups.

The first age group consisted of people between 2 and 19 years of age (average age ± 13.25), including 21 women and 19 men.

The second age group consisted of people between 21 and 43 years of age (average age ± 29.82), including 23 women and 17 men.

The third age group consisted of people aged over 61 (average age ± 69.67), including 25 women and 15 men.

The research was conducted between 2008 and 2009 on randomly selected people at the Zdrowie Diagnostics and Therapy Centre in Krakow (*Centrum Diagnostyki i Terapii "Zdrowie"*).

The aim of the research was realised by means of a PEL 38 posturographic platform, which is system of devices for examination and analysis of the spread of forces of pressure onto the ground. Before commencement of the research, the data of the individual being examined was entered into the computer (name, surname, age, body mass, height, foot length). An appropriate atmosphere in the research room was also ensured, as balance control and the values of body sway are subject to the influence of acoustic, optic and sensory stimuli [9]. Specimens were examined without shoes, standing naturally, with their sight directed before them. Time of the research was 30 seconds.

krwi czy oddychaniem [1]. Drugim źródłem niekontrolowanych przemieszczeń COG jest toniczna aktywność mięśni antygravitacyjnych [6]. Kierunek wychwiania środka ciężkości (ang. *sways*) oraz ich szybkość mają charakter zmian chaotycznych, które są korygowane przez układ nerwowy za pomocą mięśni posturalnych dopiero wówczas, gdy odchylenie COG od położenia równowagi może zagrozić stabilności [1,4].

Zaburzenia równowagi mogą pojawić się u osób w każdym wieku, a ich różnorodna etiologia nastęrcza wiele problemów leczniczych [4]. Opracowanie odpowiednich metod diagnostycznych pozwalających na wczesne wykrywanie zaburzeń równowagi nadal jest poważnym wyzwaniem dla klinicystów [7,8].

Celem pracy była charakterystyka kształtowania się wybranych zmiennych stabilności ciała przypadkowych osób w pozycji stojącej obunóż przy otwartych oczach.

W toku badań poszukiwano odpowiedzi na pytania:

Czy istnieją różnice w wartościach parametrów stabilności w zależności od wieku badanych?

Czy istnieją różnice w wartościach parametrów stabilności w zależności od płci badanych??

MATERIAŁ BADAWCZY I METODA

Materiał kliniczny stanowiło 120 badanych między 2 a 90 rokiem życia, w tym 69 kobiet i 51 mężczyzn. Średnia wieku wyniosła 37 lat.

Materiał kliniczny podzielono na trzy grupy wiekowe.

Pierwsza grupa wiekowa obejmowała osoby w wieku od 2 do 19 lat (średnia wieku $\pm 13,25$), w tym 21 kobiet i 19 mężczyzn.

Drugą grupę wiekową stanowiły osoby od 21 do 43 lat (średnia wieku $\pm 29,82$), w tym 23 kobiety i 17 mężczyzn.

Trzecia grupa wiekowa to osoby powyżej 61 roku życia (średnia wieku $\pm 69,67$), w tym 25 kobiet i 15 mężczyzn.

Badanie przeprowadzono w latach 2008-2009 na osobach przypadkowychw Centrum Diagnostyki i Terapii „Zdrowie” w Krakowie.

Cel pracy zrealizowano w oparciu o system urządzeń do badania i analizy rozkładu sił nacisku na podłoże składający się z platformy posturograficznej PEL 38. Przed rozpoczęciem badania do pamięci komputera wprowadzano dane osoby badanej (imię, nazwisko, wiek, masa ciała, wzrost, długość stopy). Zadbano także o odpowiednią atmosferę panującą w gabinecie, ponieważ kontrola równowagi oraz wielkość kołysania ciała podlegają wpływom bodźców akustycznych, optycznych i czuciowych [9]. Badania przeprowadzono bez obuwia w pozycji swobodnego stania ze wzrokiem skierowanym przed siebie. Czas badania wynosił 30 sekund.

RESEARCH RESULTS

Each examination provided stabilograms – graphs illustrating dislocation of the centre of the foot pressure (COP), in static conditions being a projection of the COG onto the support plane. The range of COP sway and velocity of oscillation reflect the degree of the examined person's instability [1,10].

As a result of each examination, we produced separate graphs illustrating the instability of the body within the saggital and frontal planes, and a postural instability graph.

The graphs illustrating sway in the saggital plane pictures COP dislocation against time, with the vertical axis showing distance in millimetres and the horizontal axis presenting subsequent measurements recorded for 30 seconds. The positive end of the graph indicates forward sway in the examined person, and the negative part, backwards sway. On the graphs illustrating instability within the frontal plane, the positive part of the graph indicates rightwards sway in the examined person, and the negative part, leftwards sway. Besides the graphs, the outcome of the research is expressed by other parameters helpful in further analyses. These include:

1. Width, expressing the examined person's oscillation range in millimetres;
2. Average deviation, i.e. an average of their deviations, also in millimetres;
3. Average speed, expressing an average oscillation speed in mm/s.

The third graph from the research results presents postural instability, showing changes in the velocity of COP dislocation in the course of the examination. The vertical axis shows speed in mm/s, while the horizontal axis presents subsequent measurements taken within 30 seconds of the initial examination. These graphs are accompanied by instability parameters:

1. Path length, i.e. the length of the pressure centre trajectory in millimetres.
2. Path area, illustrating the surface area of the figure obtained by connecting the extreme points of the statokinesiogram, expressed in mm²,
3. L/A, describing the ratio of the length to the area, expressed as 1/mm;
4. Avg. Q. speed, showing a root average square speed of the pressure centre movement forwards, backwards and sideways in mm/s.

Comparison of results within the saggital plane in each age group

The vertical axis illustrates the range of oscillation in millimetres, while the horizontal axis presents the patients' identifying numbers. The examined were sorted according to their age, from youngest to eldest. (See Graph 1).

The results obtained imply that the greatest range of COG sway within the saggital plane can be found among the youngest people. As the age increases, the body balance stabilises, with the oscillation range slightly increasing again in people exceeding the age of 61.

WYNIKI BADANIA

Efektom każdorazowego badania były stabilogramy. Stabilogramy to wykresy ilustrujące przemieszczanie się środka nacisku stóp (COP), który w warunkach statycznych jest rzutem środka ciężkości ciała (COG) na płaszczyznę podparcia. Zakres wychwiał COP i szybkość oscylacji są odzwierciedleniem stopnia niestabilności badanego [1,10].

Każde badanie pozwala uzyskać osobne wykresy obrazujące niestabilność ciała w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej oraz wykres niestabilności posturalnej.

Wykresy ilustrujące wychwiania w płaszczyźnie strzałkowej obrazują przemieszczanie się COP w funkcji czasu. Na osi pionowej przedstawiono odległość w milimetrach, natomiast osi poziomej kolejne pomiary, jakie zarejestrowano w czasie 30 sekund. Dodatnia część wykresu świadczy o wychyleniu osoby badanej w przód, ujemna zaś w tył. Na wykresach ilustrujących niestabilność w płaszczyźnie czołowej dodatnia część wykresu oznacza wychylenie osoby badanej w prawo, a ujemna w lewo. Poza wykresami wynikiem badań są parametry pomocne podczas dalszych analiz. Są to:

1. Width, określający zakres oscylacji osoby badanej w milimetrach,
2. Average deviation, czyli średnia odchyień również w milimetrach,
3. Average speed, opisujący średnią prędkość oscylacji w mm/s.

Trzecim wykresem, jaki tworzy program w czasie wykonywania badania, jest wykres niestabilności posturalnej. Ukazuje on zmiany prędkości przemieszczania się COP w czasie badania. Na osi pionowej zilustrowana jest prędkość w jednostce mm/s, natomiast oś pozioma obrazuje kolejne pomiary dokonane w czasie 30 sekund badania. Obok wykresu znajdują się parametry niestabilności:

1. Path length, czyli długość trajektorii centrum nacisku w milimetrach,
2. Path area, obrazujący pole powierzchni figury, powstałej w wyniku połączenia liniami skrajnych punktów statokineziogramu w mm²,
3. L/A, opisujący stosunek długości do powierzchni w jednostce 1/mm,
4. Avg.Q. speed, przedstawiający szybkość średniokwadratową ruchu centrum nacisku w przód, tył i na boki w mm/s.

Porównanie wyników w poszczególnych grupach wiekowych w płaszczyźnie strzałkowej

Na osi pionowej zilustrowany jest zakres oscylacji w milimetrach, na osi poziomej – kolejny numer pacjenta (Ryc. 1). Osoby badane zostały posortowane ze względu na wiek, od najmłodszej do najstarszej.

Uzyskane wyniki wskazują, że największy zakres wychwiał środka ciężkości w płaszczyźnie strzałkowej obserwuje się u osób najmłodszych. Wraz z wiekiem równowaga ciała stabilizuje się, po czym zakres oscylacji znowu nieco wzrasta u osób powyżej 61 roku życia.

Average values of the width parameter in particular groups amount to: group 1 – 7.68 mm; group 2 – 3.95 mm; group 3 – 6.93 mm. We can infer from the data obtained that the highest values were attained by group 1, which indicates the greatest degree of instability among the examined patients as coming from this group. Group 2 presents the lowest average values of the width parameter, which proves best development of stability in the group of people aged between 21 and 43.

Comparison of results in each age group within the frontal plane

From among all the examined, the lowest oscillation range within the frontal plane was presented by people in the group 2. Significant body instability was presented by persons in the youngest age group, which judging by the highest recorded values of the width parameter.

The range of COG sway within the frontal plane should be generally lower than that in the saggital plane due to COG possessing two body support points in the lateral axis. The average values of the width parameter for particular groups amounted to: group 1 – 7.38 mm; group 2 – 3.13 mm; group 3 – 5.30 mm. These values are insignificantly lower than the values obtained within the saggital plane, which may confirm the above-mentioned principle.

Values shown in the graph suggest that group 2 is characterised by the best stability of all the groups. (See Graph 2).

Średnie wartości parametru width dla poszczególnych grup wynoszą: grupa I - 7,68 mm, grupa II - 3,95 mm, grupa III - 6,93 mm. Z uzyskanych danych można wywnioskować, iż najwyższe wartości osiągnęła grupa I, co wskazuje na większy stopień niestabilności wśród tych badanych. Grupa II przedstawia najniższe wartości średnie parametru width. Fakt ten dowodzi najlepszego wykształcenia równowagi w grupie osób między 21 a 43 rokiem życia.

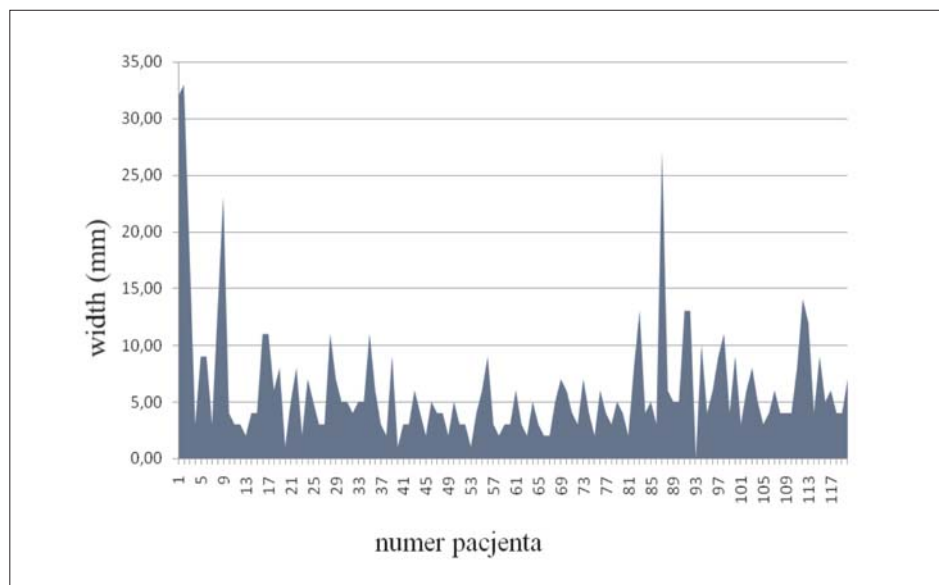
Porównanie wyników w poszczególnych grupach wiekowych w płaszczyźnie czołowej

W płaszczyźnie czołowej najniższy zakres oscylacji z pośród wszystkich badanych prezentowały osoby z grupy II. Natomiast znaczną niestabilnością ciała charakteryzowali się badani z najmłodszej grupy wiekowej, o czym świadczyły zarejestrowane najwyższe wartości parametru width.

Zakres wychwiał środka ciężkości w płaszczyźnie czołowej powinien być generalnie mniejszy w porównaniu z płaszczyzną strzałkową, ze względu na fakt posiadania w osi poprzecznej dwóch punktów podparcia ciała. Średnie parametru width dla poszczególnych grup wyniosły: grupa I- 7,38 mm, grupa II- 3,13 mm, grupa III- 5,30 mm. Te wartości są nieznacznie niższe w porównaniu z wartościami uzyskanymi w płaszczyźnie strzałkowej, co może potwierdzać przytoczoną powyżej regułę (Ryc. 2).

Prezentowane na wykresie wartości sugerują, że najlepszą stabilnością spośród wszystkich grup badanych charakteryzuje się grupa II.

Fig. 1. The range of COG sway within the saggital plane in all patients according to their age
Ryc. 1. Zakres wychwiał środka ciężkości w płaszczyźnie strzałkowej wszystkich pacjentów według wieku



Comparison of results in each age group - postural instability parameters

Path length: Average values of the path length parameter in particular groups amount to: group 1 – 50.20 mm; group 2 – 23.42 mm; group 3 – 37.76 mm. The lowest values of this parameter were achieved by group 2, which means that people at ages between 21 and 43 are characterised by the best stability of all examined persons.

Path area: Group 2 achieved the lowest average value of the path area parameter. The highest value was achieved by group 1. This fact allows us to conclude that the youngest people examined had considerable difficulties with maintenance of stable body posture. Average values of the path area parameter in particular age groups amount to: group 1 – 30.08 mm²; group 2 – 8.20 mm²; group 3 – 17.85 mm².

Avg. Q. Speed: average values of the avg. q. speed parameter in particular age groups amount to: group 1 – 1.53 mm/s; group 2 – 0.71 mm/s; group 3 – 1.15 mm/s. Once again, group 2 attained the lowest values, which allows us to conclude that middle-aged people are characterised by the best development of stability.

Results of the research in particular age groups by gender division

The first age group consisted of 21 females and 19 males; the second – 23 females and 17 males; the third group was characterised by the largest disproportion in the ratio of the number of females to the number of males, comprising 25 females and 15 males. In light of the small number of people examined and uneven ratio of the opposite genders in particular groups, the results of the examination may be not binding.

Porównanie wyników w poszczególnych grupach wiekowych – parametry niestabilności posturalnej

Path length: średnie parametru path length dla poszczególnych grup wiekowych wynoszą odpowiednio: dla grupy I - 50,20 mm, dla grupy II - 23,42 mm, dla grupy III - 37,76 mm. Najniższe wartości tegoż parametru uzyskała grupa II, co świadczy o najlepszej stabilności ciała osób między 21 a 43 rokiem życia w porównaniu z pozostałymi badanymi.

Path area: najniższą wartość średnią parametru path area uzyskała grupa II. Natomiast najwyższą wartość osiągnęła grupa I. Fakt ten pozwala wnioskować o większym problemie z utrzymaniem stabilnej postawy ciała wśród najmłodszych badanych. Średnie wartości parametru path area w poszczególnych grupach wiekowych wynoszą: grupa I - 30,08 mm², grupa II - 8,20 mm², grupa III - 17,85 mm².

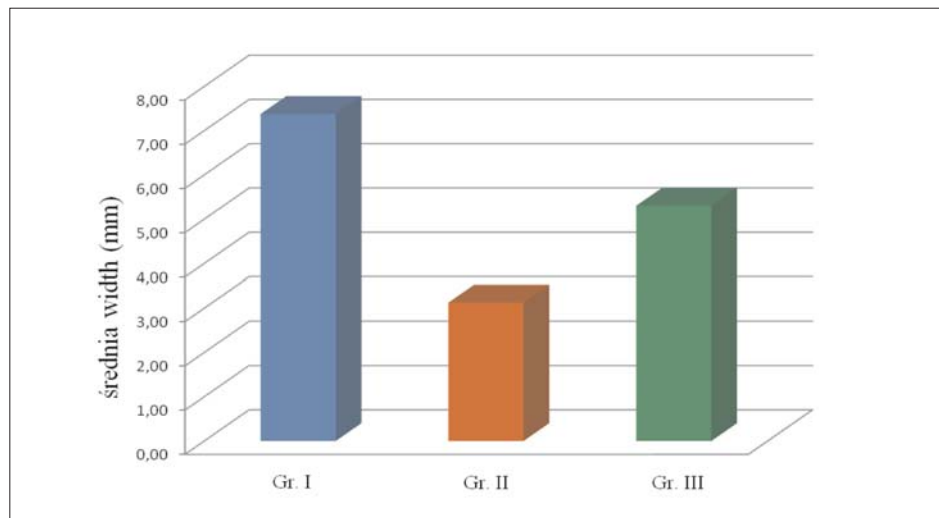
Avg. Q. Speed: średnie parametru avg. q. speed dla poszczególnych grup wiekowych wynoszą: dla grupy I - 1,53 mm/s, dla grupy II - 0,71 mm/s, dla grupy III - 1,15 mm/s. Kolejny raz najniższe wartości uzyskała grupa II, co pozwala wnioskować o najlepiej wykształconej równowadze wśród osób w wieku średnim.

Wyniki badań w poszczególnych grupach wiekowych z podziałem na płeć

W pierwszej grupie wiekowej znalazło się 21 kobiet i 19 mężczyzn, w drugiej - 23 kobiety i 17 mężczyzn, natomiast trzecia grupa charakteryzowała się największą dysproporcją ze względu na ilość kobiet w stosunku do ilości mężczyzn, ponieważ zaklasyfikowano do niej 25 kobiet i 15 mężczyzn. Ze względu na małą ilość osób badanych a także nierównomierny stosunek osób przeciwnej płci w poszczególnych grupach, wyniki badania mogą nie być wiążące.

Fig. 2. Average values of the width parameter within the frontal plane in each age group

Ryc. 2. Średnie parametru width w poszczególnych grupach wiekowych w płaszczyźnie czołowej



Comparison of results in each age group within the saggital plane by gender division

In group 1, females are characterised by better stability; no significant differences were observed in other groups (See Graph 3).

Comparison of results in each age group within the frontal plane by gender division

The biggest disproportions in the average values of the width parameter were observed in group 1, in which females were characterised by lower COG sway range. No major differences were observed in group 2. However, lower average values of the width parameter in group 3 were attained by males.

Comparison of the results in each age group by gender division – postural instability parameters

Path length: the path length parameter reached the highest average value in the case of males in group 1, proving theirs as the worst stability control. The lowest value was attained by females in group 2.

Path area: in group 1, the greatest differences in the average values of the path area parameter were observed. Males were characterised by greater instability. In group 2, no major differences were observed. The average values of the path area parameter for males of group 3 were lower than those achieved by females.

Avg. Q. Speed: the average values of the avg. q. speed parameter were characterised by relationships similar to the values for other parameters in the respective groups. The highest average value of this parameter was recorded for males in group 1, while the lowest was recorded among women in group 2.

Porównanie wyników w poszczególnych grupach wiekowych z podziałem na płęć płaszczyźnie strzałkowej

W grupie I lepsza stabilność ciała charakteryzuje kobiety, w pozostałych grupach nie zauważono znaczących różnic. (Ryc. 3).

Porównanie wyników w poszczególnych grupach wiekowych z podziałem na płęć płaszczyźnie czołowej

Największe rozbieżności w średnich wartościach parametru width obserwowano w grupie I, gdzie mniejszy zakres wychwiań środka ciężkości charakteryzował kobiety. W grupie II nie zauważono znaczących różnic. Natomiast w grupie III niższe wartości średnie width dotyczyły mężczyzn.

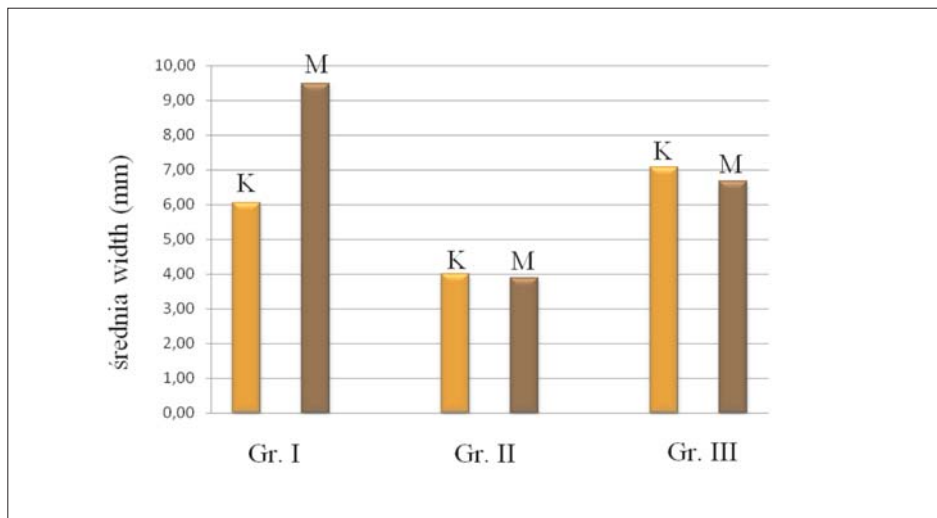
Porównanie wyników w poszczególnych grupach wiekowych z podziałem na płęć – parametry niestabilności posturalnej

Path length: największą wartość średnią parametr path length osiągnął dla mężczyzn z grupy I, co świadczy o najgorszej kontroli stabilności u tych badanych. Natomiast najniższą wartość uzyskała dla kobiet z grupy II.

Path area: w grupie I obserwowano największe różnice w wartościach średnich parametru path area. Mężczyzn charakteryzowała większa niestabilność. W grupie II natomiast nie zaobserwowano znaczących różnic. U mężczyzn z grupy III zanotowano mniejsze wartości średnie parametru path area w stosunku do kobiet.

Avg. Q. Speed: wyniki średnie parametru avg. q. speed charakteryzowały zależności podobne do wyników pozostałych parametrów w odpowiednich grupach badanych. Największą wartość średnią parametru zanotowano wśród mężczyzn z grupy I, natomiast najniższą wśród kobiet z grupy II.

Fig. 3. Average values of the width parameter within the saggital plane in each age group with gender division. Legend: K – females, M – males
Ryc. 3. Średnie parametru width w poszczególnych grupach wiekowych z podziałem na płęć w płaszczyźnie strzałkowej. Legenda: K – kobiety, M – mężczyźni



Results of statistical analyses in particular age groups

Statistical analysis of the Pearson correlation coefficient was conducted between the values of the average deviation parameter in the saggital and frontal planes in each age group. (See graph 4).

In group 1, a strong correlation was recorded ($r=0.75$). The average of deviations within the AP plane has a strong influence on the same parameter within the LATERAL plane, which implies that a greater range of COG sway within the saggital plane is accompanied by a greater range in the frontal plane too. In group 2, it was noted that the correlation is insignificant. However, in group 3, where an average of deviations within the AP plane has

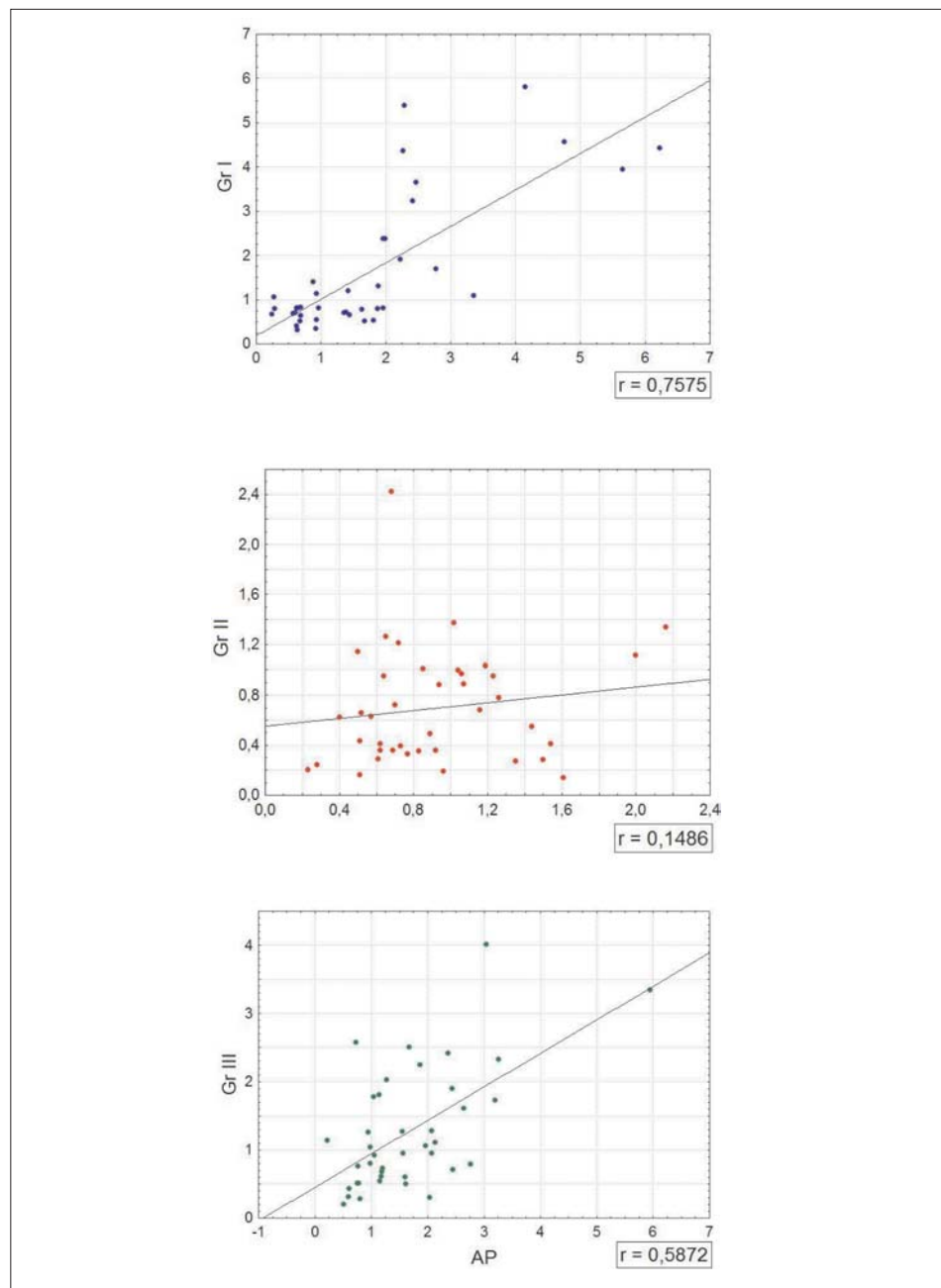
Wyniki analiz statystycznych w poszczególnych grupach wiekowych

Przeprowadzono statystyczną analizę współczynnika korelacji Pearsona pomiędzy wartościami parametru average deviation w płaszczyźnie strzałkowej czołowej w poszczególnych grupach wiekowych. (Ryc. 4).

W grupie I zanotowano silną korelację ($r= 0,75$). Średnia odchylen w płaszczyźnie AP mocno oddziałuje na ten sam parametr w płaszczyźnie LATERAL, co wskazuje, że większemu zakresowi wychwiania środka ciężkości w płaszczyźnie strzałkowej, towarzyszy większy zakres również w płaszczyźnie czołowej. W grupie II zauważono, że korelacja jest nieistotna. Natomiast w gru-

Fig. 4. Graphic image of the dependence between the values of the average deviation parameter (mm) in the AP (axis X) and the average deviation parameter (mm) in the LATERAL (axis Y) in each age group

Ryc. 4. Obraz graficzny zależności pomiędzy wartościami parametrów average deviation (mm) w AP (oś X) a average deviation (mm) w LATERAL(oś Y) w poszczególnych grupach wiekowych



clear influence on the LATERAL plane, a medium correlation was observed ($r=0.58$).

In all groups, positive correlations were recorded, i.e. an increase in the value of the average deviation parameter (an average of deviations) was accompanied by an increase in the value of the average speed within both planes.

A positive correlation in all age groups was also found when comparing average speed values within sagittal and frontal planes, which means that an increase in COG sway speed in the AP is also accompanied by an increase in body oscillation speed in the LATERAL.

Statistical analysis conducted between the path area and the avg. q. speed parameters has shown strong dependence for groups 1 and 3, and medium dependence for group 2, which means that the area of the figure obtained from connecting the extreme points of the statokinesiogram with lines strongly correlates with the root average square speed.

Results of the statistical analyses in particular age groups by gender division

A statistical analysis was conducted referring to the average value of the path area parameter. The analysis was begun with a checking of whether the spread of the values of the examined was normal, and for this purpose the Shapiro-Wilk W test was used. As the variable did not have a normal spread, further calculations were conducted using Mann-Whitney U test.

From the analyses conducted in group 1, it was concluded that the average value of the path area parameter for males is statistically significantly different from the average value of this parameter for females. We can thus conclude that at the significance level of $p<0.05$, stability of the male body is much lower than that of the female in this group.

The same statistical analysis was conducted on group 2. Based on the conducted calculations, it was concluded that the average value of the path area parameter for males is not statistically significantly different from the value of this parameter for females, and so balance of the male body is no worse than that of the female.

A similar result was obtained through analysis of the average value of the path area parameter in group 3, where no significant differences in the stability of male and female bodies were found either.

DISCUSSION

The significant increase in the number of people with body balance control disorders has become one of the major problems faced by contemporary medicine, therefore the choice of an appropriate method for assessment of balance system efficiency is gaining increasingly greater importance.

Posturography is the fastest developing method for assessment of the balance system [11,12]. Its main objective is to assess the degree of COP sway in the stan-

pie III odnotowano średnią korelację ($r= 0,58$), gdzie średnia odchylenie w płaszczyźnie AP widocznie oddziałuje na ten parametr w płaszczyźnie LATERAL.

We wszystkich grupach odnotowano dodatnią korelację, tzn. zwiększeniu wartości parametru average deviation (średnia odchylenie) towarzyszyło zwiększenie wartości average speed (średnia prędkość) w obu płaszczyznach.

Dodatnią korelację we wszystkich grupach wiekowych również zauważono porównując wartości średnie prędkości w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. Oznacza to, że zwiększeniu prędkości wychwiał środka ciężkości w AP, towarzyszy także zwiększenie prędkości oscylacji ciała w LATERAL.

W analizie statystycznej przeprowadzonej pomiędzy parametrami path area a avg.q. speed, zaobserwowano bardzo mocną zależność dla grup I i III oraz średnią dla grupy II, co oznacza, że powierzchnia figury, powstałej w wyniku połączenia liniami skrajnych punktów statokinesiogramu silnie koreluje z szybkością średniokwadratową.

Wyniki analiz statystycznych w poszczególnych grupach wiekowych z podziałem na płeć

Analizę statystyczną przeprowadzono odwołując się do średniej wartości parametru path area. Rozpoczęto od sprawdzenia czy rozkład wartości zbadanych był normalny, wykorzystując w tym celu test W Shapiro-Wilka. Ponieważ zmienna nie miała rozkładu normalnego, dalsze obliczenia wykonano posilkując się testem U Manana-Whitneya.

Z analiz przeprowadzonych w grupie I wywnioskowano, że średnia wartość parametru path area dla mężczyzn jest istotnie statystycznie różna od średniej wartości tego parametru dla kobiet. Możemy zatem stwierdzić, że na poziomie istotności $p<0,05$, stabilność ciała u mężczyzn jest mniejsza od stabilności ciała u kobiet w tej grupie.

Takiej samej analizie statystycznej poddano grupę II. W wyniku obliczeń stwierdzono, że średnia wartość parametru path area dla mężczyzn nie jest istotnie statystycznie różna od wartości tego parametru dla kobiet, a więc równowaga ciała mężczyzn nie jest gorsza w porównaniu do równowagi ciała kobiet.

Podobny wynik otrzymano analizując średnią wartość parametru path area w grupie III, gdzie również nie znaleziono znaczących różnic w stabilności ciała kobiet i mężczyzn.

DYSKUSJA

Znaczący wzrost liczby osób z zaburzeniami kontroli równowagi stał się jednym z głównych problemów współczesnej medycyny, dlatego też wybór odpowiedniej metody oceny sprawności układu równowagi nabiera coraz większego znaczenia.

Posturografia to najszybciej rozwijająca się metoda badania systemu równowagi [11,12]. Jej głównym zadaniem jest ocena stopnia wychyleń środka nacisku stóp

ding position, which in static conditions is a projection of the general COG of the body onto the support plane [2,13]. It permits determination of the degree of disorders, planning and control of treatment, as well as assessment of therapy effects [14].

This research was aimed at analysing the differences in values of particular posturographic parameters in groups of examined people divided according to their age and gender.

Clinical specimens comprised 120 people between 2 and 90 years of age, including 69 women and 51 men. The examined persons were divided into three age groups. The first group consisted of people aged between 2 and 19; the second comprised people of ages between 21 and 43, and the third, those aged over 61. During the first years of their life, children undergo intensive development, learning – at the beginning with great effort – to take their first steps. The body balance regulation process is shaped and perfected for a few years, before finally becoming automatic. Posture quality depends on the level of training and personal development [15,16,17]. The balance system is ultimately shaped only between the 12th and 18th year [18]. For this reason, a better solution would be to narrow the age range in the first group, as was done by Austad et al [19] and Forsberg and Nashner [20], who divided examined patients into age groups, including children with, respectively, one or two years of age difference in a given group.

The examined were asked to stand at ease on a platform for 30 seconds, allowing their arms to hang loose along their trunk, and with opened eyes. Examined persons stood on the posturographic platform for 30 seconds. Signal reading frequency was 100 Hz. The research conducted by Onell [21] and Wolff et al [22] also lasted 30 seconds, but with a frequency of 50 Hz. Samples made by Syczewska et al [18] lasted 60 seconds with frequency of 60 Hz, though further analysis took into account only the middle 30 seconds of the entire examination time. The duration of the examinations on the platforms varies greatly and, what is more, in some cases of further analysis, researchers do not take into account the first or the last few seconds of the examination [23,24,25]. Considerable variability in the protocols of the tests so far conducted may pose problems in comparison of particular research results.

Detection of the first symptoms of instability is very difficult both for doctors and patients [26,27], which calls for establishment of an appropriate algorithm of conduct. The measuring platforms are equipment commonly applied for assessment of balance system stability, and, according to some authors, the results of posturographic tests and selected stabilogram parameters are an objective and sensitive tool in assessment of balance disorders [28], stabilography itself being considered an objective method for assessment of the vestibulospinal system [29,30]. Measurement of COP signal dispersion is a credible measure of stability in the standing position:

(COP- ang. *center of foot pressure*) w pozycji stojącej, który w warunkach statycznych jest rzutem ogólnego środka ciężkości ciała na płaszczyznę podparcia [2,13]. Pozwala obiektywnie określić wielkość zaburzeń, zaplanować i kontrolować leczenie oraz ocenić efekty terapii [14].

Celem pracy była analiza różnic wartości poszczególnych parametrów posturograficznych w grupach osób badanych podzielonych ze względu na wiek i płeć.

Materiał kliniczny stanowiło 120 badanych między 2 a 90 rokiem życia, w tym 69 kobiet i 51 mężczyzn. Badanych podzielono na trzy grupy wiekowe. Pierwsza grupa to osoby w wieku 2 do 19 lat, drugą grupę stanowiły osoby od 21 do 43 lat, natomiast trzecia grupa składała się z osób powyżej 61 roku życia. Dzieci w pierwszych latach swojego życia intensywnie się rozwijają, uczą się – początkowo z wielkim trudem – stawiać pierwsze kroki. Proces regulacji równowagi ciała jest kształtowany i doskonalony przez kilka lat, po czym następuje jego automatyzacja. Jakość postawy uzależniona jest od poziomu wytrenowania i rozwoju osobniczego [15,16,17]. Ostateczne ukształtowanie układu równowagi obserwuje się dopiero między 12 a 18 rokiem życia [18]. Z tego względu lepszym rozwiązaniem wydaje się zawężenie przedziału wiekowego w grupie pierwszej, jak to uczynili np. Austad H. z współpracownikami [19] czy Forsberg H. i Nashner L.M. [20] dzieląc badanych na grupy wiekowe, w których znalazły się dzieci z różnicą odpowiednio jednego czy dwóch lat w danej grupie.

Badani mieli za zadanie stać swobodnie na platformie przez 30 sekund z ramionami zwieszonymi wzdłuż tułowia i otwartymi oczyma. Badany stał na platformie posturograficznej przez 30 sekund z częstotliwością odczytu sygnałów 100 Hz. Badania przeprowadzane przez Onell A. [21] czy Wolff D. R. z współpracownikami [22] również trwały 30 sekund, ale częstotliwość wynosiła 50 Hz. Próby zrealizowane przez Syczewską M. z wsp. [18] trwały 60 sekund z częstotliwością 60 Hz, lecz do dalszych analiz wzięto pod uwagę tylko środkowe 30 sekund z całego czasu trwania badania. Czas badania na platformach jest niezwykle różnorodny, jednocześnie można się spotkać ze zjawiskiem, gdzie do dalszych analiz nie bierze się pod uwagę kilku sekund początkowych czy ostatnich przeprowadzonego badania [23,24,25]. Duża różnorodność protokołów przeprowadzanych testów może powodować problemy w porównaniu poszczególnych wyników badań.

Wykrycie pierwszych symptomów niestabilności jest bardzo trudne tak dla lekarzy jak i pacjentów [26,27], z tego powodu potrzebne jest stworzenie odpowiedniego algorytmu postępowania. Platformy są powszechnie stosowaną aparaturą do oceny stabilności układu równowagi, a według niektórych autorów wyniki testów posturograficznych i wybrane parametry statokinezyjogramu są obiektywnym i czułym miernikiem oceny zaburzeń równowagi [28], a stabilografia postrzegana jest jako obiektywna metoda do oceny systemu przedsionkowo-rdzeniowego [29,30]. Miary rozrzutu sygnału COP są wiarygod-

its increase means a decrease in stability, and, in turn, its decrease implies an improvement in it [3,5].

Analysis of the research results in each age group confirms that the best values were attained by the group of people aged between 21 and 43 years old, which corresponds with the results of the research carried out by other researchers [31]. This is not a great surprise, as people aged 19 or more possess a fully developed balance system, and several years of practice in maintaining stable body posture under various conditions.

The worst values were attained by the youngest persons, which confirms the view voiced by many researchers that body stability improves with age [19,22,31,33,34]. Young children have major problems with balance due to the different anatomic proportions of their bodies. The reason for this is mainly the proportion of the head to the body, the head being larger than in adults, as well as the higher position of the body COG, located around the twelfth thoracic vertebra. This combination of a short body and a higher location of the COG causes many difficulties in maintaining proper posture [35]. It is also worth adding that the upright position is something new and difficult for young children; something they will still be learning to handle for a few years to come [17].

Slightly worse parameter values than those attained by middle-aged people were attained by group 3, the group of people aged over 61, which is confirmed by most researchers, pointing to the deteriorating COP measurements (i.e. their increase) caused by aging. Causes mentioned by these researchers include: deterioration of the precision of the stimuli identification process (perception and decoding), a slowing-down of stimuli processing and integration, and slowing-down of the decision-making process regarding activation of appropriate motor synergies [36]. Many sources also point to the fact that advanced age does not have such a great impact on deterioration of stability in healthy people [37]. Physical slowing-down does not necessarily have to be caused mainly by problems with the balance system, but rather by the compulsion to adapt personal locomotion to a stiffer, aging body [23]. Hirasawa et al [38] claim that people aged between 65 and 74 years have almost the same COG sway indicators as young people, and are capable of similar social activity.

The analysis conducted of values of particular parameters in age groups by gender division shows a lack of differences in groups 2 and 3, yet significant differences were found in the group of the youngest. Seeking differences in body stability between the genders is a subject of inquiry among many researchers, since even the research carried out in groups of people of the same age present conflicting results, some researchers finding certain differences, others finding none [32].

nymi miarami stabilności pozycji stojącej: ich wzrost oznacza ubytek stabilności, ich spadek świadczy o jej poprawie [3,5].

Analiza wyników badań w poszczególnych grupach wiekowych potwierdza, że najlepsze wartości parametrów uzyskała grupa osób między 21 a 43 rokiem życia co jest zbliżone z wynikami badań innych autorów [31]. Nie jest to wielkim zaskoczeniem, ponieważ osoby powyżej 19. roku życia mają w pełni wykształcony system równowagi, a także kilkanaście lat praktyki w utrzymywaniu stabilnej postawy ciała w różnych sytuacjach życiowych.

Najgorsze wartości uzyskały osoby najmłodsze, a potwierdza to pogląd prezentowany przez wielu autorów o poprawie stabilności ciała wraz z wiekiem [19, 22, 31,33,34]. Małe dzieci mają większy problem z równowagą z powodu innych stosunków anatomicznych panujących w ich ciele. Głównie chodzi tu o stosunkowo większą głowę w porównaniu do proporcji jaka występuje u osób dorosłych, a także o wyżej położony środek ciężkości ciała, który znajduje się około dwunastego kręgu piersiowego. Takie połączenie krótkiego ciała i wyżej położonego COG powoduje trudności w utrzymaniu prawidłowej postawy [35]. Należy także dodać, że postawa pionowa jest dla nich czymś nowym i zarazem bardzo trudnym, czego będą się uczyć przez kilka kolejnych lat [17].

Nieco gorsze wartości parametrów w porównaniu do badanych w wieku średnim uzyskała grupa trzecia, w której znalazły się osoby powyżej 61 roku życia. Potwierdzają to obserwacje większości autorów wskazujących na pogarszanie się miar COP (ich wzrost) w wyniku starzenia się. Wśród przyczyn wymieniają: pogarszanie się z wiekiem dokładności procesu identyfikacji bodźców (percepcji i dekodowania), zmniejszanie szybkości ich przetwarzania i integracji, oraz spowalnianie procesu decyzyjnego powoływania odpowiednich synergii motorycznych [36]. Zarazem szeroka literatura zwraca uwagę na fakt, że zaawansowany wiek nie ma aż tak wielkiego wpływu na pogorszenie stabilności u osób zdrowych [37]. Główną przyczyną spowolnienia ruchowego wcale nie muszą być problemy z systemem równowagi, a raczej przymus dostosowania własnej lokomocji do sztywniejszego, starzejącego się ciała [23]. Hirasawa K. z wsp. [38] twierdzi, że osoby w wieku między 65 a 74 mają prawie takie same wskaźniki wychwiania środka ciężkości jak osoby młode, a także mogą przejawiać zbliżoną aktywność społeczną.

Przeprowadzona analiza wartości poszczególnych parametrów w grupach wiekowych z podziałem na płeć wskazuje na brak różnic w grupie drugiej i trzeciej. Natomiast znaczące różnice zaobserwowano w grupie osób najmłodszych. Szukanie różnic w stabilności ciała osób pod względem płci jest tematem dociekań wielu autorów, ponieważ nawet badania przeprowadzane na grupach osób w tym samym wieku prezentują sprzeczne wyniki, gdzie jedni autorzy twierdzą, że różnice są, natomiast inni nie doszukali się żadnych [32].

In the research presented in this paper, significant differences were perceived in the group of children, where lower values of the parameters were attained by girls. The same results were obtained, among others, by Usui et al [33] and Holm et al [39]. Hirabayashi and Iwasaki [40] claimed that this phenomenon is caused by hyperactivity among boys; this factor, they argue, is responsible for a slowing-down of the balance system maturation process.

Analysis of the results of parameter values of the statokinesiogram did not show any differences among the examined individuals from the second group, while the differences in the third group were insignificant. Having examined people at the age of above and below 75 years, Demura et al [41] did not find any differences according to gender in any of the parameters. The statistics show that most fall induced fractures are recorded in elderly women, which would point to worse stability in this group [34,42]. It is explained that this phenomenon is caused by significant osteoporosis occurring to women after the menopause [43], a general fear of falling, and the smaller number of muscles of the lower limbs as opposed to men [44].

CONCLUSIONS

1. The highest values of each parameter were attained by the youngest group. This fact points to the least stable posture in this group of all the examined, probably caused by their incompletely developed balance system. The best parameter values were attained by the group of people between 21 and 43 years old.
2. Gender has an impact on the balance of the erect posture, yet only in group I, in which females are characterised by lower COG sway values than males.

W prezentowanych tutaj badaniach znaczące różnice zaobserwowano w grupie dzieci, gdzie mniejsze wartości parametrów uzyskały dziewczynki. Takie same wyniki osiągnęli między innymi Usui i N. i wsp. [33] i Holm I. i wsp. [39]. Hirabayashi S. i Iwasaki Y. [40] upatrywali się przyczyn tego zjawiska w hyperaktywności chłopców, która to miała być czynnikiem odpowiedzialnym za spowolnienie u nich procesu dojrzewania systemu kontroli równowagi.

Analiza wyników wartości parametrów statokinezyogramu nie ukazała żadnych różnic u badanych z grupy drugiej, natomiast w grupie trzeciej były to różnice nieznaczące. Demura S. z współpracownikami [41] badając osoby powyżej i poniżej 75. roku życia, również nie odnalazł żadnych różnic ze względu na płeć w żadnym z parametrów. Statystyki donoszą, że najczęściej złamań spowodowanych upadkami notuje się u starszych kobiet, co sugerowałoby gorszą stabilność tej grupy osób [34,42]. Przyczyny tego zjawiska tłumaczy się znaczną osteoporozą pojawiającą się u kobiet po menopauzie [43], lękiem przed upadkiem, a także mniejszą siłą mięśni kończyn dolnych w porównaniu do mężczyzn [44].

WNIOSKI

1. Największe wartości poszczególnych parametrów uzyskała grupa osób najmłodszych. Fakt ten wskazuje na najmniej stabilną postawę w tej grupie osób badanych, najprawdopodobniej spowodowany nie w pełni rozwiniętym układem równowagi. Najlepsze wartości parametrów uzyskała grupa osób między 21 a 43 rokiem życia.
2. Płeć ma wpływ na równowagę postawy stojącej ale tylko w grupie I, gdzie kobiety cechują się mniejszymi wartościami wychwiał środka ciężkości ciała w porównaniu do mężczyzn.

References/Piśmiennictwo:

1. Błaszczyk JW. *Biomechanika kliniczna. Podręcznik dla studentów medycyny i fizjoterapii*. Wyd Lek PZWL, Warszawa 2004.
2. Szczepek E, Czerwos L. *Badanie posturograficzne i komputerowa analiza chodu w systemie Computer Dyno Graphy jako nieinwazyjne metody oceny zaawansowania wodogłowa normotensyjnego*. *Neurol Neurochir Pol* 2008;42(2):139-52.
3. Krebs DE, Gill-Body KM. *Relationship between standing posture and stability*. *Phys Ther* 1998;78(5):502-17.
4. Held-Ziółkowska M. *Równowaga statyczna i dynamiczna ciała*. *Mag Otolaryngol* 2006;V(2): 1-4.
5. Błaszczyk JW, Czerwos L. *Stabilność w procesie starzenia się*. *Gerontol Pol* 2005;13(1): 25-36.
6. Sokółowska-Pituchowa J. *Anatomia człowieka*. P Z W L, Warszawa 1988.
7. Morris R. *Predicting falls in older women*. *Menopause Int* 2007;13(4):170-77.
8. Skalska A, Żak M. *Upadki – ocena ryzyka, postępowanie prewencyjne*. *Stand Med* 2007;4: 156-63.
9. Ociekiewicz T, Skalska A. *Badanie równowagi przy użyciu platformy balansowej – ocena powtarzalności metody*. *Gerontol Pol* 2006;14(3):144-48.
10. Gołębiowska J, Pacelt B. *Metoda oceny stanu stóp człowieka-podometria elektroniczna*. *Wych Fiz Zdr* 2003;50:10-18.
11. Mraz M, Curzytek M. *Body balance in patients with systemic vertigo after rehabilitation exercise*. *J Physiol Pharmacol* 2007;58(5):427-36.
12. Bauer Ch, Rupprecht R. *Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults*. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(10):1977-82.
13. Sullivan EV, Rose J. *Postural sway reduction in aging men and women: Relation to brain structure, cognitive status, and stabilizing factors*. *Neurobiol Aging* 2009;30(5):793-807.
14. Kubiczek-Jagielska M, Tacikowska G. *Diagnostyka i leczenie zawrotów głowy*. *Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu* 2002.
15. Bączkiewicz D, Borzucka D. *Analiza parametrów stabilograficznych w postawie stojącej obunóż i w staniu na rękach*. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska* 2004;59(14): 24-28.
16. Chen L, Metcalfe JS. *The development of infant upright posture: sway less or sway differently?* *Exp Brain Res* 2008; 186(2): 293-303.
17. Bair WN, Kiemel T. *Development of multisensory reweighting for posture control in children*. *Exp Brain Res* 2007;183(4):435-46.
18. Syczewska M, Dembowska-Bagińska B. *Postural sway in children and young adults, survivors of CNS tumours*. *Adv Med Sc* 2008;53(2):256-62.
19. Austad H. *Prospective dynamic balance control in healthy children and adults*. *Exp Brain Res* 2007;181(2):289-95.
20. Forssberg H, Nashner LM. *Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance*. *J Neurosci* 1982;2(5):545-52.
21. Onell A. *The vertical ground reaction force for analysis of balance?* *Gait Posture* 2000;12(1): 7-13.
22. Wolff DR, Rose J. *Postural balance measurements for children and adolescents*. *J Orthop Res* 1998;16(2):271-75.
23. Gill J, Allum JHJ. *Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age*. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001;56(7):438-47.
24. Allum JHJ, Adkin AL. *Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of a unilateral vestibular de?cit*. *Gait Posture* 2001;14(3):227-37.
25. Charańska J, Kuczyński M. *O lepszą trafność diagnozy: czy ocena stabilności postawy stojącej zależy od czasu pomiaru?* *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*. 2005;16, 51.
26. Chaudhry H, Bukiet B. *Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods – a brief review*. *J Body Mov Ther*, 2008;15:159-62.
27. Goebel JA, Sataloff RT. *Posturographic evidence of nonorganic sway patterns in normal subjects, patients, and suspected malingerers*. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;117(4): 293-302.
28. Jagielski J, Kubiczek-Jagielska M. *Obiektywna ocena układu równowagi w badaniu posturograficznym u pacjentów z chorobą Parkinsona leczonych operacyjnie. Doniesienie wstępne*. *Neurol Neurochir Pol* 2006;40(2):127-33.
29. Evans MK, Krebs DE. *Posturography does not test vestibulospinal function*. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1999;120(2):164-73.
30. Inukai K, Koizuka I. *Comparison between stabilometry with and without head tilts in a roll plane*. *Auris Nasus Larynx* 2006;33(3):271-75.
31. Hasselkus B R, Shambes G. M. *Aging and postural sway in women*. *J Gerontol* 1975;30(6): 661-77.
32. Sellers JS. *Relationship between antigravity control and postural control in young children*. *Phys Ther* 1988;68(4):486-90.
33. Usui N, Hirasawa Y. *Development of the upright postural sway of children*. *Dev Med Child Neurol* 1995;37(11):985-96.
34. Hageman PA, Leibowitz JM. *Age and gender effects on postural control measures*. *Arch Phys Med Reh* 1995;76(10):961-65.
35. McEvoy MP, Grimmer K. *Reliability of upright posture measurements in primary school children*. *BMC Musculoskelet Disord* 2005;29(6):35.
36. Chamela-Bilińska D, Szczepańska J. *Stabilność postawy stojącej u osób z deficytem poznawczym*. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska* 2005; 50,16(50):222-25
37. Schieppati M, Tacchini E. *Subjective perception of body sway*. *J Neurol Neurosurg. Psych* 1999;66(3):313-22
38. Hirasawa K, Starkes J. *The influence of age on variability of postural sway*. *Jpn J Hum Posture* 1972;11:137-46.
39. Holm I, Vollestad N. *Significant Effect of gender on hamstring-to-quadriceps strength ratio and static balance in prepubescent children from 7 to 12 years of age*. *Am J Sports Med* 2008; 36(10):2007-13.
40. Hirabayashi S, Iwasaki Y. *Developmental perspective of sensory organization on postural control*. *Brain Dev* 1995;17(2):111-13.
41. Demura S, Kitabayashi T. *Body-sway characteristics during a static upright posture in the elderly*. *Geriatr Gerontol Int* 2008;8(3):188-97.
42. Chang JT, Morton SC. *Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials*. *BMJ* 2004;328:680.
43. Stevens JA, Olson S. *Reducing falls and resulting hip fractures among older women*. *MMWR Recomm Rep* 2000;49:3-12.
44. Demura S, Yamada T. *Age and sex differences in various stepping movements of the elderly*. *Geriatr Gerontol Int* 2008; 8(3): 180-87.