

Tomasz Ocetkiewicz, Anna Skalska, Tomasz Grodzicki

Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum w Krakowie

# Badanie równowagi przy użyciu platformy balansowej — ocena powtarzalności metody

## *Balance estimation by using the computer balance platform: repeatability of the measurements*

### Abstract

**Background.** The aim of this study was to assess a repeatability of measurement of the center of feet pressure movement during standing as a method of balance estimation using the computer balance platform.

**Materials and methods.** 60 participants, aged 17–88, mean  $40.17 \pm 21.3$  were examined on the computer stable balance platform. During quiet standing on the platform the parameters of the center of feet pressure (COP) movement were measured, both with open and closed eyes. After 4–5 days, every subject performed the same test and the results were compared using Pearson's correlation and Bland-Altman analysis.

**Results.** The correlation coefficients ( $r$ ) obtained from correlation of parameters of COP movement are shown in the table. The Bland-Altman analysis showed that only the maximal lateral sway was not repeatable.

**Conclusions.** The repeatability of the most measurements of center of feet pressure movement examined on the computer balance platform were good, what was shown in Pearson's correlation and Bland-Altman analysis. In Bland-Altman analysis only the measurement of MaxLS was not repeatable. Excellent repeatability of measurements of COP indicate that the examination on computer balance platform is a good method of balance estimation.

**key words:** balance estimation, sway, computer balance platform, repeatability

### Wstęp

Utrzymywanie równowagi, zarówno statycznej, jak i dynamicznej (zwłaszcza w czasie ruchu), zależy od prawidłowego funkcjonowania systemu kontroli postawy utrzymującego rzut środka ciężkości ciała (COP, center of feet pressure) w obrębie pola podparcia [1] oraz zdolnego przeciwdziałać zewnętrznym siłom mogącym destabilizować postawę [2]. W tym złożonym systemie sprzężenia zwrotnego istotną rolę odgrywają ośrodkowe przetwarzanie i koordynacja napływających z obwodu informacji wzrokowych, z przedsionkowego narządu

równowagi i proprioceptorów skóry, mięśni i ścięgien. Efektem ich integracji jest dyspozycja wysyłana przez ośrodkowy układ nerwowy do układu mięśniowo-szkieletowego, której celem jest korekcja środka ciężkości przez zmianę położenia ciała [3]. Z wiekiem obserwuje się upośledzenie sprawności wszystkich elementów układu kontroli postawy — ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego, narządów zmysłów i układu mięśniowo-szkieletowego — co przyczynia się do pogorszenia stabilności postawy u osób w podeszłym wieku [4]. Wiele innych czynników może pogarszać zdolność utrzymywania równowagi. Należą do nich: współistniejące choroby i stosowane leki, osłabienie siły mięśniowej, ból, zmęczenie, depresja, lęk [5–10], a także czynniki środowiskowe — rodzaj podłoża (miękkie, nierówne), ruch otoczenia, bodźce słuchowe, wzrokowe lub czuciowe [11–14].

Adres do korespondencji:  
dr med. Anna Skalska  
Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii  
Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum  
ul. Śniadeckich 10, 31–531 Kraków  
e-mail: anskal@su.krakow.pl

W czasie spokojnego stania obserwuje się pewien zakres odchylenia ciała człowieka od pionu i to kołysanie uważa się za wskaźnik sprawności układu kontroli utrzymywania równowagi. Ponieważ występuje u wszystkich ludzi, uważa się, że jest ono konieczne, a wielkość kołysania ciała młodych, zdrowych osób uważa się za optymalną [11]. Kołysanie podczas utrzymywania pozycji pionowej nasila się, kiedy napływ któregoś z bodźców z obwodu zostaje przerwany [12]. Zwiększa się również po 60 roku życia jako wyraz postępującego upośledzenia układu kontroli postawy [1, 12, 15]. Jest ono wówczas silnym, niezależnym czynnikiem ryzyka upadków i związanych z nimi urazów [11].

Nasilenie kołysania w pozycji stojącej można ocenić, stosując pomiar parametrów ruchu środka nacisku stóp rejestrowanych przez komputerową platformę balansową [11, 12, 14, 15]. Odzwierciedla on zmiany kierunku sił nacisku wywieranych przez stopy na powierzchnię platformy równowagi w czasie spokojnego stania. Ze względu na łatwość pomiaru wskaźników kołysania w czasie spokojnego stania służą one do oceny układu kontroli postawy, wykrywania zaburzeń równowagi i ryzyka upadków [12], a także monitorowania wpływu rehabilitacji posturalnej na zdolność kontroli postawy.

Celem pracy była ocena powtarzalności pomiarów różnych parametrów ruchu środka nacisku stóp, odzwierciedlających wielkość kołysania ciała, przy użyciu komputerowej platformy balansowej jako metody badania zdolności utrzymania równowagi.

### **Materiał i metody**

Badaniem objęto 60 osób, 42 kobiety i 18 mężczyzn, z których 34 stanowiły grupę osób młodych i zdrowych, a 26 zrekrutowano spośród pacjentów hospitalizowanych z powodu choroby niedokrwiennej serca, nadciśnienia tętniczego, cukrzycy lub przewlekłej obturacyjnej choroby płuc, będących w stabilnym okresie choroby. Wszystkie badane osoby poruszały się samodzielnie i były zdolne do utrzymywania pozycji stojącej.

Test równowagi wykonywano na platformie balansowej Cosmogamma produkcji włoskiej, składającej się z platformy dynamometrycznej i kompatybilnego komputera PC IBM AT z oprogramowaniem do pozyskiwania i przetwarzania testów diagnostycznych. Badanie wykonywano po 5-minutowym odpoczynku w pozycji siedzącej. Pacjenta prosiło o przyjęcie swobodnej pozycji stojącej na platformie, z kończynami górnymi ułożonymi wzdłuż ciała. Bosa stopy ustawiano równolegle, z zachowaniem odległo-

ści 7 cm, mierzonej od głowy I kości śródstopia do linii środkowej platformy, a kostki boczne znajdowały się na linii prostopadłej do linii dzielącej platformę na połowy, przebiegającej 14 cm od tylnego brzegu platformy.

Wykonywano kolejno 2 pomiary, każdy trwał 30 sekund; pierwszy przy otwartych oczach, z możliwością kontrolowania przez badanego położenia środka nacisku stóp na ekranie monitora, i drugi w tej samej pozycji ciała z oczami zamkniętymi (badanie I). U każdej osoby test równowagi powtarzano po upływie 4–5 dni (badanie II), o tej samej porze dnia, pomiędzy godziną 10.00 a 12.00, zachowując te same warunki badania, jak opisano powyżej.

Oceniano powtarzalność pomiarów 8 różnych parametrów ruchu środka nacisku stóp:

1. Długość ścieżki, czyli całkowitą drogę, którą przebył środek nacisku stóp badanego w ciągu 30 s, wyrażoną w mm —  $L_{COP}$  (*length COP*);
2. Średnią prędkość, z jaką poruszał się środek nacisku stóp podczas badania, wyrażoną w mm/s —  $V_{COP}$  (*velocity COP*);
3. Średnie wychylenie środka nacisku stóp od punktu 0, będącego wyliczonym geometrycznym środkiem ciężkości badanego w kierunku bocznym, wyrażone w mm —  $MLS_{COP}$  (*medium lateral sway COP*);
4. Średnie wychylenie środka nacisku stóp od punktu 0 w kierunku przednio-tylnym wyrażone w mm —  $MAPS_{COP}$  (*medium antero-posterior sway COP*);
5. Procent czasu przebywania COP w okręgu o średnicy 25 mm —  $T_{COP}$  (*time COP*);
6. Pole powierzchni zajmowanej przez wykres drogi COP wykreślonej w czasie badania —  $F_{COP}$  (*field COP*);
7. Maksymalne wychylenie COP od punktu 0 w kierunku bocznym w mm —  $MaxLS_{COP}$  (*maximal lateral sway COP*);
8. Maksymalne wychylenie COP od punktu 0 w kierunku przednio-tylnym w mm —  $MaxAPS_{COP}$  (*maximal antero-posterior sway COP*).

### **Analiza statystyczna**

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 6,0. Wykorzystano elementy statystyki opisowej — wartości średnie i odchylenia standardowe. Powtarzalność wykonywanych pomiarów w badaniu I i II oceniano, stosując dwie metody: korelacją Pearsona oraz metodę zaproponowaną przez Blanda i Altmana [16].

## Wyniki

Badanie równowagi wykonano u 60 osób w wieku 17–88 lat, średnio  $40,17 \pm 21,3$  roku. Porównanie wyników uzyskanych dla każdego badanego w I i II (po 4–5 dniach) serii badania równowagi korelacją Pearsona przedstawiono w tabeli 1.

Współczynniki korelacji między wynikami poszczególnych parametrów ruchu środka nacisku stóp uzyskanymi w dwóch odrębnych badaniach przeprowadzonych u każdej osoby były wysokie. Najniższe uzyskano dla długości ścieżki COP ( $r = 0,71$ ) oraz dla procentu czasu przebywania COP w okręgu o średnicy 25 mm ( $r = 0,72$ ) (tab. 1).

Ocena za pomocą metody Blanda-Altmana wykazała dobrą powtarzalność dla wszystkich parametrów ruchu COP, z wyjątkiem maksymalnego wychylenia w kierunku bocznym (MaxLS), zarówno w teście z oczami otwartymi, jak i z zamkniętymi (ryc. 1).

## Dyskusja

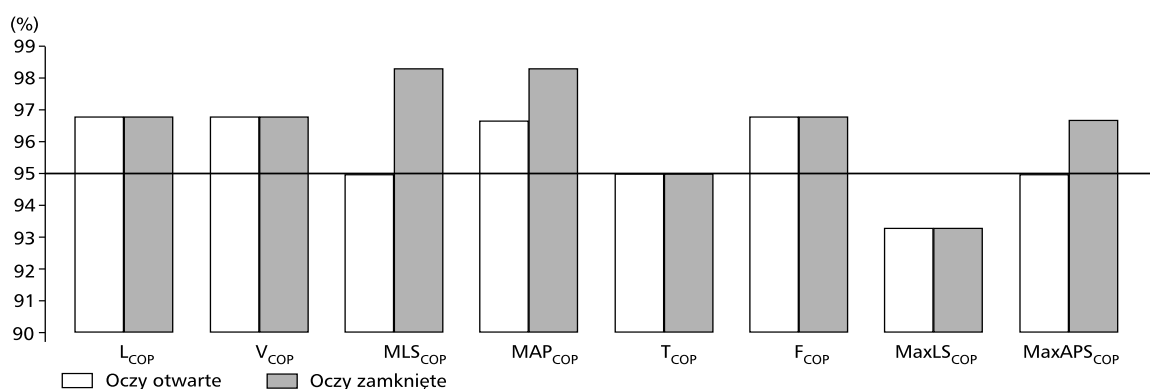
Uzyskane wyniki wykazały, że współczynniki korelacji między wynikami dwóch kolejnych pomiarów, w badaniu I i II, parametrów ruchu środka nacisku stóp były wyższe od 0,7. Najniższy wskaźnik korelacji uzyskano przy porównaniu wyników 2 kolejnych pomiarów długości ścieżki środka nacisku stóp ( $L_{COP}$ ) ( $r = 0,71$ ) oraz procentu czasu przebywania COP w okręgu o średnicy 25 mm ( $T_{COP}$ ) ( $r = 0,72$ ) w teście z oczami otwartymi. Zgodnie z zaleceniami [17] współczynniki korelacji w zakresie 0,4–0,75 wskazują na dobrą, a przekraczające wartość 0,75 — na bardzo dobrą powtarzalność pomiarów. Wyniki prezentowanego badania są podobne do wyników innych autorów, którzy wykazali umiarkowane lub wysokie współczynniki korelacji — 0,47–0,95 [18]; 0,41–0,91 [19];  $> 0,65$  [20] między wartościami parametrów ruchu COP mierzonych w czasie 2-krotnie

**Tabela 1.** Współczynniki korelacji między wynikami dwóch serii badań

**Table 1.** The correlation coefficients between of two performed measurements

Współczynnik korelacji — oczy otwarte		Współczynnik korelacji — oczy zamknięte	
$L_{COP}$	0,71		0,86
$V_{COP}$	0,96		0,89
$MLS_{COP}$	1,00		0,98
$MAPS_{COP}$	0,99		0,97
$T_{COP}$	0,72		0,85
$F_{COP}$	0,94		0,83
$MaxLS_{COP}$	0,92		0,90
$MaxAPS_{COP}$	0,88		0,88

COP (center of feet pressure) — rzut środka ciężkości ciała;  $L_{COP}$  — długość ścieżki;  $V_{COP}$  — prędkość średnia;  $MLS_{COP}$  — średnie wychylenie w kierunku bocznym;  $MAPS_{COP}$  — średnie wychylenie w kierunku przednio-tylnym;  $T_{COP}$  — procent czasu przebywania środka w okręgu 25 mm;  $F_{COP}$  — pole powierzchni zajmowanej przez wykres drogi środka;  $MaxLS_{COP}$  — maksymalne wychylenie w kierunku bocznym;  $MaxAPS_{COP}$  — maksymalne wychylenie w kierunku przednio-tylnym



**Rycina 1.** Wyniki powtarzalności pomiarów ruchu środka nacisku stóp metodą Blanda-Altmana

**Figure 1.** The results of the repeatability of the measurements in the Bland-Altman analysis

Osł rzędnych przedstawia procent wyników mieszczących się w zakresie  $\pm 2$  SD (95% przedział ufności)

(COP, center of feet pressure) — rzut środka ciężkości ciała;  $L_{COP}$  (length COP) — długość ścieżki;  $V_{COP}$  (velocity COP) — prędkość średnia;  $MLS_{COP}$  (medium lateral sway COP) — średnie wychylenie w kierunku bocznym;  $MAPS_{COP}$  (medium antero-posterior sway COP) — średnie wychylenie w kierunku przednio-tylnym;  $T_{COP}$  (time COP) — procent czasu przebywania środka w okręgu 25 mm;  $F_{COP}$  (field COP) — pole powierzchni zajmowanej;  $MaxLS$  (maximal lateral sway COP) — maksymalne wychylenie w kierunku bocznym,  $MaxAPS$  (maximal antero-posterior sway COP) — maksymalne wychylenie w kierunku przednio-tylnym

wykonywanych badań na stabilnej, komputerowej platformie balansowej.

Z kolei w analizie Blanda-Altmana niską powtarzalnością charakteryzował się pomiar maksymalnego wychylenia w kierunku bocznym ( $MaxLS_{COP}$ ) zarówno w teście z oczami otwartymi, jak i zamkniętymi [ $< 95\%$  wyników mieszczących się w zakresie  $\pm 2$  odchylenia standardowe (SD, *standard deviation*)].

Prezentowane wyniki dotyczą całej grupy objętej badaniem. Składała się ona z osób zdrowych i pacjentów z chorobami przewlekłymi. Kontrola równowagi z reguły jest mniej sprawna u osób starszych i ze współistniejącymi chorobami [3, 11]. Układ kontroli postawy charakteryzuje się dużą zdolnością kompensacji w przypadku upośledzenia funkcjonowania jednej jego składowej. Jeśli jednak funkcjonowanie większej ilości współpracujących mechanizmów ulegnie jednocześnie pogorszeniu, mogą wystąpić zaburzenia równowagi [11]. Proces starzenia powoduje pogorszenie funkcjonowania wszystkich elementów układu kontroli postawy. Upośledzeniu ulega kontrola równowagi sprawowana przez narząd wzroku i narząd przedsionkowy. Wraz z wiekiem odczuwanie dotyku i wibracji jest słabsze, a przewodnictwo nerwowe wolniejsze, przez co wydłuża się czas reakcji. Efektem starzenia się jest również pogorszenie koordynacji na poziomie ośrodkowego układu nerwowego i sprawności motorycznej [3]. Przewlekłe choroby, takie jak: nadciśnienie tętnicze, cukrzyca, niewydolność serca, neuropatie i wiele innych, nasilają efekty starzenia. Biorąc pod uwagę wpływ tych czynników na pomiary parametrów równowagi, do badania włączono chorych w różnym wieku (23,3% stanowiły osoby po 60 rż.), zarówno zdrowe, jak i z przewlekłymi schorzeniami.

Badanie równowagi wykonano w warunkach kontroli wzrokowej (z oczami otwartymi), jak i bez kontroli wzroku (test z oczami zamkniętymi), ponieważ zarówno własne obserwacje (dane niepublikowane), jak i obserwacje innych autorów pokazują, że kontrola wzrokowa pozwala na uzyskanie bardziej stabilnej postawy [7, 8, 11]. Wyłączenie wzroku zwiększa kołysanie ciała o około 20–70%, co zależy od wieku osoby badanej i metody badania [7, 8, 11].

Kontrola równowagi oraz wielkość kołysania ciała podlegają wpływom bodźców akustycznych, optycznych i czuciowych, znaczenie ma również rodzaj podłoża (twarde, miękkie) oraz stopień zmęczenia. Dlatego badania prowadzono w cichym, ciepłym pomieszczeniu, w tych samych warunkach, po odpoczynku, o tej samej porze dnia.

Również stosowane leki oraz sprawność fizyczna badanego mogą wpływać na układ kontroli postawy [3, 11]. Zarówno dane kliniczne, jak i wyniki badań wskazują, że dobra kondycja fizyczna, aktywny tryb życia, zwiększenie masy i siły mięśniowej przez wykonywanie ćwiczeń fizycznych sprzyjają lepszej kontroli postawy i zdolności utrzymywania równowagi, poprawiają percepcję bodźców, również wzrokowych, skracają czas reakcji i pozwalają na wytworzenie właściwego napięcia mięśniowego [5, 21, 22]. Natomiast, będące następstwem braku aktywności fizycznej sarkopenia, osłabienie siły mięśniowej i zmniejszenie elastyczności i zakresu ruchów w stawach, jak również inne nieprawidłowości funkcji nerwowo-mięśniowych i układu autonomicznego pogarszają zdolność kontroli równowagi [14]. Pacjenci hospitalizowani, nawet w stabilnym okresie choroby, więcej czasu spędzają w łóżku, mają mniej okazji do podejmowania aktywności fizycznej, ich kondycja fizyczna pogarsza się, dlatego reprezentują grupę osób prowadzących mało aktywny tryb życia. Ograniczenie aktywności fizycznej charakteryzuje wiele osób w starszym wieku, zwłaszcza po 70 roku życia, które większość czasu spędzają w mieszkaniach, rzadko je opuszczając. Celem włączenia do badań pacjentów hospitalizowanych z różnych przyczyn była reprezentacja osób z chorobami przewlekłymi i o mniejszej aktywności fizycznej, co może negatywnie wpływać na kontrolę równowagi.

W analizie statystycznej wykorzystano dwie różne metody oceny powtarzalności pomiarów na platformie balansowej: badanie korelacji między wynikami dwóch pomiarów dokonywanych u tej samej osoby, które z wyjątkiem  $L_{COP}$  i  $T_{COP}$  były bardzo wysokie, oraz analizę Blanda-Altmana, jako metodę dokładniejszą, pozwalającą uniknąć błędów wynikających z użycia wyłącznie współczynników korelacji, ponieważ współczynnik korelacji mierzy siłę zależności pomiędzy dwiema zmiennymi, a nie ich wzajemną zgodność [16].

### Wnioski

1. Powtarzalność większości pomiarów parametrów ruchu środka nacisku stóp wykonywanych na komputerowej platformie balansowej jest dobra, co wykazano za pomocą korelacji Pearsona i analizy Blanda-Altmana.
2. W teście Blanda-Altmana tylko pomiar maksymalnego wychylenia w kierunku bocznym nie był powtarzalny.
3. Wysoka powtarzalność wykonywanych pomiarów wskazuje, że badanie za pomocą komputerowej platformy balansowej jest dobrą metodą oceny równowagi.

**Streszczenie**

**Wstęp.** Celem pracy była ocena powtarzalności pomiarów ruchu środka nacisku stóp na pole podstawy, wykonywanych w pozycji stojącej, przy użyciu komputerowej platformy balansowej jako metody badania równowagi.

**Materiał i metody.** Przebadano 60 osób w wieku 17–88 lat, średnio  $40,17 \pm 21,3$  roku. Podczas spokojnego stania na platformie w teście z otwartymi oczami i z zamkniętymi oczami mierzono parametry ruchu środka nacisku stóp (COP) na platformę: długość ścieżki ( $L_{COP}$ ), średnią prędkość poruszania się COP ( $V_{COP}$ ), średnie i maksymalne wychylenia COP w kierunku bocznym ( $MLS_{COP}$ ,  $MaxLS_{COP}$ ) i przednio-tylnym ( $MAPS_{COP}$ ,  $MaxAPS_{COP}$ ), odsetek czasu przebywania COP w okręgu o średnicy 25 mm ( $T_{COP}$ ) i pole powierzchni zajmowanej przez wykres drogi pokonanej przez COP ( $F_{COP}$ ). To samo badanie powtarzano u każdej osoby po upływie 4–5 dni, a uzyskane wyniki porównywano przy użyciu korelacji Pearsona i testu Blanda-Altmana.

**Wyniki.** W korelacji Pearsona wykazano dobrą powtarzalność pomiarów parametrów ruchu środka nacisku stóp. W teście Blanda-Altmana tylko pomiar maksymalnego wychylenia w kierunku bocznym nie był powtarzalny.

**Wnioski.** Powtarzalność większości pomiarów parametrów ruchu środka nacisku stóp wykonywanych na komputerowej platformie balansowej jest dobra, co wykazano za pomocą korelacji Pearsona i analizy Blanda-Altmana. W teście Blanda-Altmana tylko pomiar maksymalnego wychylenia w kierunku bocznym nie był powtarzalny. Wysoka powtarzalność wykonywanych pomiarów wskazuje, że badanie za pomocą komputerowej platformy balansowej jest dobrą metodą oceny równowagi.

**słowa kluczowe:** kontrola postawy, kołysanie, platforma balansowa, powtarzalność metody

**PIŚMIENICTWO**

1. Blaszczyk J.W., Lowe D.L., Hansen P.D.: *Ranges of postural stability and their changes in the elderly*. Gait Posture 1994; 2: 11–17.
2. Hellstrom K, Lindmark B.: *Fear of falling in patients with stroke: a reliability study*. Clin. Rehabil. 1999; 13: 509–517.
3. Thornby M.A.: *Balance and fall in the frail older person. A review of the literature*. Geriatr. Rehabil. 1995; 11: 35–43.
4. Baloh R.W., Ying S.H., Jacobson K.M.: *A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people*. Arch. Neurol. 2003; 60: 835–839.
5. Dhese J.K., Bearn L.M., Miniz C. i wsp.: *Neuromuscular and psychomotor function in elderly subjects who fall and the relationship with vitamin D status*. J. Bone Miner. Res. 2002; 17: 891–897.
6. Corbeil P., Blouin JS., Begin F., Nougier V., Teasdale N.: *Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue*. Gait Posture 2003; 18: 92–100.
7. Schieppatti M., Tacchini E., Nardone A., Tarantola J., Corna S.: *Subjective perception of body sway*. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 1999; 66: 313–322.
8. Lord S.R., Menz H.B.: *Visual contributions to postural stability in older adults*. Gerontology 2000; 46: 306–310.
9. Radebold A., Cholewicki J., Polzhofer G.K., Greene H.S.: *Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain*. Spine 2001; 26: 724–730.
10. Hausdorff J.M., Herman T., Baltadjiewa R., Gurevich T., Giladi N.: *Balance and gait in older adults with systemic hypertension*. Am. J. Cardiol., 2003; 91: 643–645.
11. Rogers M.W., Wardman D.L., Lord S.R., Fitzpatrick R.C.: *Passive tactile sensory input improves stability during standing*. Exp. Brain Res. 2001; 136: 514–522.
12. Kuo A.D., Speers R.A., Peterka R.J., Horak F.B.: *Effect of altered sensory condition on multivariate descriptors of human postural sway*. Exp. Brain Res. 1994; 122: 185–195.
13. Brooke-Wavell K., Perrett L.K., Howarth P.A., Haslam R.A.: *Influence of the visual environment on the postural stability in healthy older women*. Gerontology 2002; 48: 293–297.
14. Okada S., Hirakawa K., Takada Y., Kinoshit H.: *Relationship between fear of falling and balancing ability during abrupt deceleration in aged women having similar habitual physical activities*. Eur. J. Appl. Physiol. 2001; 85: 501–506.
15. Skalska A., Ocetkiewicz T., Żak M., Grodzicki T.: *The influence of age on the parameters of the postural control measured by the computer balance platform*. New Medicine 2004; 7: 12–19.
16. Bland J.M., Altman D.G.: *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. Lancet 1986; I: 307–310.
17. Fleiss J.: *Reliability of measurements*. W: Fleiss J. (red.): *The design and analysis of clinical experiments*. New York, John Wiley & Sons 1986; 2–31.
18. Ageberg E., Roberts D., Holmström E., Friden T.: *Balance in single-limb stance in healthy subjects — reliability of testing procedure and the effect of short-duration sub-maximal cycling*. BMC Musculoskelet. Disord. 2003; 4: 14.
19. Birmingham T.B.: *Test-retest reliability of lower extremity functional in stability measures*. Clin. J. Sport Med. 2000; 10: 264–268.
20. Condron J.E., Hill K.D.: *Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment, and cognitive task*. J. Am. Geriatr. Soc. 2002; 50: 157–162.
21. Marsh A.P., Rejeski W.J., Lang W., Miller M.E., Messier S.P.: *Baseline balance and functional decline in older adults with knee pain: the observational arthritis study in seniors*. J. Am. Geriatr. Soc. 2003; 51: 331–339.
22. Gauchard G.C., Gangloff P., Jeandel C., Perrin P.P.: *Physical activity improves gaze and posture control in the elderly*. Neurosci. Res. 2003; 45: 409–417.