

WPŁYW REGULARNEJ AKTYWNOŚCI RUCHOWEJ NA SPRAWNOŚĆ UKŁADU KONTROLI POSTURALNEJ

THE INFLUENCE OF REGULAR PHYSICAL ACTIVITY ON EFFICIENCY OF POSTURAL CONTROL SYSTEM

K. Dmitruk, W. Sikorski¹, W. Adamczyk¹, P. Złomańczuk¹, T. Zegarski¹, B. Milczarek¹, A. Rakowski²,
M. Tafil-Klawe¹, G. Chęsy¹

¹Katedra Fizjologii, Collegium Medicum UMK, Bydgoszcz

²Wojewódzka Przychodnia Sportowo – Lekarska, Bydgoszcz

¹Department of Physiology, Collegium Medicum, Nicolaus Copernicus University, Bydgoszcz

²Regional Sport Medicine Center, Bydgoszcz

Streszczenie

Wstęp: Poziom zdolności utrzymywania równowagi jest wypadkową predyspozycji genetycznych, środowiskowych oraz zdolności psychicznych. Pogorszenie funkcjonowania układu kontroli stabilności występuje od piątej dekady życia. Celem pracy było zbadanie wpływu regularnej aktywności fizycznej na sprawność układu kontroli posturalnej.

Materiał i metody: Badania posturograficzne przeprowadzono na grupie 26 kobiet w wieku od 57 do 70 lat bez stwierdzonych zaburzeń neurologicznych i motorycznych. Do badań użyty został system Posturograf firmy PRO-MED, który jest systemem pomiarowym punktu COFP (ang. center of foot pressure). U kobiet wykonano standardowy zestaw testów obejmujący trzy 32-sekundowe rejestracje w badaniu przy oczach otwartych, zamkniętych oraz w teście sprzężenia zwrotnego przed przystąpieniem do ćwiczeń. Ćwiczenia ruchowe prowadzone były przez okres trzech miesięcy, trzy razy w tygodniu po 45 minut. Kontrolne badania wykonano po 1,5 miesiąca, a ostatni test posturograficzny przeprowadzono po zakończonych ćwiczeniach.

Wyniki: Otrzymane wyniki mogą wskazywać na polepszenie funkcjonowania układu kontroli posturalnej. Dowodzą tego zwłaszcza wartości parametru pola statokinezyogramu, który uległ zmniejszeniu w badaniu przy oczach zamkniętych. Zwiększeniu uległ natomiast parametr „koordynacja”, co wskazuje na lepszą koordynację wzrokowo-ruchową u tych osób.

Wnioski: Aktywność ruchowa zwiększa udział informacji proprioceptywnej w regulowaniu postawy. Uzyskane wyniki dowodzą przydatności wykonywanych badań zarówno statycznych, jak i dynamicznych do oceny wpływu aktywności fizycznej na sprawność układu równowagi.

Słowa kluczowe: układ kontroli posturalnej, sprzężenie zwrotne, koordynacja wzrokowo-ruchowa, aktywność fizyczna

Abstract

Introduction: The level of ability to maintenance of upright posture is the result of genetic, environmental predisposition and psychical capacity. Deterioration in stability of postural control system occurs in five decade of human's life. Our examination was aimed at studying of regular physical activity on efficiency of this system.

Material and methods: It was examined group of 26 women at age from 57 to 70 years old without neurological and motor disturbance. Posturographic system made by PRO-MED was used. This system measures the point of COFP. The examination includes three 32-s trials at different visual informations: eyes opened, eyes closed and in visual feedback before exercises training that was carried out for three months, three times a week, 45 minutes each. Control examination were carried out after 1, 5 months and the last at the end of cycle of exercises.

Results: Our results may indicate improving of postural control system. It is supported by value of parameter area of statokinesiogram that decreased in opened eyes trials. It may suggest essential influence of sensory inputs from ankle on postural control. "Coordination" parameter was increased. It indicates better visual-motor coordination in these subjects.

Conclusions: Physical activity increases the influence of proprioceptive inputs on postural control. Our results indicate usefulness of static and dynamic trials in evaluation of influence of regular physical activity on postural control system.

Key words: postural control system, biofeedback, visual-motor coordination, physical activity

Wstęp

Wraz z wiekiem pojawia się spowolnienie odpowiadzi kognitywno-motorycznych, co znacznie przyczynia się do pogorszenia stabilności posturalnej. Prawidłowa struktura i funkcjonowanie poszczególnych

składowych układu równowagi: wzrokowej, przedsionkowej, proprioceptywnej i somatosensorycznej z podeszwy stóp, warunkuje poczucie równowagi statycznej i dynamicznej. Kontrola stabilności wiąże się również z prawidłowym funkcjonowaniem układu

mięśniowo-szkieletowego – układu wykonawczego dla odruchów posturalnych. Deficyty w strukturze i funkcjonowaniu układu równowagi powodują dostarczanie nieprawidłowych informacji w sprzężeniu zwrotnym i są przyczyną posturalnej niestabilności u osób starszych, często prowadzącej do upadków. Wśród różnych poziomów kontroli posturalnej – odruchu, długich pętli sprzężeń zwrotnych, wyższych mechanizmów integracyjnych, dominującą rolę przypisuje się temu ostatniemu poziomowi (1). Zaburzenie na tym poziomie może skutkować trudnościami, z jakimi osoby starsze regulują postawę. Uważa się, że osoby starsze chwieją się bardziej, gdy ich postawa jest kontrolowana przez wyższe poziomy czuciowych mechanizmów integracyjnych, np. podczas korekcji pozycji wyprostnej po wolnych i niewielkich zaburzeniach postawy wywołanych rotacją ($4^\circ/s$) w obrębie stawu skokowego. Natomiast spowodowanie szybkich i dużych ruchów rotacyjnych ($20^\circ/s$) wywołuje odpowiedzi odruchowe, które korygują zakłócenie dając wartości wychyleń zbliżone do osób młodych (2). Pogorszenie kontroli stabilności i kontroli lokomocji w wyniku starzenia się następuje nie tylko na skutek upośledzenia wyższych mechanizmów integracyjnych, ale i pozostałych poziomów kontroli posturalnej, często prowadząc do upadków osób starszych.

Zaburzenia równowagi mogą wynikać także z pogorszenia czynności układu mięśniowo-szkieletowego (3). Około 75 roku życia mięśnie stanowią około 15% masy ciała. Maksymalna siła skurczu izometrycznego mięśni u osób starszych jest w porównaniu z siłą skurczu osób młodszych mniejsza o około 20% u osób około 60 roku życia i aż o 50% słabsza po 70 roku życia (4). U osób starszych stwierdza się zmiany zwyrodnieniowe w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego. Obejmują one zmniejszenie lub zanik włókien mięśniowych, spadek liczby motoneuronów oraz osłabienie siły mięśniowej, np. mięśni łydki, zwłaszcza mięśni piszczelowych przednich, które biorą udział w korekcji chwiania do tyłu oraz mięśni czworogłowych uda a także wzrost podatności mięśni na zmęczenie (5). Skutkiem osłabienia mięśni kończyn dolnych oraz wzrostu sztywności stawów jest zmniejszenie zakresu ruchów, a w efekcie również reakcji posturalnych. Zmiany w układzie mięśniowo-stawowym odbijają się niekorzystnie na czuci głębokim z mechanoreceptorów stawowych, wrzecionek mięśniowych i narządów ścięgnistych Golgiego. U osób starszych zaobserwowano również pogorszenie czucia wibracyjnego skórniego (6).

Pogorszenie kontroli posturalnej u osób starszych jest skutkiem zmian anatomicznych i fizjologicznych wpływających m.in. na proces utrzymywania równowagi. Zmiany te obejmują m.in.: zmniejszenie liczby neuronów, zwłaszcza korowych i w mniejszym stopniu neuronów jąder pnia mózgu, zmniejszenie przepływu krwi przez mózg, zmiany

organizacji synaptycznej mózgu, zmiany wewnątrz- i zewnątrzkomórkowe neuronów OUN, np. akumulacja lipofuscyny, sploty neurofibrylarne, zewnątrzkomórkowa akumulacja amyloidu (7).

Dane z piśmiennictwa wskazują pogorszenie kontroli posturalnej już od piątej dekady życia (8). Zaburzenia równowagi u osób starszych wpływają nie tylko na stan fizyczny pacjenta, ale również na jego stan psychiczny. Osoby starsze mogą poprawić swoją stabilność pod wpływem treningu równowagi, który wiąże się również z większą aktywnością ruchową pacjenta (9). Zwiększenie aktywności ruchowej pod wpływem treningu zdrowotnego kształtuje sprawność fizyczną. Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu regularnej aktywności fizycznej u kobiet w piątej i szóstej dekadzie życia na ich kontrolę stabilności.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na grupie 26 kobiet od 57 do 70 roku życia. Wszystkie osoby były zdrowe, bez stwierdzonych zaburzeń neurologicznych i motorycznych. Ponadto osoby te nie piły alkoholu i nie były w trakcie przyjmowania leków. Wszyscy uczestnicy badań wykazywali przeciętną sprawność fizyczną.

Badania posturograficzne wykonane zostały przy użyciu zestawu posturograficznego firmy PROMED. POSTUROGRAF jest systemem pomiarowym punktu przyłożenia siły wypadkowej oraz jej wielkości i rozkładu w płaszczyźnie podstawy. Umożliwia wyznaczenie trajektorii zmian chwilowego położenia punktu przyłożenia mierzonej siły wypadkowej będącej odwzorowaniem przemieszczeń środka ciężkości masy ciała pacjenta (COFP) obciążającego platformę pomiarową.

Analiza morfologiczno-statystyczna przemieszczeń COFP wyznacza wartości parametrów oceny wyników badania. System POSTUROGRAF umożliwia wyznaczenie pola powierzchni rozwiniętej statokinezyjogramu (w mm^2), długość statokinezyjogramów (w mm), parametr „koordynacja” wyznaczany w teście sprzężenia zwrotnego poprzez określenie procentu czasu całego testu gdy punkt odzwierciedlający położenie COFP utrzymywany jest w obrębie centralnie umieszczonego, nieruchomego kwadratu o boku 3,2 mm. Parametr „koordynacja” określa skuteczność autokorekcji postawy badanej osoby.

Wszystkie badania zostały wykonane w godzinach przedpołudniowych. Osoba badana stała bez obuwia w określonym miejscu na platformie posturograficznej, odpowiednio do linii nakazujących prawidłowe ustawienie stóp. Uczestnik testu przyjmował wyprostowaną, swobodną postawę z rękoma umieszczonymi wzdłuż tułowia.

Standardowy zestaw testów obejmuje trzy rejestracje 32-sekundowe: badanie przy oczach otwartych, badanie przy oczach zamkniętych oraz badanie

w sprzężeniu zwrotnym. W teście koordynacji wzrokowo-ruchowej na wysokości wzroku, w odległości 2 m umieszczony jest monitor analogowy. Osoba badana dokonuje korekcji pozycji ciała aby utrzymać kursor wskazujący aktualne położenie COFP nieruchomym kwadracie umieszczonym w centralnej części ekranu. U kobiet wykonano standardowy zestaw testów przed przystąpieniem do treningu (badanie nr 1). Kontrolny test posturograficzny przeprowadzono po 1,5 miesiąca (badanie nr 2) i ostatni test po zakończonym okresie ćwiczeń (badanie nr 3).

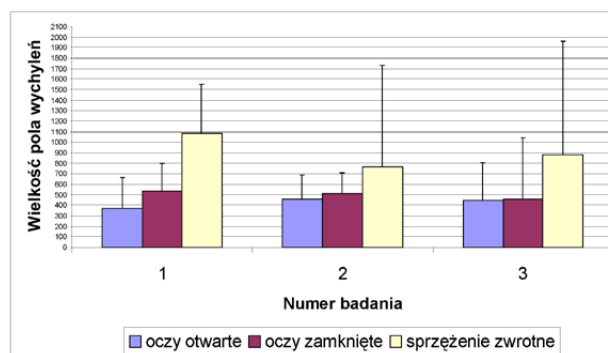
Trening prowadzono regularnie 3 razy w tygodniu w godzinach popołudniowych (14-17) po 45 minut. Trening składał się z części wstępnej (około 20 minut), treningu właściwego (około 20 minut) i fazy relaksacyjnej (około 5 minut). Część wstępna obejmowała spokojną rozgrzewkę, ćwiczenia oddechowe, ćwiczenia zwiększające zakres ruchów w stawach, ćwiczenia izotoniczne zwiększające sprawność mięśni, ćwiczenia kształtujące pamięć ruchową, ćwiczenia poprawiające równowagę i koordynację ruchową. W końcowej części fazy wstępnej stosowano ćwiczenia rozciągające (stretching), w szczególności tych mięśni które w trakcie treningu zostały poddane obciążeniom. Podczas treningu właściwego ćwiczący wykonywali wysiłek jednostajny ciągle na ergometrach rowerowych „Monark”. Obciążenie i intensywność pracy tak dobierano aby w pierwszych dwóch tygodniach intensywność wysiłku wynosiła od 50% do 60% HR_{MAX} , w trzecim i czwartym tygodniu intensywność wynosiła od 55% do 70% HR_{MAX} . Po czterech tygodniach fazy wstępnej i okresie adaptacji do wysiłku intensywność pracy w kolejnych tygodniach wynosiła od 60% do 75% HR_{MAX} . Rejestrację częstości skurczów serca dokonywano za pomocą monitora HR – SportTestera firmy „Polar” i „Sigma Sport”.

W części końcowej stosowano ćwiczenia rozciągające (stretching) i ćwiczenia rozluźniające (relaksacyjne) łączone z ćwiczeniami oddechowymi.

Dla parametrów uzyskanych w testach posturograficznych obliczono podstawową statystykę opisową, która objęła obliczenie średnich wartości oraz odchylenia standardowego. Przeprowadzono również test T celem określenia statystycznie istotnych różnic między wartościami parametrów posturograficznych uzyskanych w badaniach przed ćwiczeniami, w trakcie oraz po zakończonych ćwiczeniach.

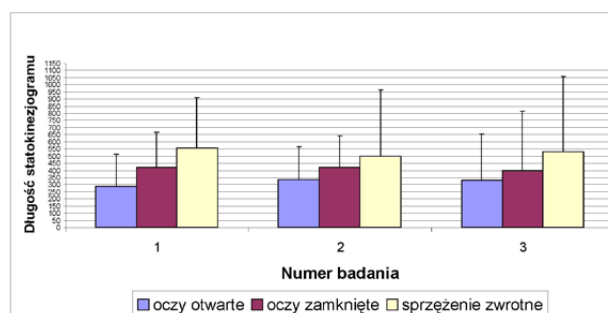
Wyniki

Rycina 1 przedstawia wielkości pola wychyleń w testach posturograficznych w badaniu 1, 2 i 3. W badaniu przy oczach otwartych odnotowano wzrost wielkości pola wychyleń. Statystycznie istotne różnice wystąpiły między badaniem 1 i 3 ($p=0,0256$). Natomiast spadek wielkości pola wychyleń odnotowano w badaniu przy oczach zamkniętych i w sprzężeniu zwrotnym. Statystycznie istotne różnice wystąpiły w teście



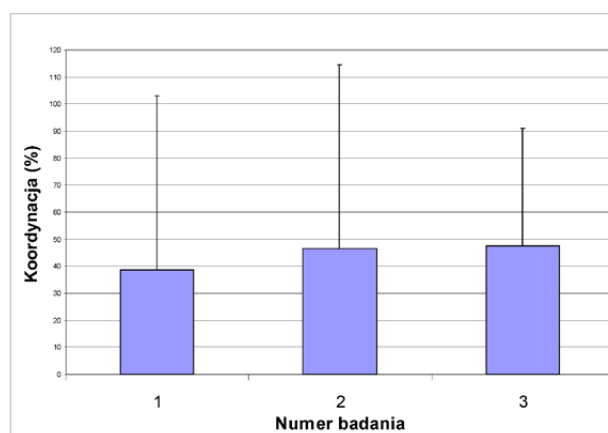
Ryc. 1. Wielkość pola wychyleń

Fig. 1. Area of excursion



Ryc. 2. Długość statokineziogramu

Fig. 2. Length of statokinesigrams



Ryc. 3. Koordynacja

Fig. 3. "Coordination" parameter

sprzężenia zwrotnego między badaniem 1 i 2 ($p=0,0059$) oraz badaniem 1 i 3 ($p=0,0205$). Rycina 2 przedstawia długości statokineziogramów w testach posturograficznych w badaniu 1, 2 i 3. W badaniu przy oczach otwartych odnotowano wzrost wartości tego parametru. Statystycznie istotne różnice wystąpiły między badaniem 1 i 2 ($p=0,0029$) oraz między badaniem 1 i 3 ($p=0,0068$). Długość statokineziogramu w teście oczu zamkniętych nieznacznie zmniejszyła się w badaniu 3. Natomiast parametr ten w teście sprzężenia zwrotnego zmniejszył się istotnie statystycznie ($p=0,026$) w badaniu 2. W przypadku parametru „koordynacja” (Rycina 3) odnotowano jego wzrost zarówno w badaniu 2, jak i 3. Statystycznie istotne różnice wystąpiły między badaniem 1 i 2 ($p=0,0028$) oraz między badaniem 1 i 3 ($p<0,0001$).

Dyskusja

Otrzymane z testów posturograficznych wyniki wskazują na wpływ regularnych ćwiczeń fizycznych na usprawnienie kontroli posturalnej. Zakłada się, iż wychwiania ciała podczas spokojnego, swobodnego stania odzwierciedlają zdolności do utrzymywania równowagi (10). Przy prawidłowej, statycznej kontroli posturalnej obserwuje się niskie wartości długości statokinezyjogramów. Podwyższone wartości występują przy obniżonej stabilności postawy, a w związku z tym podwyższonym ryzykiem upadków (11). Podwyższone chwanie zwykle podwyższa się z wiekiem z powodu obniżenia wrażliwości receptorów dotykowych z podeszwy stopy, czucia pozycji stawu i propiocepcji (12) oraz wskutek obniżenia siły mięśni piszczelowych przednich czy zginaczy grzbietowych stopy (2). W naszych badaniach nowe umiejętności motoryczne nabywane poprzez aktywność fizyczną prowadzą do usprawnienia kontroli równowagi. Podwyższone wartości pola i długości statokinezyjogramów w teście oczu otwartych w badaniu 2 i 3 mogą wskazywać istnienie czuciowo-motorycznych mechanizmów treningu nazywanego propioceptywną aktywnością ruchową (np. joga, lekka gimnastyka) (13). Wyższe wartości mogą wynikać z faktu, iż zmniejsza się udział informacji wzrokowej w procesie utrzymywania równowagi w warunkach statycznych. Niższe wartości pola i długości statokinezyjogramów w teście oczu zamkniętych w badaniu 2 i 3 mogą wynikać z istnienia centralnych mechanizmów integracyjnych, dzięki którym zachodzi kompensacja wyeliminowanej informacji wzrokowej poprzez transfer z wejścia wzrokowego do wejścia propioceptywnego, dzięki czemu poprawia się stabilność posturalna (14, 15). Proprioceptywna aktywność ruchowa najprawdopodobniej podwyższa wrażliwość wejść czuciowych. Teasdale i współpracownicy zasugerowali, że niezdolność osób starszych do przyjęcia zwiększonej informacji wzrokowej w teście sprzężenia zwrotnego może być interpretowana jako odzwierciedlenie deficytu w centralnych mechanizmach integracyjnych odpowiedzialnych za reorganizację układu posturalnego (16). Niższe wartości pola wychyleń w sprzężeniu zwrotnym w badaniu 2 i 3 wskazują więc na poprawienie koordynacji wzrokowo-ruchowej kontrolowanej przez centralne mechanizmy integracyjne. Regularna aktywność fizyczna starszych kobiet wpływa na zmianę hierarchii wejść czuciowych podczas utrzymywania swobodnej pozycji stojącej. Powoduje zmniejszenie wpływu informacji wzrokowej na proces utrzymywania równowagi, ograniczając tym samym poleganie na informacji ze środowiska zewnętrznego. Aktywność ruchowa zwiększa udział informacji propioceptywnych w regulowaniu postawy. Osoby, zwłaszcza starsze powinny stosować programy treningowe propioceptywne w celu poprawienia jakości życia i wydolności funkcjonalnej (17). Uzyskane wyniki dowodzą przydatności wykonywanych badań zarówno statycznych, jak i dynamicznych do oceny wpływu aktywności fizycznej na sprawność układu równowagi.

Wnioski

1. Regularna aktywność fizyczna wpływa na usprawnienie układu kontroli posturalnej.
2. Aktywność ruchowa zwiększa udział informacji propioceptywnych w regulowaniu postawy.
3. Uzyskane wyniki dowodzą przydatności wykonywanych badań zarówno statycznych, jak i dynamicznych do oceny wpływu aktywności fizycznej na sprawność układu równowagi.

Piśmiennictwo

1. Teasdale N, Bard C, LaRue J, Fleury M. On the cognitive penetrability of postural control. *Exp Aging Res* 1993; 19 (1): 1-13
2. Whipple RH, Wolfson L, Amerman PM. The relationship of knee and ankle weakness to falls nursing home residents an isokinetic study. *J Am Geriatr Soc* 1987; 35: 13-20
3. Hurvitz MV, Rees J, Newmann DJ. Quadriceps function, propioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age Ageing* 1998; 27: 55-62
4. Fujiwara K, Kegami H, Okade M, Koyama Y. Contributions of age and muscle strenght of lower limbs to steadiness and stability. *J Anthropol Soc Nippon* 1982; 90: 385-99
5. Horak FB, Shupert CK, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly. *Neurobiol Aging* 1989; 296: 103-9
6. Diener HC, Guschlbauer B, Mau H. The significance of propioception in postural stabilization as assessed by ischemia. *Brain Res* 1984; 296: 103-9
7. Martini F. *Fundamentals of Anatomy & Physiology*. 1998; IV Edition, Prentice Hall
8. Sheldon JH. The effect of age on control of sway. *Gerontol Clin* 1963; 5: 129-38
9. Hu MH, Woollacott MH. Multisensory training of standing balance in older adults. I. Postural stability on one-leg stance balance. *J Gerontol*; 49: M52-M61
10. Era P, Schroll M, Ytting H i wsp. Postural balance and its sensory-motor correlates in 75-year-old men and women: a cross-national comparative study. *J Gerontol Med Sci* 1996; 51A: M53-M63
11. Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM i wsp. Randomised controlled trial of a general practise programme of home-based exercises to prevent falls in elderly women. *Br Med J* 1997; 315: 1065-9
12. Lord SR, Clark RD, Webster J. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontol* 1991; 46: M69-M76
13. Gauchard GC, Gangloff P, Jeandel C, Perrin PP. Influence of regular propioceptive and bioenergetic physical activities on balance control in elderly women. *J Gerontol* 2003; 58A: 846-50
14. Gauchard GC, Jeandel C, Tessier A, Perrin PP. Beneficial effect of propioceptive physical activities in balance control in elderly human subjects. *Neurosci Lett* 1999; 273: 81-4
15. Perrin PP, Gauchard GC, Perrot C, Jeandel C. Effects of physical and sporting activities on balance control in elderly people. *Br J Sports Med* 1999; 33: 121-6
16. Teasdale N, Stelmach GE, Breunig A. Postural sway characteristics of the elderly under normal and altered visual and support surface conditions. *J Gerontol* 1991; 46 (13): 238-44
17. Simons R, Andel R. The effects of resistance training and walking on functional fitness in advanced old age. *J Aging Health* 2006; 18 (1): 91-105

Otrzymano: 26.05.2006

Zaakceptowano: 12.06.2006

Adres do korespondencji:

Dr Katarzyna Dmitruk

85-092 Bydgoszcz, ul. Karłowicza 24

e-mail: Katarzyna_Dmitruk@cm.umk.pl