

Waldemar Kosiba <sup>1(A,B,C,D,E,F,G,H)</sup>, Justyna Drzał-Grabiec <sup>2(A,D,E)</sup>, Sławomir Snela <sup>2,3(A,D,E)</sup>

## Ocena regulacji równowagi u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym

### Evaluation of the balance regulation in patients with arterial hypertension

<sup>1</sup> I Oddział Wewnętrzny, Szpital im. S. Żeromskiego, Kraków

<sup>2</sup> Instytut Fizjoterapii, Uniwersytet Rzeszowski

<sup>3</sup> Kliniczny Oddział Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej, Szpital Wojewódzki nr 2 im. św. Jadwigi Królowej, Rzeszów

#### STRESZCZENIE

**Celem pracy** jest ocena regulacji równowagi u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym w porównaniu z osobami bez nadciśnienia i chorób współistniejących.

**Materiał i metoda:** Badano chorych z nadciśnieniem, bez chorób współistniejących mogących wpływać na układ równowagi. Grupę kontrolną stanowiły osoby bez wywiadu chorobowego, nieprzyjmujące żadnych leków. Badanie przeprowadzono na platformie stabilometrycznej. Badaniem objęto 50 osób. Wśród badanych znajdowało się 22 mężczyzn (44%) oraz 28 kobiet (56%). Średnia wieku badanych wyniosła  $57 \pm 4$  lata. Najmłodszy z badanych miał 50 lat, a najstarszy 66 lat. Mediana dla wieku wyniosła podobnie jak średnia wieku – 57 lat.

**Wyniki:** Stwierdzono istotne statystycznie zależności pomiędzy osobami z rozpoznaniem nadciśnienia tętniczego i ciśnieniem poniżej 140/90 mmHg a grupą kontrolną oraz pomiędzy osobami z rozpoznaniem nadciśnienia tętniczego i ciśnieniem powyżej 140/90 mmHg a grupą kontrolną. Nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy badanymi grupami z nadciśnieniem. Grupa z prawidłowo kontrolowanym ciśnieniem tętniczym nie różniła się istotnie

#### ABSTRACT

**The aim of this study** is the evaluation of the balance regulation in patients with arterial hypertension in comparison with people without hypertension and comorbidity.

**Material and method:** The subjects were patients with hypertension but without comorbidity that could affect the balance system. The control group consisted of people without a medical history who are not taking any medications. The study was conducted on the stabilometric platform. 50 people were the subjects of the study. There were 22 men (44%) and 28 women (56%) among the subjects. An average age of the subjects was  $57 \pm 4$  years. The youngest of the subjects was 50 and the oldest 66 year old. The median of the age was 57, similarly to an average age.

**Results:** Statistically significant relationships between the people with diagnosed arterial hypertension and blood pressure below 140/90 mmHg and the control group, and between people with diagnosed arterial hypertension and blood pressure above 140/90mmHg and the control group were noted. There were no statistically significant differences between the groups of subjects with hypertension. The group

Udział współautorów / Participation of co-authors: A. autor koncepcji i założeń pracy / author of the concept and objectives of paper; B. zbieranie materiału / collection of data; C. realizacja badań / implementation of research; D. opracowanie, analiza i interpretacja wyników / elaborate, analysis and interpretation of data; E. analiza statystyczna danych / statistical analysis; F. przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; G. opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; H. pozyskanie funduszy / obtaining funds

od grupy kontrolnej w przypadku 16 parametrów równowagi, natomiast grupa z nieprawidłowo kontrolowanym ciśnieniem nie różniła się istotnie od grupy kontrolnej jedynie w przypadku 6 parametrów.

**Wnioski:** Nadciśnienie tętnicze, szczególnie nieprawidłowo kontrolowane, którego wartości przekraczają 140/90 mmHg może zakłócać działanie układu równowagi, co często jest nieodczuwane przez chorych, a możliwe do stwierdzenia w oparciu o badanie na platformie stabilometrycznej. W rezultacie osoby te mogą być częściej narażone na powikłania zaburzeń równowagi w postaci zawrotów głowy i upadków. Wykrycie nadciśnienia tętniczego źle kontrolowanego, powinno, obok odpowiedniego leczenia farmakologicznego, u części osób być wspomagane terapią programu prewencji upadków i rehabilitacji. Osoby z precyzyjną kontrolą ciśnienia tętniczego odnoszą korzyści, nie tylko w postaci zmniejszenia ryzyka sercowo-naczyniowego, ale również utrzymania prawidłowych parametrów równowagi.

**Słowa kluczowe:** nadciśnienie, równowaga, platforma stabilometryczna.

## Wstęp

Postawę wyprostną człowieka charakteryzuje pionowe ustawienie osi ciała względem niewielkiej płaszczyzny podparcia. Traktowanie ciała człowieka jako sztywnej bryły o stałym środku ciężkości jest nieco uproszczonym modelem, w rzeczywistości znacznie bardziej skomplikowanego układu. U stojącego swobodnie człowieka środek ciężkości (ang. Centre of gravity, COG) znajduje się na poziomie drugiego kręgu krzyżowego kręgosłupa, a jego rzut na płaszczyznę podparcia (ang. Center of pressure, COP) znajduje się około 4,5–7 cm do przodu od osi stawu skokowo-goleniowego [1]. Środek ciężkości w badaniu stabilometrycznym nie pozostaje w jednym punkcie, lecz wykonuje drobne przypadkowe ruchy o amplitudzie rzędu kilkunastu milimetrów. Ponieważ występują one u wszystkich ludzi, uważa się, że są konieczne do utrzymania równowagi, a wielkość kołysania ciała zdrowych, młodych osób uważa się za optymalną [2]. Utrzymanie środka ciężkości w tym obszarze, zwanym polem podparcia, wiąże się z minimalnym wydatkiem energetycznym.

Głównym narządem sprawującym kontrolę nad stabilnością ciała człowieka jest centralny układ nerwowy, który poprzez odruchowe napięcie odpowiednich grup mięśni nazywanych mięśniami posturalnymi lub antygravitacyjnymi zapewnia pionową postawę ciała. Zmiany zachodzące w układzie mięśniowo-szkieletowym pod wpływem podwyższonego ciśnienia tętniczego, wiążą się z spadkiem mobilności, sarkopenią oraz zmianami biochemicznymi na poziomie komórkowym [9, 10]. Przewlekłe nadciśnienie tętnicze, prowadząc do remodelingu naczyń krążenia mózgowego wpływa na pogorszenie pracy mózgu [4]. We wczesnej fazie nadciśnienia tętniczego prędkość przepływu mózgowego nie różni się istotnie

of subjects with properly controlled blood pressure was not significantly different from the control group in the case of 16 balance parameters, while the group with improperly controlled blood pressure was not significantly different from the control group only in the case of 6 parameters.

**Conclusions:** Hypertension, especially improperly controlled, which values exceed 140/90mmHg may interfere with the balance system, which often is not felt by the patients, and which can be ascertained based on the study on the stabilometric platform. As a result, these individuals may be more frequently exposed to complications of balance disorders in the form of dizziness and falls. Detection of improperly controlled hypertension should - besides appropriate pharmacological treatment - in some persons be assisted with therapy program of falls prevention and rehabilitation. People with precise control of blood pressure benefit not only in terms of reduced cardiovascular risk but also in maintaining the correct balance parameters.

**Keywords:** hypertension, balance, stabilometric platform

## Introduction

Upright position of man is characterized by the vertical position of the body axis in relation to a small center of pressure. Treating the human body as a rigid structure with a fixed center of gravity is a somewhat simplified model of the system which is much more complicated in reality. In the free standing human the center of gravity (COG) is located at the level of the second sacral vertebra of the spine, and its projection on the Center of Pressure (COP) is about 4.5–7 cm forward from the axis of the talocrural joint [1]. The center of gravity in the stabilometric study does not remain at one point but performs random movements in amplitude of the order of several millimeters. As they are present in all people, it is believed that they are necessary to maintain the balance and the size of the body sway of healthy young people is considered to be optimal [2]. Keeping the center of gravity in this area, known as a area of pressure, is associated with minimal energy cost.

The main organ controlling the stability of the human body is the central nervous system, which by reflex contractions of adequate muscle groups called postural or anti-gravity muscles provides the vertical posture. Changes occurring in the musculoskeletal system under the influence of elevated blood pressure are associated with a decrease in mobility, sarcopenia and biochemical changes at the cellular level [9, 10]. Chronic arterial hypertension leads to remodeling of vessels of cerebral circulation and causes deterioration of the brain function [4]. In the early phase of arterial hypertension cerebral blood flow velocity is not significantly different from this found in healthy subjects, whereas chronic hypertension causes impairment of endothelial relaxation and changes in resting tension of cerebral vessels [5]. It is also suggested that changes in

od wartości stwierdzanych u osób zdrowych, natomiast przewlekłe nadciśnienie tętnicze powoduje zaburzenia relaksacji śródbłonna i zmiany napięcia spoczynkowego naczyń mózgowych [5]. Sugeruje się również, że zmiany hiperintensywne substancji białej mózgu (white matter hyperintensities – WMHs), stwierdzone za pomocą rezonansu magnetycznego, mogą być wynikiem uszkodzenia mózgu w przebiegu niedokrwienia wywołanego nadciśnieniem [6]. Kryza nadciśnieniowa uszkadza system ślimakowo-przedsionkowy, powodując zawroty głowy, a nawet utratę słuchu. Dodatkowo w uchu wewnętrznym wykryto receptory dla przedsionkowego peptydu natriuretycznego, który również wpływa na układ równowagi u ludzi, a którego zmiany stężenia obserwuje się w nadciśnieniu [7]. Udowodniony, uszkadzający wpływ nadciśnienie ma na narząd wzroku [8, 9]. Tak więc zakłócenia na jakimkolwiek poziomie rozbudowanego układu równowagi, wynikające z choroby nadciśnieniowej, wiążą się z pogorszeniem stabilności postawy stojącej, co powinno przekładać się na gorsze wyniki stabilogramu.

Celem pracy jest ocena regulacji równowagi u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym w porównaniu z osobami bez nadciśnienia i chorób współistniejących.

### Metodyka i badanie

Badanie niekomercyjne, porównawcze, próba otwarta. Badaniem objęto 50 osób. Wśród badanych znajdowało się 22 mężczyzn (44%) oraz 28 kobiet (56%). Średnia wieku badanych wyniosła  $57 \pm 4$  lata. Najmłodszy z badanych miał 50 lat, a najstarszy 66 lat. Mediana dla wieku wyniosła podobnie jak średnia wieku – 57 lat. Grupa badana dobrana została w tym przedziale wiekowym ze względu na brak w dostępnej literaturze badań oceniających równowagę u osób z nadciśnieniem w wieku poniżej 65 rż. Średnie ciśnienie skurczowe wyniosło dla 50 osób  $144,23 \pm 13,47$  mmHg, natomiast średnie ciśnienie rozkurczowe  $82,69 \pm 7,15$  mmHg.

Średnie wartości cholesterolu w badanej grupie wyniosły dla cholesterolu całkowitego  $5,32 \pm 1,43$  mmol/l, cholesterolu HDL  $1,48 \pm 0,47$  mmol/l, cholesterolu LDL  $2,98 \pm 0,86$  mmol/l i trójglicerydów  $1,99 \pm 3,11$  mmol/l. Poziom LDL  $< 3,5$  mmol/l miało 62% badanych. Wśród ankietowanych odnotowano jedną osobę z niedowagą, 14 badanych miało BMI w normie, 26 osób miało nadwagę, 7 osób – otyłość I stopnia oraz 2 badanych – otyłość II stopnia. BMI średnio wyniosło  $26,6 \text{ kg/m}^2 \pm \text{SD}4,31$ . W grupie badanej 36% osób pali mniej niż 20 sztuk papierosów dziennie, 6% pali powyżej 20 sztuk papierosów dziennie, a pozostałe 58% to osoby niepalące. Aż 92% badanych osób nie jest aktywnych ruchowo, czyli podejmuje jakikolwiek dodatkowy wysiłek fizyczny rzadziej niż 3 razy w tygodniu. 10 badanych (20% grupy) leczonych jest wyłącznie dietą, kolejnych 28 chorych (56% grupy) przyjmuje do 2 leków hipotensyjnych,

brain white matter hyperintensities (WMHs), detected by magnetic resonance imaging, may be the result of brain damage during hypertension-induced ischemia [6]. Hypertensive crisis damages the vestibulocochlear system causing dizziness and even loss of hearing. In addition, receptors for atrial natriuretic peptide have been detected in the inner ear. This peptide also influences the balance system in humans and changes in its concentration are observed in patients with hypertension [7]. It has been proven that hypertension has a damaging effect on the organ of vision [8, 9]. Thus, distortions at any level of the extended system of balance resulting from hypertensive disease are associated with the deterioration of standing posture stability, which should translate into worse results in stabilogram.

The aim of this paper is the evaluation of the balance regulation in patients with arterial hypertension in comparison with people without hypertension and comorbidity.

### Material and method

In this non-commercial comparative study, open trial, the subjects were 50 people. There were 22 men (44%) and 28 women (56%) among the subjects. An average age of the subjects was  $57 \pm 4$  years. The youngest of the subjects was 50 and the oldest 66 year old. The median of the age was 57 years, similarly to an average age. The study group was selected in the same age group due to the lack of balance evaluation studies on patients with hypertension in the age below 65 in available literature. Average systolic pressure in 50 people was  $144,23 \pm 13,47$  mmHg while an average diastolic pressure was  $82,69 \pm 7,15$  mmHg.

Average levels of cholesterol in the study group was  $5,32 \pm 1,43$  mmol/l for the total cholesterol,  $1,48 \pm 0,47$  mmol/l for the HDL cholesterol,  $2,98 \pm 0,86$  mmol/l for the LDL cholesterol and  $1,99 \pm 3,11$  mmol/l for triglycerides. 62% of the subjects had LDL at the level of  $< 3,5$  mmol/l. In the studied group one person was underweight, 14 subjects had normal BMI, 26 people were overweight, 7 people had class-I obesity and 2 had class-II obesity. An average BMI was  $26,6 \text{ kg/m}^2 \pm \text{SD}4,31$ . In the study group 36% of people smoke less than 20 cigarettes a day, 6% smoke more than 20 cigarettes a day and the remaining 58% are non-smokers. As many as 92% of the subjects are not physically active, that is they undertake additional physical effort or exercise less than 3 times a week. 10 subjects (20% of the group) are treated solely with diet, further 28 patients (56% of the group) take to 2 antihypertensive drugs and the remaining 12 subjects (24% of the group) take, for instance, 3 antihypertensive drugs.

The criteria for inclusion in the study was arterial hypertension diagnosed according to the criteria of the Polish Society of Arterial Hypertension (Polskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego – PTNT) and lack of

a pozostałych 12 badanych (24% grupy) przyjmuje np. 3 leki hipotensyjne.

Kryterium włączenia do badania było nadciśnienie tętnicze rozpoznane wg kryteriów Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego (PTNT) oraz brak chorób współistniejących mogących wpływać na układ równowagi. Kryteria wyłączenia, to: wtórne nadciśnienie tętnicze, różnica ciśnienia powyżej 20 mmHg na obu ramionach (konieczność wykluczenia choroby tętnic), samoistne upadki (powyżej 1) w wywiadzie, zaburzenia chodu, problemy z utrzymaniem pionowej postawy ciała, choroby układu sercowo-naczyniowego poza nadciśnieniem tętniczym (np. zaburzenia rytmu, niewydolność serca, udar mózgu, choroby naczyń obwodowych), cukrzyca, choroby z pogranicza układu nerwowego i mięśniowego, zaawansowane choroby układu ruchu uniemożliwiające sprawne poruszanie się, hipotonia ortostatyczna, upośledzenie umysłowe, polifarmakoterapia, tj. więcej niż 4 leki (z wyłączeniem leków p/nadciśnieniowych) lub leki psychotropowe, leki p/bólowe dostępne bez recepty zażywane częściej niż 2x w tygodniu, ciąża.

Grupa kontrolna to 50 osób (24 mężczyźni i 26 kobiet) w wieku 50–64 lata. Średni wiek w tej grupie wyniósł 56,6 lat. Były to osoby uznawane za zdrowe, czyli bez chorób przewlekłych w wywiadzie, bez nałogów, z BMI w przedziale 18,5–25 kg/m<sup>2</sup>, z prawidłowym ciśnieniem kontrolowanym przed badaniem na platformie stabilometrycznej.

Przed włączeniem do badania dokonywano pomiaru ciśnienia tętniczego (CTK) na obu ramionach sfigmomanometrem sprężynowym techniką osłuchową lub za pomocą aparatów automatycznych. Pomiar przeprowadzano wg kryteriów ustalonych przez Polskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego, na wystandaryzowanych urządzeniach. Do oceny statystycznej brano średnią z dwóch pomiarów CTK wykonywanych na obu ramionach, bezpośrednio przed badaniem na platformie. Do badania włączano pacjentów z rozpoznaną chorobą nadciśnieniową, leczonych lub nie, bez związku z uzyskiwanymi wartościami CTK w chwili badania. Przed badaniem na platformie stabilometrycznej oceniano pacjenta, wykorzystując zadania ze skali Berga oraz próbę Romberga. Równowagę na platformie oceniano tylko u osób, które uzyskały maksymalną liczbę punktów w skali Berga oraz ujemny wynik w próbie Romberga. Badanie równowagi przeprowadzono na platformie stabilometrycznej CQ Stab2P w wersji dwuplatformowej firmy CQ Elektronik System. Łączny czas badania wynosił 1 minutę. Były to 2 testy po 30 sekund: jeden przy oczach otwartych, drugi przy zamkniętych, w takiej samej pozycji badanego, tj. w postawie stojącej z kończynami górnymi opuszczonymi swobodnie wzdłuż ciała. Ustawienie stóp na platformie było zgodne z wymogami instrukcji działania sprzętu. Obydwa pomiary wykonywane były przez lekarza specjalistę w chorobach wewnętrznych.

W ankiecie umieszczano ostatnie dostępne z dokumentacji wyniki lipidogramu, które były wykonane

comorbidity that may affect the balance system. The exclusion criteria are: secondary arterial hypertension, the pressure difference above 20 mmHg on both arms (need to exclude the arterial disease), idiopathic falls (above 1) in medical history, abnormal gait, difficulty maintaining upright posture, cardiovascular diseases other than hypertension (e.g., arrhythmia, heart failure, stroke, peripheral vascular disease), diabetes, borderline nervous and muscular systems, advanced locomotor system diseases that prevent the smooth movement, orthostatic hypotension, mental retardation, polypharmacy, i.e. more than 4 drugs (excluding antihypertensive drugs) or psychotropic drugs, analgesics taken more than 2 times a week, pregnancy.

The control group is 50 people (24 men and 26 women) aged 50–64 years. The average age in this group was 56.6. These persons were considered healthy, that is, without a history of chronic diseases, no dependencies, with a BMI in range of 18.5–25 kg/m<sup>2</sup>, with normal pressure controlled before the test on the stabilometric platform.

Before entering the study, blood pressure measurement (CTK) was conducted on both arms using aneroid sphygmomanometer auscultatory technique or by automatic apparatus. The measurement was conducted according to criteria set by the Polish Society of Arterial Hypertension, on standardized devices. For statistical evaluation, the average was taken of the two CTK measurements performed on both arms, immediately before testing on the platform. Patients with a diagnosed hypertensive disease – treated or not – with no relation to the CTK values obtained at the time of the study were included in the study. Before testing on the stabilometric platform the patient was evaluated using the tasks from the Berg Balance Scale and the Romberg's test. The balance on the platform was evaluated only in patients who received the maximum number of points on the Berg Balance Scale and a negative result in a Romberg's test. The balance study was carried out on the CQ Stab2P stabilometric platform in the double-platform version made by CQ Elektronik System company. The total test time was 1 minute. There were 2 tests, 30 seconds each: one with eyes open, the other with closed, in the same position of the subject, i.e., in the standing position with the upper limbs hanging freely along the body. Feet position on the platform was in accordance with the requirements of the manual of the equipment operation. A specialist in internal medicine performed both measurements.

The last lipid profile results available in documentation and performed on the subjects were placed in the questionnaire. The information about the medication, smoking and frequency of physical exercise was obtained from the questionnaire. Height and weight of the body were measured before the test.

The parameters analyzed in the study:

- SP – the length of the way traveled by the projection of the center of pressure (COP) on the ground

u osób badanych. Z ankiety uzyskiwano również informacje o zażywanych lekach, paleniu tytoniu i częstotliwości wysiłku fizycznego. Wysokość i masa ciała były mierzone przed badaniem.

Parametry analizowane w badaniu:

- SP – długość drogi, jaką przebywa rzut środka ciężkości ciała na podłoże (COP)
- MA – średnie wychylenie (amplituda) COP w płaszczyźnie X i Y.
- MV – prędkość średnia podczas przemieszczenia COP.
- LW – liczba wychyleń COP.
- TR – czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm
- wyniki otrzymane w testach przeprowadzonych z otwartymi (EO) i zamkniętymi oczami (EC), prawej (P) i lewej (L) platformy oraz liczone osobno w płaszczyźnie strzałkowej (oś Y – anterior-posterior – AP) i w płaszczyźnie czołowej (oś X – medio-lateralis – ML).

Do analizy statystycznej zebranych danych wykorzystano test ANOVA Kruskala-Wallisa, sprawdzający różnice występujące w więcej niż 2 grupach w przypadku zmiennych niezależnych. Na wybór testu nieparametrycznego zdecydowano się ze względu na niespełnienie założenia testów parametrycznych dla zmiennych niezależnych o zgodności rozkładów wszystkich badanych zmiennych z rozkładem normalnym. Zgodność rozkładów z rozkładem normalnym zweryfikowano testem W Shapiro-Wilka. W przypadku, gdy stwierdzono występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy trzema grupami dla kolejnych parametrów, dokonano analizy testem post-hoc. Do porównania wyników pomiędzy każdą z trzech grup z osobna (każda grupa z każdą: I z II, I z III i II z III) wykorzystano test porównań wielokrotnych. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ .

## Wyniki

Osoby badane podzielono na dwie grupy w zależności od uzyskanego średniego skurczowego ciśnienia tętniczego. Uwzględniono granice przyjęte przez Polskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego: poniżej 140/90 mmHg – ciśnienie wysokie prawidłowe lub dobrze kontrolowane na lekach hipotensyjnych (grupa I: 22 osoby); równe lub powyżej 140 mmHg – nadciśnienie tętnicze stopnia I–III lub źle kontrolowane lekami (grupa II: 28 osób). Podział ze względu na ciśnienie rozkurczowe odpowiadał wyodrębnionym grupom i nie wpływał na migrację między grupami. Trzecią grupę stanowiła grupa kontrolna: 50 osób.

Testem post-hoc stwierdzono istotne statystycznie zależności pomiędzy grupą I a grupą kontrolną oraz pomiędzy grupą II a grupą kontrolną. Nie odnotowano natomiast istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami I i II. Grupa I (ciśnienie skurczowe poniżej 140 mmHg) nie różniła się istotnie od grupy kontrolnej w przypadku

- MA – medium deflection (amplitude) of the COP in the X and Y plane.
- MV – medium velocity during the movement of the COP.
- LW – number of deflections of the COP.
- TR – time spent by the COP in the circle with 5mm in diameter
- Results obtained in the tests conducted on subjects with eyes open (EO) and eyes closed (EC), on the right (P) and left (L) platform and counted separately in the sagittal plane (Y axis – anterior-posterior – AP) and in the coronal plane (X axis – medio-lateral – ML).
- The Kruskal-Wallis one-way analysis of variance (ANOVA) has been used for statistical analysis of the collected data. This test checks the differences in more than two groups in the case of independent variables. The choice of a non-parametric test has been made due to the failure to meet the assumptions of parametric tests for independent variables of the compliance of distributions of all studied variables with normal distribution. Compliance of distributions with normal distribution has been verified using the Shapiro-Wilk test. In the case where the occurrence of significant differences among the three groups has been noted for subsequent parameters, the post-hoc analysis has been conducted. To compare the results between each of the three groups separately (each group with each: I with II, I with III and II with III) the multiple comparisons test has been used. The level of statistical significance has been set at  $p < 0.05$ .

## Results

The subjects have been divided into two groups depending on the obtained average systolic blood pressure. The following boundaries adopted by the Polish Society of Arterial Hypertension have been taken into account: less than 140/90 mmHg – high normal or well controlled with antihypertensive drugs blood pressure (group I: 22 people); equal to or over 140 mmHg – arterial hypertension stage I–III or poorly controlled with drugs (group II: 28 people). The division according to diastolic blood pressure has been corresponding with the separated groups and has not affected the migration between groups. The third group has been a control group of 50 people.

By means of the post-hoc test statistically significant relationships between group I and the control group and between group II and the control group have been found. Nevertheless, no statistically significant differences between groups I and II have been noted. Group I (systolic blood pressure less than 140 mmHg) has not been significantly different from the control group in the case of 16 balance parameters, while group II (systolic blood pressure 140 mmHg and above) has not differed

16 parametrów równowagi, natomiast grupa II (ciśnienie skurczowe 140 mmHg i powyżej) nie różniła się istotnie od grupy kontrolnej jedynie w przypadku 6 parametrów, wypadła zatem gorzej w porównaniu do grupy I.

Prawidłowe parametry równowagi odnotowano w grupie kontrolnej. Wyższe wartości dla parametrów stabilogramu uzyskano wśród badanych osób w teście z zamkniętymi oczami we wszystkich badanych grupach. Długość przebytej drogi (SP) przez COP była najkrótsza w grupie kontrolnej, potem w grupie I i najdłuższa w grupie II, zarówno w teście z oczami otwartymi, jak i zamkniętymi. Wartości w milimetrach wyniosły przy oczach otwartych:  $123,82 \pm 10,46$ ;  $195,77 \pm 60,17$  i  $211,57 \pm 53,96$  [mm], a przy oczach zamkniętych odpowiednio:  $152,62 \pm 33,57$ ;  $309,95 \pm 168,52$  i  $319,07 \pm 156,96$  [mm]. Podobnie przedstawiają się wyniki w oparciu o średnią amplitudę COP. Dla średniej prędkości (MV) poruszania się COP największe wartości tego parametru odnotowano w grupie II, potem I i kontrolnej niezależnie od płaszczyzny badania. Wyniki w mm/s wyniosły dla testu z oczami otwartymi:  $7,05 \pm 1,80$ ;  $6,53 \pm 2,00$  i  $4,13 \pm 0,35$ . Średnia prędkość COP w kierunku boczno-przyśrodkowym w teście z oczami zamkniętymi najgorzej wypadła w grupie II:  $20,8 \pm 88,85$  [mm/s], a uzyskane wyniki najlepsze były w grupie kontrolnej:  $2,35 \pm 0,39$  mm/s. W teście z oczami otwartymi maksymalne wychylenia COP bez względu na płaszczyznę badania (AP/ML) najgorzej wypadły w grupie II odpowiednio:  $10,07 \pm 5,57$  [mm] i  $6,92 \pm 7,53$  [mm], natomiast w teście z oczami zamkniętymi znacznie gorsze wyniki w tej grupie zanotowano w kierunku boczno-przyśrodkowym. Największą liczbę wychyleń COP w teście z oczami otwartymi stwierdzono w grupie II, a bardziej stabilną postawę ciała, w oparciu o ten parametr, prezentowały badane osoby w płaszczyźnie strzałkowej. W teście z oczami zamkniętymi liczba wychyleń COP mniejsza była z kolei w płaszczyźnie czołowej. COP najdłużej przebywał w polu o średnicy 5mm dla EO i EC w grupie kontrolnej:  $95,62 \pm 7,1$  i  $89,55 \pm 19,37$  [%], następnie w grupie I:  $87,9 \pm 12,96$  i  $82,06 \pm 19,1$  [%], a najkrócej w grupie II:  $77,87 \pm 22,4$  i  $74,37 \pm 22,98$  [%]. Wartości długości ścieżki, maksymalnych wychyleń i średniej prędkości COP ograniczone do płaszczyzny strzałkowej badania w teście z oczami zamkniętymi lepiej wypadły w grupie II niż I, jednak znacznie gorzej od grupy kontrolnej. Przewaga grupy II względem I nie osiągnęła istotności statystycznej. Nie stwierdzono również znaczącej asymetrii w wynikach na korzyść jednego kierunku wychwiania.

Większa liczba parametrów równowagi uzyskanych podczas badania na platformie korelowała ze skurczowym ciśnieniem tętniczym niż ciśnieniem rozkurczowym. Wzrost wartości skurczowego ciśnienia tętniczego najsilniej korelował z pogorszeniem wartości stabilogramu dla parametrów SPML, MVML dla testu z oczami otwartymi, podobne wyniki uzyskano dla tych parametrów

significantly from the control group only in the case of 6 parameters and therefore it performed worse in comparison to group I.

Proper balance parameters have been observed in the control group. Higher values for the stabilogram parameters have been obtained in the test with closed eyes among the subjects in all study groups. Both in the test with eyes open and with eyes closed the length of the way traveled (SP) by the COP was the shortest in the control group, then in the group I and the longest length has been observed in group II. The values in millimeters with open eyes have been:  $123.82 \pm 10.46$ ;  $195.77 \pm 60.17$  and  $211.57 \pm 53.96$  [mm] while with eyes closed, respectively:  $152.62 \pm 33.57$ ;  $309.95 \pm 168.52$  and  $319.07 \pm 156.96$  [mm]. The results based on the average COP amplitude are similar. For medium velocity (MV) of the COP movement the highest values of this parameter have been observed in group II than in group I and the control group independently from the plane of the test. Results in mm/s for the test with eyes open have been as follows:  $7.05 \pm 1.80$ ;  $6.53 \pm 2.00$  and  $4.13 \pm 0.35$ . The medium velocity of the COP in the medio-lateral direction in the test with eyes closed has been the worst in group II:  $20.8 \pm 88.85$  [mm/s] and the best results have been obtained in the control group:  $2.35 \pm 0.39$  mm/s. In the test with eyes open maximum deflections of the COP regardless of the test plane (AP/ML) have been the worst in group II, respectively:  $10.07 \pm 5.57$  [mm] and  $6.92 \pm 7.53$  [mm], while in the test with eyes closed significantly worse results in this group have been observed in the medio-lateral direction. The greatest number of deflections of the COP in the test with eyes open has been observed in group II, and a more stable posture, based on this parameter, has been presented by the subjects tested in the sagittal plane. However, in the test with eyes closed, the number of deflections of the COP has been lower in the coronal plane. The COP spent the longest time in the field with a diameter of 5mm for EO and EC in the control group:  $95.62 \pm 7.1$  and  $89.55 \pm 19.37$  [%], followed by group I:  $87.9 \pm 12.96$  and  $82,06 \pm 19.1$  [%] and the shortest time in group II:  $77.87 \pm 22.4$  and  $74.37 \pm 22.98$  [%]. The values of the path length, maximum deflections and medium velocity of the COP limited to the sagittal plane of the study in the test with eyes closed have been better in group II than in group I, however, significantly worse than in the control group. The advantage of group II over group I has not reached statistical significance. Also, there has not been any significant asymmetry in the results in favor of one direction of sways.

A larger number of balance parameters obtained during the test on the platform has correlated with systolic blood pressure rather than diastolic blood pressure. The increase in systolic blood pressure has most strongly correlated with the deterioration of stabilogram values for the SPML and MVML parameters for the test

Tab. 1. Korelacja parametrów stabilometrycznych uzyskanych podczas badania na platformie z poziomem ciśnienia tętniczego w teście rang Spearmana. Gwiazdką (\*) zaznaczono wyniki istotne statystycznie  $p > 0,05$ .

Tab. 1. Correlation of stabilometric parameters obtained during the test on the platform depending on the level of blood pressure in the Spearman rang test. \* results are statistically significant  $p > 0,05$ .

Zmienna Variable	Ciśnienie skurczowe Systolic blood pressure			Ciśnienie rozkurczowe Diastolic blood pressure		
	R	t(N-2)	p	R	t(N-2)	p
SP-EO [mm]	0,4*	2,66*	0,0106*	-0,0	-0,02	0,9837
SPML-EO [mm]	0,5*	4,05*	0,0002*	0,3*	2,27*	0,0278*
MA-EO [mm]	0,3*	2,02*	0,0487*	0,1	0,92	0,3631
MAML-EO [mm]	0,3*	2,02*	0,0489*	0,1	0,77	0,4428
MaxAP-EO [mm]	0,3*	2,03*	0,0476*	0,2	1,05	0,2981
MV-EO [mm/s]	0,4*	2,61*	0,0120*	-0,0	-0,02	0,9873
MVML-EO [mm/s]	0,5*	3,99*	0,0002*	0,3*	2,33*	0,0238*
SA-EO [mm <sup>2</sup> ]	0,3*	2,58*	0,0129*	0,1	0,84	0,4051
TR-EO R=5mm [%]	-0,3*	-2,15*	0,0367*	-0,1	-0,91	0,3687
SA-EO-L [mm <sup>2</sup> ]	0,4*	2,70*	0,0095*	0,2	1,41	0,1647
SPSA-EO-L [1/dmm]	-0,4*	-2,82*	0,0070*	-0,4*	-2,61*	0,0120*
SP-EC [mm]	0,3*	2,03*	0,0480*	-0,0	-0,01	0,9910
SPML-EC [mm]	0,4*	3,19*	0,0025*	0,1	0,95	0,3444
MA-EC [mm]	0,3*	2,10*	0,0413*	0,1	1,02	0,3105
MAML-EC [mm]	0,3*	2,40*	0,0204*	0,1	0,77	0,4424
MaxML-EC [mm]	0,3*	2,44*	0,0185*	0,1	1,01	0,3180
MV-EC [mm/s]	0,3*	2,02*	0,0489*	-0,0	-0,01	0,9956
MVML-EC [mm/s]	0,4*	3,24*	0,0022*	0,1	0,92	0,3633
SA-EC [mm <sup>2</sup> ]	0,3*	2,37*	0,0217*	0,1	0,81	0,4193
SPSA-EC [1/dmm]	-0,3*	-2,05*	0,0461*	-0,2	-1,29	0,2042
LWAP-EC	-0,1	-0,93	0,3587	-0,3*	-2,12*	0,0396*

i ciśnienia rozkurczowego, jednak korelacja była nieco słabsza. Wraz ze wzrostem ciśnienia skurczowego skracał się czas przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm w teście z oczami otwartymi oraz malał parametr SPSA w obu testach. Tę samą zależność zaobserwowano dla ciśnienia rozkurczowego, jednak tylko dla parametru SPSA-EO. Im większe ciśnienie skurczowe uzyskiwały badane osoby, tym gorsze wyniki osiągały na platformie dla testu z oczami otwartymi dla SP, SPML, MV, MVML, SA-L, a w teście z oczami zamkniętymi dla SP, SPML, MA, MaxML, MV, SA. LWAP-EC wartość malała wraz ze wzrostem ciśnienia rozkurczowego, nie odnotowano korelacji tego parametru z ciśnieniem skurczowym.

## Dyskusja

W ocenie kontroli równowagi ciała, w oparciu o analizę stabilograficzną, przyjmuje się, że wzrost wartości parametrów amplitudowych świadczy o mniejszej stabilności. Parametry stabilogramu, które mają najlepiej udowodniony związek z pogorszeniem równowagi, to: długość ścieżki (SP), średnia prędkość (MV) i średnia amplituda (MA) środka nacisku stóp [11]. Niektórzy autorzy zwracają uwagę, że dopiero połączenie dwóch parametrów MV z maxML najlepiej ocenia osoby z zaburzeniami równowagi lub zdrowe [12]. Inni badacze

with eyes open. Similar results have been obtained for these parameters and diastolic blood pressure, but the correlation has been slightly weaker. With the increase in systolic blood pressure the residence time of the COP in a circle with 5-mm radius has been reduced for the test with eyes open and the SPSA parameter has decreased in both tests. The same relationship has been observed for diastolic blood pressure, but only for the SPSA-EO parameter. The higher systolic blood pressure the test subjects have had, the worse results they have achieved on the platform for the test with eyes open for SP, SPML, MV, MVML, and for SP, SPML, MA, MaxML, MV, SA for the test with eyes closed. The LWAP-EC value has been decreasing with the increase of diastolic blood pressure. No correlation of this parameter with systolic blood pressure has been observed.

## Discussion

It is assumed in the evaluation of the body balance control based on the stabilographic analysis that the increase in the values of the amplitude parameters indicates less stability. Stabilogram parameters whose link with the deterioration of balance is best-proven are: path length (SP), medium velocity (MV) and medium amplitude (MA) of the center of feet pressure [11]. Some authors point out that only a combination of two MV parameters with maxML can

wzrost parametrów amplitudowych stabilogramu łączą ze zwiększonym ryzykiem upadków [13–15].

Wyniki badań własnych wskazują, że w oparciu o uzyskane parametry przemieszczania się COP, najgorzej wypadła grupa II, która w badaniu miała najwyższe wartości CTKsk. Osoby z rozpoznaniem nadciśnieniem, ale dobrze kontrolowanym, osiągnęły w większości lepsze wyniki niż grupa II, jednak różnice pomiędzy tymi grupami nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej. Najsprawniejszą kontrolę pozycji stojącej, w oparciu o badanie na platformie stabilometrycznej, uzyskano w grupie kontrolnej u osób bez nadciśnienia tętniczego.

Największe wartości SP, MV i MA uzyskano w grupie pacjentów ze źle kontrolowanym nadciśnieniem tętniczym. Podobne parametry u innych badaczy wiązały się z gorszą stabilizacją ciała. Kitabayashi i wsp., porównując równowagę osób młodych, starszych zdrowych i cierpiących na zaburzenia równowagi, wykazali wzrost wartości parametrów SP w obu płaszczyznach i MV w płaszczyźnie ML u młodych osób przez starsze do chorych [16]. Podobnie w naszym badaniu, parametr SP mierzony w obu płaszczyznach najlepszy był w grupie osób bez nadciśnienia, potem u osób z dobrze kontrolowanym ciśnieniem, a największe wartości zanotowano u chorych z podwyższonym ciśnieniem tętniczym pomimo leczenia. W ostatniej grupie również w teście z oczami zamkniętymi COP przebył najdłuższą drogę w płaszczyźnie czołowej, a najlepszą kontrolę równowagi w tej płaszczyźnie uzyskały osoby bez nadciśnienia.

U osób starszych wzrasta wyraźnie niestabilność w pozycji pionowej, szczególnie w płaszczyźnie czołowej ruchu w porównaniu z osobami młodymi, a pogorszenie kontroli równowagi jest różne w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. Wydaje się, że badane osoby z niekontrolowanym wysokim CTKsk najprawdopodobniej nie uświadamiają sobie problemu podwyższonej niestabilności w tej płaszczyźnie ruchu, podobnie jak osoby starsze. Analogiczne spostrzeżenia prezentują inni badacze, którzy na podstawie przeprowadzonych badań wnioskują, że pomiary w płaszczyźnie czołowej są lepszym wskaźnikiem zaburzeń równowagi niż w płaszczyźnie strzałkowej, a parametr amplitudy COP w kierunku boczno-pośrodkowym może być czynnikiem prognostycznym upadków w przyszłości [17, 18].

W literaturze znaleźć można doniesienia o parametrze maksymalnych wychyleń w kierunku pośrodkowo-bocznym (maxML) w odniesieniu do osób starszych bez wyszczególnienia chorób współistniejących. Zazwyczaj osoby w starszym wieku przejawiają znaczną niebezpieczność ruchu przy próbach maksymalnego wychylenia się w dowolnym kierunku, szczególnie do tyłu [19]. Obniżenie granicy tylnej stabilności u osób w starszym wieku powoduje przemieszczenie środka ciężkości do przodu w stosunku do jego normalnego położenia [20]. U osób w wieku podeszłym, u których naturalny przebieg

evaluate people with impaired balance and those who are healthy in the best way [12]. Other researchers see the link between the increase of stabilogram amplitude parameters and the increased risk of falls [13–15].

The findings of our own research indicate that on the basis of the obtained parameters of movement of the COP the worst results have been obtained by group II, which in the study has had the highest values of CTKsk. Most people with diagnosed but well controlled hypertension achieved better results than group II, but the differences between the two groups did not reach the level of statistical significance. The most efficient control of standing position, based on a study on the stabilometric platform, has been obtained in the control group in patients without arterial hypertension.

The highest values of SP, MV and MA have been obtained in patients with improperly controlled arterial hypertension. Similar parameters obtained by other researchers have been associated with poorer stabilization of the body. Kitabayashi et al comparing the balance of young people, the healthy elderly and the balance of those suffering from balance disorders have showed an increase in the values of SP parameters in both planes and of MV in the ML plane in young people, the elderly and the sick [16]. Similarly, in our study the SP parameter measured in both planes has been the best in the group without hypertension, then in patients with well-controlled pressure while the highest values have been observed in patients with elevated blood pressure despite treatment. In the latter group, also in the test with eyes closed the COP travelled the longest way in the coronal plane and the persons without hypertension have obtained the best control of balance in this plane.

The instability in the vertical position increases significantly in the elderly, particularly in the coronal plane of motion, in comparison with young people, and the deterioration of balance control is different in the sagittal and coronal planes. It seems that the test subjects with uncontrolled high CTKsk, most probably, similarly to the elderly, do not realize the problem of increased instability in this plane of motion. Analogous observations have been made by other researchers, who on the basis of conducted studies conclude that the measurements in the coronal plane are a better indicator of balance disorders than those in the sagittal plane, and the COP amplitude parameter toward the medio-lateral direction can be a predictor of falls in the future [17, 18].

In the literature one can find the reports on maximum deflection parameter in the medio-lateral direction (maxML) in older persons without specifying comorbidities. Usually, older people exhibit considerable ataxia trying to achieve maximum deflection in any direction, especially to the back [19]. Decrease of the back limit of stability in older age causes the center of gravity to shift forward in relation to its normal position [20]. In the elderly in whom



starzenia łączy się z epizodem choroby, nałożenie tych dwóch procesów powoduje znaczne ograniczenia związane z pogorszeniem funkcjonowania poszczególnych układów fizjologicznych [21]. Można więc wnioskować, że dodatkowe czynniki zakłócające równowagę, jak nadciśnienie, nakładające się na zmiany w układzie równowagi wynikające z jego starzenia, ujawniają się w badaniach na platformie stabilometrycznej pogorszeniem wartości parametrów równowagi w płaszczyźnie czołowej. W naszym badaniu w teście z oczami otwartymi parametry maksymalnych wychyleń COP największe były w grupie chorych z nadciśnieniem w obu płaszczyznach, a przy oczach zamkniętych najgorsze wyniki uzyskano właśnie w płaszczyźnie czołowej.

W badaniach Abate i wsp. z udziałem osób starszych z nadciśnieniem nie stwierdzono różnic pomiędzy osobami chorymi a zdrowymi, pomimo częściej zgłaszanych skarg na zaburzenia równowagi w grupie osób z nadciśnieniem. Również w tym badaniu przebyta droga COP w kierunku ML lepiej różnicowała grupy badane niż w kierunku AP [22]. Wpływ wysiłku fizycznego na parametry równowagi ciała przedstawił Buzuttii i wsp. W ich badaniach większa powierzchnia zakreślona przez COP w obu płaszczyznach była odwrotnie proporcjonalna do aktywności fizycznej wśród osób badanych [23].

W naszym badaniu 92% osób badanych nie ćwiczyło regularnie, a wartość powierzchni COP rosła wraz z gorszą kontrolą nadciśnienia tętniczego. Efektywna kontrola ciśnienia tętniczego przekłada się na bardziej prawidłowe parametry stabilogramu. Badania NATPOL czy WOBASZ wskazują jednak, że pomimo usilnych starań, m.in. lekarzy rodzinnych, internistów i kardiologów udaje się to w Polsce jedynie u 26% chorych [24].

Duże prędkości wychwiał [MV] świadczą o znacznych przemieszczeniach COP. Na podstawie tych wyników oraz czasu przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm można wnioskować czy osoby badane charakteryzuje spokojna czy też niepewna kontrola równowagi ciała w pozycji stojącej. Grupa kontrolna i osoby z dobrze kontrolowanym ciśnieniem w naszym badaniu prezentują mniejsze wartości parametru MV, szczególnie w kierunku ML, jak również mniejszą całkowitą liczbę wychyleń COP podczas badania na platformie stabilometrycznej, prezentując tym samym stabilniejszą postawę. Wzrost ciśnienia skurczowego korelował z krótszym czasem przebywania COP w okręgu o promieniu 5 mm oraz pogorszeniem parametrów SP i MV w teście z oczami otwartymi oraz SP, MV, MA dla testu z oczami zamkniętymi. Nadciśnienie tętnicze poprzez zaburzenia przepływu krwi może negatywnie oddziaływać na funkcjonowanie centralnego układu nerwowego, w tym mózdzku. Podwyższone ciśnienie tętnicze uszkadza również system ślimakowo-przedsionkowy, powodując zawroty głowy, a dodatkowo w uchu wewnętrznym wykryto receptory dla przedsionkowego peptydu natriuretycznego, którego

the natural course of ageing is combined with an episode of illness the coexistence of these two processes results in significant limitations associated with the deterioration of the functioning of various physiological systems [21]. One can, therefore, conclude that additional factors disordering the balance, such as hypertension, and coexisting with the changes in the balance system which result from its ageing become revealed in the studies on the stabilometric platform as deterioration of the values of balance parameters in the coronal plane. In our study in the test with eyes open the COP maximum deflection parameters have been the greatest in patients with hypertension, in both planes, while with eyes closed the worst results have been obtained in the coronal plane.

In the studies conducted by Abate et al involving older people with hypertension no difference between sick and healthy individuals has been noted, despite the often reported complaints about balance disorders in the group of patients with hypertension. Also in this study, the distance traveled by COP in the ML direction better differentiates the test groups than in the AP direction [22]. Effects of physical exercise on body balance parameters have been presented by Buzuttii et al. In their study a larger area covered by the COP in both planes was inversely proportional to physical activity among subjects [23].

In our study 92% of respondents have not exercised regularly and the value of the COP surface increased with poorer control of arterial hypertension. Effective control of blood pressure results in more correct parameters of stabilogram. NATPOL or WOBASZ studies indicate, however, that despite the best efforts of, among others, family physicians, internists and cardiologists this is achieved only in 26% of patients in Poland [24].

The high speeds of sways [MV] indicate significant displacements of the COP. On the basis of these results and the time of residence of the COP in a circle with a radius of 5 mm it can be concluded whether the subjects are characterized by calm or by uncertain control of balance in a standing position. In our study the control group and those with well controlled pressure present lower values of the MV parameter, especially in the ML direction, as well as a smaller total number of the COP deflections during the test on the stabilometric platform, thus presenting a more stable posture. Increase in systolic blood pressure has been correlated with a shorter residence time of the COP in a circle with a radius of 5 mm and a deterioration of the SP and MV parameters in the test with eyes open and the SP, MV, MA parameters for the test with eyes closed. Through the disturbances of the blood flow, hypertension can negatively affect the functioning of the central nervous system including the cerebellum. High blood pressure damages also the vestibulocochlear system causing dizziness. Additionally, receptors for atrial natriuretic peptide whose concentration changes are observed in – especially poorly controlled – hypertension have been

zmiany stężenia obserwuje się w nadciśnieniu, szczególnie źle kontrolowanym.

Wartość przeprowadzonych badań ogranicza niewielka grupa przebadanych pacjentów oraz brak możliwości wykluczenia wpływu leków na parametry stabilogramu. Wśród przyjmowanych w badanej grupie leków są m.in.: blokery enzymu rozkładającego angiotensynę i statyny, dla których udowodniono plejotropowe działanie na organizm ludzki [25, 26]. Nie można również wykluczyć wpływu nadwagi na uzyskane wyniki. W naszym badaniu średnia wartość BMI wyniosła 26,6 kg/m<sup>2</sup>. Łącznie 70% badanych miała nieprawidłową masę ciała, nie odnotowano jednak BMI powyżej 40 kg/m<sup>2</sup>, silnie korelującego z zaburzeniami równowagi [27, 28]. Zastanawiające jest czy wraz z poprawą kontroli CTK w grupie II parametry równowagi ulegną poprawie. Wymaga to jednak kontynuacji badań.

## Wnioski

1. Nadciśnienie tętnicze, szczególnie nieprawidłowo kontrolowane, którego wartości przekraczają 140/90 mmHg może zakłócać działanie układu równowagi, co często jest nieodczuwane przez chorych, a możliwe do stwierdzenia w oparciu o badanie na platformie stabilometrycznej. W rezultacie osoby te mogą być częściej narażone na powikłania zaburzeń równowagi w postaci zawrotów głowy i upadków.
2. Wykrycie nadciśnienia tętniczego źle kontrolowanego, powinno obok odpowiedniego leczenia farmakologicznego być wspomaganie terapią programu prewencji upadków i rehabilitacji.
3. Osoby z prawidłową kontrolą ciśnienia tętniczego odnoszą korzyści, nie tylko w postaci zmniejszenia ryzyka sercowo-naczyniowego, ale również utrzymania prawidłowych parametrów równowagi.

detected in the inner ear.

The value of the study is limited by the small group of patients studied and the lack of possibility to exclude the impact of medications on the stabilogram parameters. Among the drugs taken in the study group are: angiotensin-converting-enzyme inhibitors and statins whose pleiotropic effects on the human body have been proven [25, 26]. What is more, the impact of obesity on the obtained results cannot be excluded. The mean BMI in our study has been 26.6 kg/m<sup>2</sup>. In total, although 70% of respondents have had an abnormal body weight, neither of them has had a BMI above 40 kg/m<sup>2</sup>, which strongly correlates with impaired balance [27, 28]. An interesting question is whether with the improvement of the CTK control in group II balance parameters will be improved as well. However, this requires further study.

## Conclusions

1. Arterial hypertension, especially improperly controlled, whose values exceed 140/90 mmHg may interfere with the functioning of balance system, which is often not felt by the patients and can be ascertained based on a study on the stabilometric platform. As a result, these individuals may be more frequently exposed to complications of balance disorders in the form of dizziness and falls.
2. Detection of poorly controlled arterial hypertension, should be – besides proper pharmacological treatment – supported with a program of falls prevention and rehabilitation therapy.
3. Persons with proper blood pressure control benefit not only in terms of reducing the risk of cardiovascular diseases but also in terms of maintaining correct balance parameters.

## Piśmiennictwo / References

1. Błaszczak J. Biomechanika kliniczna. PZWL Warszawa, 2004; 192-234.
2. Rogers MW, Wardman DL, Lord SR, Fitzpatrick RC. Passive tactile sensory input improves stability during standing. *Exp Brain Res* 2001; 136: 514-522.
3. Kerkhoff AC, Moreira LB, Fuchs FD et al. Association between hypertension and musculoskeletal complaints: a population-based study. *J Hypertens* 2012; 30(11): 2112-7.
4. Ronquist G, Soussi B, Frithz G et al. Disturbed energy balance in skeletal muscle of patients with untreated primary hypertension. *J Intern Med* 1995; 238(2): 167-74.
5. Rizzoni D, De Ciuceis C, Porteri E et al. Altered structure of small cerebral arteries in patients with essential hypertension. *J Hypertens* 2009; 27: 838-845.
6. Zhang P, Huang Y, Li Y et al. A large-scale study on relationship between cerebral blood flow velocity and blood pressure in a natural population. *J Hum Hypertens* 2006; 20: 742-748.
7. Franch O, Calandre L, Álvarez-Linera J et al. High Blood Pressure Accelerates Gait Slowing in Well-Functioning Older Adults over 18-Years of Follow-Up. *J Am Geriatr Soc* 2011; 59:390-397.
8. Borghi C, Modugno GC, Brandolini C, Pirodda A. Is there a role for atrial peptides in the labyrinthine “disease”? *Med Hypotheses* 2006; 66:1188-1190.
9. Ong SY, Cheung CY, Li X et al. Visual impairment, age-related eye diseases, and cognitive function: the Singapore Malay Eye study. *Arch Ophthalmol* 2012; 130(7): 895-900.
10. Bhargava M, Ikram MK, Wong TY. How does hypertension affect your eyes? *J Hum Hypertens* 2012; 26: 71-83.
11. Dmitruk K i wsp. Wielkość parametrów posturograficznych w procesie utrzymywania równowagi u tancerzy. *Fizjoter Pol* 2004; 4(1), 47-51.
12. Condrón JE, Hill KD. Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of

- age, balance impairment, and cognitive task. *JAGS* 2002; 50: 157-162.
13. Pasquier R, Blanc Y, Sinnreich M et al. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *NeurophysClin* 2003; 33: 213-218.
  14. Krysiak R, Okopień B. Pleiotropic effects of angiotensin-converting enzyme inhibitors in normotensive patients with coronary artery disease. *Pharmacol Rep* 2008; 60(4): 514-23
  15. Robinson JG, Smith B, Maheshwari N, Schrott H. Pleiotropic effects of statins: benefit beyond cholesterol reduction? A meta-regression analysis. *J Am CollCardiol* 2005; 46(10): 1855-62
  16. Kitabayashi T, Demura S, Kawabata H et al. Comparison of the body-sway characteristics of young adults compared to healthy elderly and elderly with equilibrium disorder. *Percept Mot Skills* 2011; 113(2): 547-56
  17. Baloh RW et al. A prospective Study of Posturography in Normal Older People. *JAm GeriatrSoc* 1998; 46:438-443.
  18. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol* 1994; 49: 72-84.
  19. Błaszczyk JW, Prince F, Raicie M, Hébert R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. *J Biomech* 2000; 33: 1243-1248.
  20. Tinetti ME et al. Risk factor for falls among elderly person: living in the community. *NewEngl J Med* 1998; 319(26): 1701-1707.
  21. Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Post* 2005; 21: 48-58.
  22. Abate M, Di Iorio A, Pini B et al. Effects of hypertension on balance assessed by computerized posturography in the elderly. *Arch GerontolGeriatr* 2009; 49(1):113-7.
  23. Buzutti I, Bomfim C, Ribeiro BG et al. Analysis of the static balance of elderly with different levels of physical activity. *GaitPost* 2012; 36(1): S56-S57.
  24. Zdrojewski T. Rozpowszechnienie i kontrola nadciśnienia tętniczego w Polsce – porównanie z wybranymi krajami w Europie i na świecie. W: Więcek A, Januszewicz A, Szczepańska-Sadowska E, Prejbisz A, red.: *Hipertensiologia: patogeneza, diagnostyka i leczenie nadciśnienia tętniczego*. Medycyna Praktyczna Kraków 2011.
  25. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people – a review. *Gerontol* 2006; 52(1):1-16.
  26. Riley PO, Benda BJ, Gill-Body KM et al. Phase plane analysis of stability in quiet standing. *J Rehabil Res Dev* 1995; 32: 227-235
  27. Błaszczyk JW, Cieślinska-Świder J, Plewa M et al. Effects of excessive body weight on postural control. *J Biomech* 2009; 42(9):1295-1300
  28. Teasdale N, Hue O, Marcotte J et al. Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *Int J Obes* 2007; 31: 153-160

**Adres do korespondencji / Mailing address:**

Waldemar Kosiba

ul. Cystersów 8/4, 31-553 Kraków

e-mail: waldemarkosiba@gmail.com

tel.: 502538582