

Wpływ aktywności fizycznej na wyniki badań posturograficznych u osób zdrowych

Effect of physical activity on posturography in healthy subjects

AGATA PYDA-DULEWICZ^{1/}, WIEŚLAW KONOPKA^{1,2/}, JĘDRZEJ PAWEŁ FEDOROWICZ^{1/}, RENATA PEPAŚ^{2/}

^{1/} Zakład Dydaktyki Pediatrycznej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

^{2/} Klinka Otolaryngologii, Instytut – Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi

Wprowadzenie. Sprawny układ równowagi zapewnia ciało utrzymanie pozycji w przestrzeni. W jego skład wchodzi: układu przedsionkowy, narządu wzroku oraz czucia głębokiego. Dokładnie przeprowadzony wywiad może dostarczyć cennych informacji ułatwiających postawienie diagnozy, a także pozwolić na zaplanowanie leczenia i rehabilitacji. Posturografia jest badaniem rejestrującym i analizującym przemieszczenia rzutu środka ciężkości ciała na platformie stabilometrycznej; zwana jest również obiektywną próbą Romberga. Można ją przeprowadzać w różnych wariantach, w tym z oczami otwartymi i zamkniętymi.

Cel pracy. Ocena wpływu aktywności fizycznej na funkcję układu równowagi u studentów fizjoterapii w oparciu o analizę wyników badań posturograficznych.

Materiał i metody. Badaniem objęto grupę 60 zdrowych studentów w wieku od 21 do 26 lat, w tym 50 kobiet i 10 mężczyzn. Na podstawie wyników wypełnionej ankiety, badanych podzielono na dwie grupy – studentów aktywnych (n=36) i studentów nieaktywnych sportowo (n=24). Badanie polegało na dokonaniu dwóch trzydziestosekundowych pomiarów równowagi testowanej osoby, z oczami otwartymi i zamkniętymi.

Wyniki. Większość ocenianych parametrów okazała się lepsza u osób aktywnych fizycznie, sugerując, że aktywność sportowa może wspomagać pracę układu równowagi i sprawność odruchów przedsionkowo-rdzeniowych.

Wnioski. Regularna aktywność fizyczna, budowanie lepszej stabilizacji centralnej oraz doskonalenie reakcji równoważnych poprzez wysiłek fizyczny może przekładać się na sprawność układu równowagi.

Słowa kluczowe: posturografia, aktywność fizyczna, równowaga

Introduction. Balance is the ability to provide the body with a position in space. The balance system consists of the vestibular organ, organ of vision and proprioception. A thorough anamnesis can provide valuable information to help diagnose and plan treatment and rehabilitation. Posturography is an examination registering and analysing the displacement of the center of gravity projection on the stabilometric platform, also called the objective test of Romberg. It can be carried out in different variants, eg with open or closed eyes.

Aim. Assessment of the influence of physical activity on balance functions in physiotherapy students based on the analysis of posturographic results in this group.

Material and methods. The study group comprised 60 healthy students aged 21 to 26 including 50 women and 10 men. Based on the results of the questionnaire, the respondents were divided into two groups – physically active students (n=36) and students with limited physical activity (n=24). The study consisted of performing two thirty-second measurements of the balance of the test subject, first with the eyes open and then closed.

Results. Most of the evaluated parameters proved to be better in sporty individuals, suggesting that sports activity supports balance and the performance of spino-vestibular reflex.

Conclusions. Regular physical activity, building a better central stabilization, and improving equivalent responses through physical activity, translate directly into proportion to the efficiency of the balance system.

Key words: posturography, physical activity, balance system

WPROWADZENIE

Równowaga jest umiejętnością zapewnienia ciała utrzymania pozycji w przestrzeni. Zdolność ta to cecha indywidualna, uwarunkowana genetycznie i środowiskowo [1]. Za zachowanie równowagi ciała odpowiedzialne są: narząd przedsionkowy, narząd wzroku i narząd czucia głębokiego. Ich zadaniem, jako układu równowagi jest: informowanie o pozycji, posiadany kierunek i prędkości ruchu ciała; korygujące reagowanie na wychylenia środka ciężkości; nadzór nad ruchem gałek ocznych, aby otrzymywać prawidłowy obraz przestrzeni, podczas poruszania ciała, otoczenia albo obu paralelnie [2].

W systemie odpowiedzialnym za zachowanie równowagi można wyróżnić dwa oddzielne, jednak zależne od siebie układy. Pierwszy to układ stabilizujący spojrzenie, którego zadaniem jest kontrolowanie kierunku i ostrości widzenia w trakcie ruchu głowy i ciała; drugi to układ stabilizujący postawę, który odpowiedzialny jest za równowagę ciała w spoczynku i w ruchu [3, 4].

Układ przedsionkowy poprzez odruchy przedsionkowo-oczne stabilizuje spojrzenie, a poprzez odruchy przedsionkowo-rdzeniowe wpływa na czynność mięśni szkieletowych. Wpływ narządu przedsionkowego na mięśnie podlega kontroli mózdzku, który reguluje zakres wywołanych odpowiedzi oraz stanowi ośrodek koordynacji ruchów, zbierający informacje ze wszystkich somatoreceptorów głowy, tułowia i kończyn.

Fundamentem prawidłowego działania układu równowagi jest symetria w odbiorze i przesyłaniu bodźców do obu przedsionków [3, 5, 6]. Powyższe mechanizmy mają za zadanie utrzymywać równowagę statyczną i dynamiczną, dzięki kontroli prawidłowego rzutu środka ciężkości ciała na płaszczyznę podparcia [7].

Posturografia jest badaniem rejestrującym i analizującym przemieszczenia rzutu środka ciężkości wobec powierzchni. Badany stoi na platformie z umieszczonymi w narożnikach czujnikami tensometrycznymi rejestrującymi centralny nacisk stóp na podłoże odwzorowujący rzut środka ciężkości na płaszczyznę podstawy), a także jego przemieszczenia w osi strzałkowej i czołowej. Rzut środka nacisku stóp na podłoże jest zatem rejestrowany jako punkt oraz jako parametr dynamiczny zmieniający położenie w jednostce czasu.

Zanim do klinik wprowadzono posturograf, równowagę badano za pomocą kimografu, ataksjometru, statokinezyometru i statokinezyografu.

Badanie układu równowagi można przeprowadzać w różnych wariantach, np.: z otwartymi lub

zamkniętymi oczami, ze skretem głowy, w staniu na jednej nodze. Z uwagi na różne zasięgi rzutów środka ciężkości ciała w zależności od wzrostu, czy wagi, dane te zostały uwzględnione w badaniu, a uniknięciu błędów w interpretacji pomagają również wskaźniki takie jak: prędkość wychyleń ciała, średnia wartość wychyleń, maksymalna amplituda wychyleń, pole rozwiniętej powierzchni, wskaźnik Romberga.

Posturoografię można podzielić na statyczną i komputerową posturoografię dynamiczną. Ta pierwsza pozwala na ocenę przemieszczania się środka ciężkości. Druga rejestruje i analizuje statykę i reakcje posturalne na czynniki zakłócające, jakimi są poruszanie się otoczenia (lub dodatkowy bodziec optokinetyczny) czy poruszanie się podstawy skoordynowane lub nie z wychwianiami osoby badanej. W zależności od czasu utajenia odpowiedzi mięśni szkieletowych, wyróżnia się trzy rodzaje reakcji posturalnych: 1) odruchy z rozciągania mięśni kontrolujących postawę, 2) reakcje korygujące postawę, 3) odpowiedzi stabilizujące postawę [6, 9-11].

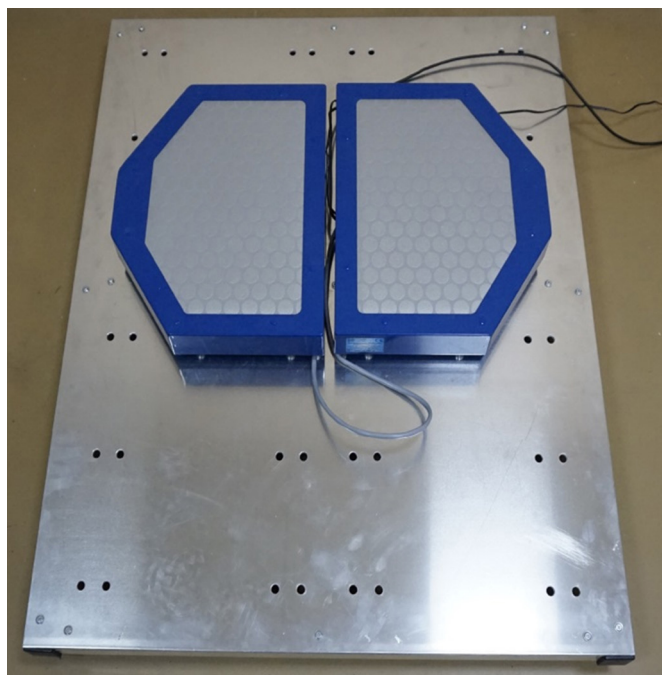
Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu aktywności fizycznej na wybrane funkcje układu równowagi u studentów fizjoterapii w oparciu o analizę wyników badań posturograficznych.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto grupę 60 zdrowych studentów (opinia w sprawie projektu badawczego RNN/81/15/KE/L z dnia 21.04.2015) w wieku od 21 do 26 lat (średnia wieku 22,5 roku), w tym 50 kobiet (83%) i 10 mężczyzn (17%). U wszystkich badanych przeprowadzono wywiad w celu wykluczenia występowania zawrotów głowy i zaburzeń równowagi oraz badanie ankietowe. Ankieta obejmowała pytania o typ uprawianego sportu, częstotliwość i średni czas trwania aktywności, a także tryb życia, długość snu w ciągu doby, spożywane posiłki i ilość wypijanej wody oraz spożywanie używek. Badanych podzielono na dwie grupy – osoby aktywne sportowo i nieaktywne sportowo. Za aktywność sportową uznano każdą działalność sportową uprawianą co najmniej dwa razy tygodniowo przez minimum 2 godziny.

Badania posturograficzne przeprowadzono z wykorzystaniem platformy stabilometrycznej CQStab2P w wersji dwupatformowej firmy CQ Elektronik System (ryc. 1).

Testy na platformie z oczami otwartymi na stabilnym podłożu oraz badanie z oczami zamkniętymi na stabilnym podłożu przeprowadzone były jednorazowo, w porze porannej, po posiłku, około dwie godziny po przebudzeniu. Student był informowany o celu badania i jego przebiegu, a ponadto brał



Ryc. 1. Platforma stabilometryczna CQStab2P w wersji dwuplatformowej

udział w ankiecie dotyczącej aktywności sportowej. Prowadzący badanie dokonywał dwóch trzydziestosekundowych pomiarów przy oczach otwartych i zamkniętych.

Oceniano długości statokinezyogramów określonych przez centrum nacisku stóp, procent czasu przebywania w okręgu o promieniu 5 mm, liczbę wychyleń poza okrąg 5 mm środek nacisku stóp w płaszczyznach przednio-tylnej (*antero-posterio*, AP) i przyśrodkowo-tylnej (*medio-lateral*, ML), długość, pole powierzchni, średnią prędkość, długość/pole powierzchni, a także współczynnik Romberga, będący stosunkiem wielkości parametrów otrzymanych w testach przeprowadzonych z otwartymi oczami do tych przeprowadzonych z zamkniętymi oczami. Wyniki pogrupowano w zaproponowanych przedziałach liczbowych.

WYNIKI

Na podstawie wyników wypełnianej ankiety, badanych podzielono na dwie grupy – studentów aktywnych sportowo ($n=36$) i studentów nieaktywnych sportowo ($n=24$). Szczegółowej analizie poddano wyniki badania posturograficznego w obydwu grupach.

Wśród członków grupy aktywnej sportowo średnia długość statokinezyogramu określonego przez środek nacisku stóp [mm] wynosiła 223 mm w przypadku oczu otwartych i 257 mm w przypadku

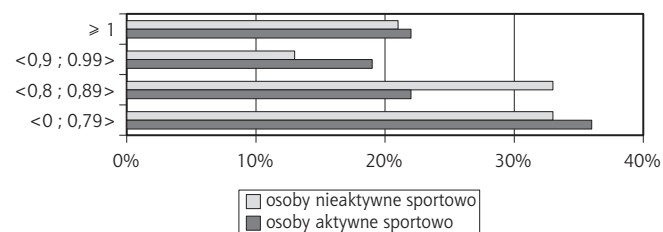
oczu zamkniętych, natomiast w grupie o małej aktywności wynosiła odpowiednio 244 mm i 290 mm.

Średni procent czasu przebywania centrum nacisku stóp w okręgu o $R=5$ mm w grupie aktywnej wynosił 89% w przypadku oczu otwartych i 67% w przypadku oczu zamkniętych, a w grupie nieaktywnej wynosił odpowiednio 86% i 69%.

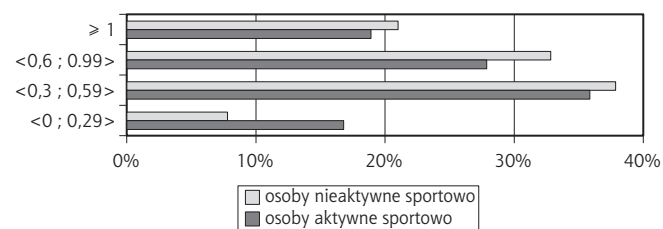
Wśród badanych aktywnych sportowo średnia liczba wychyleń środka nacisku stóp w płaszczyznach AP i ML wynosiła 31 w przypadku oczu otwartych i 28 w przypadku oczu zamkniętych, a wśród nieaktywnych sportowo średnia liczba wychyleń środka nacisku stóp w płaszczyznach AP i ML wynosiła odpowiednio 34 i 31.

Dodatkowo w obydwu grupach porównano współczynniki Romberga – długość, pole powierzchni, średnią prędkość oraz stosunek długości do pola powierzchni statokinezyogramu.

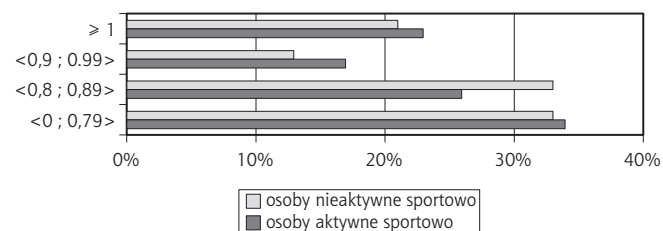
Wyniki przedstawione są na rycinach 2, 3, 4, 5.



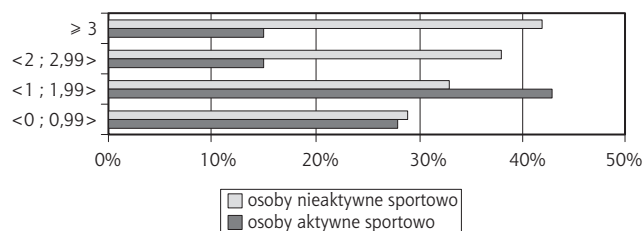
Ryc. 2. Porównanie ścieżek długości statokinezyogramów w grupach studentów aktywnych i nieaktywnych sportowo



Ryc. 3. Porównanie pól powierzchni statokinezyogramów w grupach studentów aktywnych i nieaktywnych sportowo



Ryc. 4. Porównanie średnich prędkości statokinezyogramów w grupach studentów aktywnych i nieaktywnych sportowo



Ryc. 5. Przedstawienie współczynników – długość/pole powierzchni statokinezyjogramów w grupach studentów aktywnych i nieaktywnych sportowo

- Długość ścieżek statokinezyjogramów zakreślonych przez punkty: COP_{LR} (*center of pressure leg right*), COP_{LL} (*center of pressure leg left*), COP (*center of pressure*). W tym przypadku większość znalazła się w przedziale $\leq 0,79$ zarówno u aktywnych sportowo (36%), jak i u nieaktywnych sportowo (33%).
- Wielkość pól powierzchni zakreślonych przez punkty: COP_{LR} , COP_{LL} , COP . Większości znalazły się w tych samych przedziałach $<0,3; 0,59>$ z wartościami 36% u aktywnych sportowo i 38% u nieaktywnych sportowo.
- Średnia prędkość poruszania się punktów: COP_{LR} , COP_{LL} , COP . Ponownie większości pojawiły się w tym samym przedziale, to jest $\leq 0,79$ zarówno u aktywnych sportowo (36%), jak i u nieaktywnych sportowo (33%).
- Stosunek długości ścieżek statokinezyjogramów do wielkości pól powierzchni. W tym przypadku wyniki były inne: 33% aktywnych sportowo znalazło się w przedziale $<1,00; 1,99>$, a 42% nieaktywnych sportowo w przedziale ≥ 3 .

DYSKUSJA

Posturografia znajduje szerokie zastosowanie w badaniach stabilności. Przyczynia się do tego możliwość oceny nie tylko jakościowej, ale i ilościowej układu równowagi.

Możliwe jest to za pomocą dwuplatformowego posturografu, który dokonuje oddzielnego pomiaru balansu dla każdej płyty, w ułożeniu symetrycznym i asymetrycznym. Pozwala to na określenie, która kończyna dolna jest obciążana w sposób dominujący. Dzięki swojej prostocie i skuteczności, badanie to znajduje zastosowanie nie tylko w diagnostyce pacjentów, ale również daje możliwości analizy układu równowagi wśród innych grup, jak dzieci, studentów, sportowców [12].

Podczas badań posturograficznych najczęściej przeprowadza się pomiary takie jak: wielkości pola powierzchni, prędkości przemieszczania, maksymalnego wychylenia punktów, średniego

wychylenia punktów, długości statokinezyjogramu, liczbę wychyleń punktów oraz procent czasu przebywania punktów w okręgu o zadanym promieniu na podstawie wyników wylicza się współczynniki Romberga [13].

Badania równowagi pozwalają w obiektywny sposób monitorować postęp procesu rehabilitacji. Analiza wyników pokazuje, że największa poprawa następuje u ludzi młodych. Wraz z wiekiem postęp w rehabilitacji maleje. Również wraz z wiekiem ulega wydłużeniu ścieżki badanej osoby zarówno w badaniu z oczami otwartymi jak i zamkniętymi. Platforma stabilometryczna jest bardzo dobrym narzędziem, zarówno do monitorowania stanu równowagi pacjenta i jego postępów w czasie rehabilitacji, jak również do ćwiczenia koordynacji ruchowej w czasie ćwiczeń na platformie [14].

Na proces kształtowania równowagi człowieka wpływ ma wiele czynników zarówno zdrowotnych, jak środowiskowych. Prawidłowa kontrola równowagi jest możliwa dzięki precyzyjnej koordynacji nerwowo-mięśniowej wszystkich segmentów ciała. Aktywność fizyczna i ćwiczenia poprawiające stabilizację centralną mają wpływ na kształtowanie się reakcji równoważnych i odruchów posturalnych. Dla procesu kontroli pionowej pozycji ciała, najistotniejsze wydają się być zmiany, jakie zachodzą w układzie nerwowo-mięśniowym i kostno-stawowym. Sprawność tych układów wraz z wiekiem ulega pogorszeniu, a regularna aktywność ruchowa może zapewnić ich prawidłowe funkcjonowanie [15].

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują, że większa aktywność ruchowa ma wpływ na kontrolę odruchu przedśionkowo-rdzeniowego. Studenci o większej aktywności ruchowej wypadli lepiej we wszystkich ocenianych testach. Uzyskali lepsze parametry zarówno podczas diagnostyki przy oczach otwartych, jak i zamkniętych w porównaniu z grupą nieaktywną ruchowo. Ponadto w obydwu badanych grupach wyliczono stosunek długości ścieżki statokinezyjogramu do jego pola powierzchni. Parametr ten koreluje z ilością i wielkością wychwiał podczas badania. Iloraz powyższych parametrów powyżej 2 otrzymało 30% studentów aktywnych sportowo i 80% studentów nieaktywnych ruchowo. Wyniki te wskazują na lepszą kontrolę postawy w grupie studentów uprawiających regularnie działalność sportową.

Obydwie grupy studentów uzyskały lepsze wyniki podczas prób przy oczach otwartych, w porównaniu do badań przy oczach zamkniętych, co jest zjawiskiem normalnym. Badany traci wówczas dostęp do jednego ze zmysłów uczestniczących w koordynowaniu układu równowagi. W celu

dokładniejszej analizy wpływu wzroku, w obydwu grupach wprowadzono współczynnik Romberga, który jest ilorazem wyników otrzymanych przy oczach otwartych do wyników otrzymanych przy oczach zamkniętych. Im wyższa wartość, tym większy wpływ bodźca wzrokowego na kontrolę postawy. Jako istotną wartość przyjęto współczynnik Romberga powyżej 1. W grupie pacjentów aktywnych fizycznie współczynniki Romberga powyżej 1 otrzymało 21% badanych oceniając długość statokinezyogramów, 19% oceniając pole powierzchni statokinezyogramów i 23% porównując średnią prędkość wychyleń. Podobne wyniki otrzymano w grupie pacjentów nieaktywnych ruchowo. W podanej grupie współczynniki Romberga powyżej 1 otrzymało odpowiednio 21% (długość statokinezyogramu), 21% (pole powierzchni statokinezyogramów) i 21% (średnia prędkość). Powyższe wyniki nie upoważniają do stwierdzenia, że istnieje korelacja pomiędzy wzrokową kontrolą równowagi a aktywnością ruchową w badanych grupach studentów. Być może trzeba wykonać większą ilość pomiarów, wprowadzając do testów obecność bodźca wzrokowego.

Akkaya i wsp. stwierdzili, 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. Natomiast, będące następstwem braku aktywności fizycznej 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 [16].

W ocenie stabilności kontroli równowagi ciała, w oparciu o analizę stabilograficzną, przyjmuje się, że wzrost wartości parametrów amplitudowych, świadczy o mniejszej stabilności. Niższe wartości parametrów stabilograficznych mogą świadczyć o sprawniejszej kontroli pozycji stojącej. Wyniki badań przeprowadzone na judokach, charakteryzowały większe przemieszczenia środka ciężkości

w analizie długości krzywej stabilogramu, niż u osób o mniejszej sprawności fizycznej. Nie znaczy to, że ci sprawni fizycznie osobnicy charakteryzują się gorszą stabilnością. Wyższe wartości wspomnianych parametrów amplitudowych stabilogramu w tej grupie badanej mogą być efektem specjalistycznego (ukierunkowanego) treningu sportowego [17].

Z kolei w badaniach przeprowadzonych przez Day i wsp. wykazano, że aktywność fizyczna i sportowa poprzez koncentrowanie się na wytrzymałości układu krążenia i wzmocnieniu fizycznym poprawia funkcje układu równowagi zarówno u osób młodych, jak i u osób starszych. Może przez to zmniejszyć częstotliwość ich upadków [18, 19]. Coubard i wsp. w swoim badaniu opartym na 38 pacjentach w wieku 54-89 lat, udowodnili, że badani ćwiczący taniec współczesny osiągnęli znacznie lepsze wyniki badania posturograficznego, w stosunku do pacjentów nie wykazujących aktywności fizycznej, sugerując możliwość wykorzystania tej formy ruchu w rehabilitacji osób starszych [20].

W badaniach Strzechy i wsp. zarejestrowano podobne do wyników niniejszej pracy rezultaty w grupie studentów uprawiających sport. Podkreślono znacząco wpływ aktywności ruchowej na sprawność układu równowagi i odruchów przed-sionkowo-rdzeniowych [18]. Przedstawione własne wyniki wymagają potwierdzenia z zastosowaniem większej grupy badanej i porównawczej, a także wymagają wprowadzenia do analizy dodatkowego bodźca wzrokowego, co jest planowane przez autorów.

Konstruowanie przyszłej problematyki badawczej powinno jednak uwzględnić szereg czynników fizjologicznych (stan zdrowia, siłę mięśniową, przebyte urazy, współistniejące choroby itp.) i psychologicznych, mogących odgrywać rolę w obserwowanych zmianach.

Podsumowując, wyniki badań wykazały, że większość ocenianych parametrów odruchów przed-sionkowo-rdzeniowych była lepsza u osób aktywnych sportowo.

Nie zauważono korelacji pomiędzy wzrokową kontrolą równowagi a aktywnością ruchową w badanych grupach studentów.

Piśmiennictwo

1. Kostuikow A, Rostkowska E, Samborski W. Badanie zdolności zachowania równowagi ciała. Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie 2009; 55(3): 102-9.
2. Held-Ziółkowska M. Równowaga statyczna i dynamiczna ciała. Organizacja zmysłowa i biomechanika układu równowagi. Magazyn Otorynolaryngologiczny 2006; 5(2): 39-46.
3. Pietkiewicz P. Anatomia i fizjologia układu równowagi. W: Olszewski i wsp. Fizjoterapia w otolaryngologii dla studentów fizjoterapii. α -medica press, Bielsko-Biała 2005; 94-8.
4. Traczyk WZ. Fizjologia człowieka w zarysie. Wydanie VIII. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2005; 125, 159.

5. Ignasiak Z. Anatomia narządów wewnętrznych i układu nerwowego człowieka. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2008; 235, 239-42.
6. Kubiczek-Jagielska M, Tacikowska G. Diagnostyka i leczenie zawrotów głowy. Materiały szkoleniowe Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa 2002.
7. Ocetkiewicz T, Skalska A, Grodzicki T. Badanie równowagi przy użyciu platformy balansowej – ocena powtarzalności metody. Gerontol Pol 2006; 14(1): 144-8.
8. Zamysłowska-Szmytke E, Śliwińska-Kowalska M. Badania układu równowagi dla potrzeb medycyny pracy. Otorinolaryngologia 2012; 11(4): 139-45.
9. Janczewski G. Reakcje oczopląsowe (okoruchowe). (w) Janczewski G, Latkowski B (red.). Otoneurologia. Tom I. Bel Corp, Warszawa 1998: 175-80.
10. Litwin T, Członkowska A. Zawroty głowy w praktyce neurologa – diagnostyka i leczenie. Pol Prz Neurol 2008; 4: 78-86.
11. Olejarz P, Olchowik G. Rola dynamicznej posturografii komputerowej w diagnostyce zaburzeń równowagi. Otorinolaryngologia 2011; 10(3): 103-10.
12. Strzecha M, Knapik H, Baranowski P, Pasiak J, Pękala A. Współbieżny pomiar stabilności kończyn dolnych w badaniach równowagi. (w) Zdrowie dobrem społecznym. Murawow I, Nowak A (red.). WSNSiT, Radom 2010, str. 133-140.
13. Kielnar R, Mraz M, Mraz M, Oleksy Ł, Dębiec-Bąk A, Chantsoulis M. Ocena stabilności postawy ciała na podstawie badania przedniego i tylnego marginesu stabilności u osób ze stwardnieniem rozsianym po fizjoterapii. Acta Bio-Optica Inform Med 2009; 3(15): 226-9.
14. Michalska W, Szwereda K, Michnik R, Jlrkojć J, Rycerski W. Analiza zmian wybranych parametrów w badaniach stabilograficznych u pacjentów ze schorzeniami w obrębie kończyny dolnej przed i po rehabilitacji. Aktualne Problemy Biomechaniki 2007; 1: 145-52.
15. Faraldo-García A, Santos-Pérez S, Labella-Caballero T, Soto-Varela A. Influence of Gender on the Sensory Organisation Test and the Limits of Stability in Healthy Subjects. Acta Otorrinolaringol Esp 2011; 62(5): 333-38.
16. Akkaya N, Doğanlar N, Çelik E, Aysşe SE, Akkaya S, Güngör HR, Şahin F. Test-retest reliability of Tetrax® Static Posturography System in young adults with low physical activity level. Int J Sports Phys Ther 2015; 10(6): 893-900.
17. Wojciechowska-Maszkowska B. Stabilność postawy ciała osób w różnym wieku. Praca doktorska, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu 2007: 2-11, 80-2.
18. Strzecha M, Knapik H, Baranowski P, Pasiak J. Stabilność i symetria obciążania kończyn dolnych w badaniu dwuplatformową wagą stabilograficzną. (w) Czynniki ryzyka i profilaktyka w walce i zdrowie i dobrostan. Mosiewicz J (red.). NeuroCentrum, Lublin 2008: 167-80.
19. Day L, Fildes B, Gordon I, Fitzharris M, Flamer H, Lord S. Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. BMJ 2002; 325(7356): 128.
20. Coubard OA, Ferrufino L, Nonaka T, Zelada O, Bril B, Dietrich G. One month of contemporary dance modulates fractal posture in aging. Frontiers in Aging Neuroscience 2014; 6(17): 1-12.