

Kontrola równowagi ciała po 5-miesięcznym treningu równowagi u dzieci i młodzieży z zespołem Downa

Posture control after 5 months body balance training in Down syndrom children and youth

numer DOI 10.2478/physio-2013-0029

Izabela Drzewowska, Małgorzata Sobera, Aleksandra Sikora

Wydział Wychowania Fizycznego, Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław
Department of Physical Education, University of Physical Education, Wrocław

Streszczenie:

Cel pracy: Celem pracy było sprawdzenie, czy 5-miesięczny trening z zastosowaniem specyficznych ćwiczeń równoważnych według programu autorskiego poprawia kontrolę równowagi ciała u dzieci z zespołem Downa (DS).

Materiał i metody: W badaniach wzięło udział 8 osób z DS – 4 płci męskiej i 4 płci żeńskiej – w wieku 13-24 lat. Badani wykonywali dwukrotnie – jedną po drugiej – 20-sekundową próbę stania w naturalnej pozycji stojącej na dwóch platformach sił typu AccuSway (AMTI), po jednej pod każdą kończyną dolną. Na podstawie przebiegu punktu nacisku stóp COP (*center of pressure*) w funkcji czasu obliczono wskaźniki równowagi ciała: zakres, zmienność, prędkość i pole powierzchni przesunięć punktu COP. Badania przeprowadzono w dwóch sesjach: przed rozpoczęciem 5-miesięcznego specyficznego treningu równowagi ciała według programu autorskiego i po jego zakończeniu.

Wyniki: Wyniki badań wykazały obniżenie się wartości wskaźnika prędkości COP prawej kończyny dolnej oraz zakresu COP w kierunku przednio-tylnym obu kończyn dolnych w 2. sesji badań w stosunku do 1. sesji.

Wnioski: Stwierdzono, że kontrola równowagi ciała poprawiła się po 5-miesięcznym specyficznym treningu w porównaniu ze stanem wyjściowym, a autorski program może być stosowany w terapii dzieci i młodzieży z zespołem Downa.

Słowa kluczowe: równowaga ciała, zespół Downa, autorski program ćwiczeń

Abstract:

Aim of the study: The aim of this study was to verify whether the 5-month training exercises using specific balance exercises of the authorial program improves body balance control in children with Down syndrome (DS).

Materials and methods: The purpose of this study was the verification if the 5-months posture control exercises training by original program relays to posture control in Down syndrome (DS) children and youth. The subjects were 8 DS persons: 4 males and 4 females, aged 13-24. Two 20-seconds consecutive trails of natural bipedal standing position on 2 force platforms AccuSway (AMTI), one under each foot, were performed during research. On the basis of COP (*centre of pressure*) time series the following indices were computed: range, variability, velocity and area of COP shifts. There were 2 sessions of the research: one just before and the second just after 5-month lasting specific posture control training based on the original exercise program.

Results: The results revealed decreasing of the COP velocity of right lower limb and the COP range in anterior-posterior direction of both lower limbs after the training, comparing to the values from the first research session.

Conclusions: It is concluded that the specific posture control training by the presenting of the original exercises program influenced the posture control improving it and the program can be used in therapy of DS children and youth.

Keywords: body balance, Down's syndrome, original exercise program

WPROWADZENIE

Kontrola równowagi ciała w pozycji stojącej jest codzienną, naturalną aktywnością fizyczną. Zaburzenia równowagi w różnych przypadkach chorobowych są przedmiotem oddziaływań terapeutycznych lekarzy i fizjoterapeutów. Szczególną trudność fizjoterapeuta napotyka, kiedy ma do czynienia z osobą niepełnosprawną intelektualnie, z którą komunikacja jest ograniczona. Eksperymentalne wyniki badań,

Introduction

Control of body balance in a standing position is an everyday, natural physical activity. Imbalance in the number of cases of disease is the subject of therapeutic activities of doctors and physiotherapists. Physiotherapists find it particularly difficult when they encounter intellectually disabled person with whom communication is limited. Experimental results of tests, conducted by Cabeza-Ruiz et

jakie przeprowadzili Cabeza-Ruiz i wsp., dowodzą, że osoby z zespołem Downa (*Down syndrome* – DS) potrzebują interwencji terapeutycznej w każdym wieku do poprawy swojej ogólnej sprawności fizycznej [1].

Osoby z DS wykazują opóźnienie w rozwoju psychomotorycznym i charakteryzują się brakiem tzw. rozwojowych kamieni milowych, obserwowanych u dzieci zdrowych [2]. Konsekwencją opóźnienia procesów rozwojowych osób z DS jest gorsza sprawność motoryczna w porównaniu ze sprawnością zdrowych rówieśników [3]. Cechy dymorficzne, takie jak: twarz, nos, oczy, szyja, skóra nie wpływają znacząco na funkcjonowanie organizmu, natomiast duże wady narządowe i układowe, jak: wady układu nerwowego, zmysłów, układu sercowo-naczyniowego, mięśniowego, kostno-stawowego, oddechowego, pokarmowego, neurologicznego mają zasadniczy wpływ na podstawowe funkcje życiowe osób z DS. Wśród wielu problemów zdrowotnych najczęściej wymienia się hipotonię mięśniową i wiotkość układu więzadłowo-szkieletowego, wady postawy (np. stopy płaskie), osteoporozę, osłabioną siłę mięśni szkieletowych, hipermobilność stawów [4-6], a także problemy neurologiczne oraz trudności z zapamiętywaniem i kojarzeniem informacji werbalnych (zaburzenia kognitywne) [4, 7]. Schorzenia układu sercowo-naczyniowego, dysfunkcja tarczycy i otyłość są typowe dla osób z DS [8]. Otyłość, a w konsekwencji częste występowanie płaskostopia u dzieci i młodzieży z DS [9] oraz nierzadko pojawiające się dysfunkcje wzroku i słuchu mogą być przyczyną zaburzeń kontroli równowagi ciała [10]. Badania kontroli równowagi przeprowadzone przez innych autorów wskazują, że osoby z DS mają problemy z normalną kontrolą równowagi ciała [11, 12]. Cabeza-Ruiz i wsp. [1] na podstawie badań donoszą, że osoby z DS wykazują słabszą kontrolę równowagi ciała niż rówieśnicy i charakteryzują się większym kołysaniem postawy niż osoby zdrowe [11, 13, 14]. Badacze kontroli równowagi ciała uważają, że osoby z DS wykorzystują inny wzorec napięcia mięśni podczas stania, niż czynią to osoby zdrowe w celu zachowania równowagi w pozycji stojącej [15]. Osoby z DS wywierają znacznie większą siłę nacisku stóp na podłoże podczas stania niż zdrowi rówieśnicy [16]. Nie do końca znane są przyczyny różnic w funkcjonowaniu układu kontroli równowagi ciała. Niektórzy wskazują na uogólnioną dysfunkcję centralnego układu nerwowego, inni doszukują się przyczyny w większej sztywności posturalnej, która jednak nie ma związku z napięciem mięśni badanym klinicznie [12]. Zdaniem innych autorów problem z przetwarzaniem przyjmowanych bodźców somatosensorycznych leży u podstaw relatywnie gorszej kontroli równowagi ciała niż u osób zdrowych [17]. Ta ostatnia pozycja literatury szczególnie stanowi uzasadnienie opracowania specjalnego treningu równowagi, zawierającego ćwiczenia na niestabilnym podłożu i / lub w warunkach braku kontroli wzrokowej.

Niezależnie od przyczyn stwierdzone zaburzenia kontroli równowagi u osób z DS powinny stać się powodem do tworzenia odpowiednich strategii terapeutycznych, które będą ukierunkowane na poprawę równowagi ciała i tym samym na poprawę funkcjonowania oraz jakości życia osób z DS [18]. Dowiedziono, że pod wpływem ukierunkowanej terapii osoby z DS mogą poprawić kontrolę równowagi ciała. W testach fizycznych BOTMP (Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency) i próbach z ręcznym dynamometrem dzieci z DS poprawiły swoją siłę mięśniową i kontrolę równowagi ciała w czasie 6-tygodniowego treningu [19]. Trzymiesięczny trening kształtujący siłę i kontrolę równowagi ciała w dynamicznych ćwiczeniach także wpływa pozytywnie na sprawność fizyczną [20]. Na podstawie powyższych informacji można założyć, że specyficzny trening równowagi z zastosowaniem ćwiczeń równoważnych o różnym stopniu trudności spowoduje poprawę kontroli równowagi ciała.

al., have shown that people with Down syndrome (DS) of all ages require a therapeutic intervention to improve their overall physical performance [1].

People with DS show psychomotor retardation and are characterized by the absence of so-called developmental milestones observed in healthy children [2]. Consequence of delay of the development processes of people with DS is inferior motor performance compared with the performance of healthy children [3]. Dimorphic traits, such as face, nose, eyes, neck, skin, does not significantly affect the functioning of the body, while the large organ and systemic defects, like defects of the nervous system, senses, circulatory system, muscles, bones and joints, respiratory, gastrointestinal and neurological systems, have a major impact on the basic life functions of people with DS. Among many health problems, most frequently mentioned are hypotonia and ligamentous laxity, bad posture (e.g. flat feet), osteoporosis, impaired skeletal muscle strength, joint hypermobility [4-6] as well as neurological problems and difficulty regarding remembering and understanding verbal information (cognitive disorders) [4, 7]. Diseases of the cardiovascular system, thyroid problems and obesity are common among people with DS [8]. Obesity and, consequently, frequent occurrence of flat feet in children and adolescents with DS [9] and often appearing sight and hearing dysfunctions can cause the body balance control disorders [10]. Research on controlling the balance conducted by other authors suggests that people with DS have problems with normal body balance control [11, 12]. Cabeza-Ruiz et al. [1] have reported, on the basis of studies, that people with DS have a weaker body balance control than their peers and have a greater postural sway than healthy individuals [11, 13, 14]. Researchers on the body balance control believe that individuals with DS use a different pattern of muscle tension while standing than healthy people do in order to maintain balance in a standing position [15]. People with DS have a much higher plantar pressure while standing than control group [16]. Causes of differences in functioning of the body balance control are not entirely known. Some point at general central nervous system dysfunction, and others find the cause in greater postural stiffness, which, however, is not related to clinically tested muscle tension [12]. According to other authors, problem with processing somatosensory stimuli results from the relatively poorer body balance control than in healthy individuals [17]. The last reference item especially justifies the development of a special balance training, which includes exercises on unstable surfaces and/or in the absence of visual control.

Whatever the reasons are, stated balance control disorders in people with DS should be a reason for the development of appropriate therapeutic strategies that are aimed at improving the balance of the body, and thus at improving the functioning and quality of life of people with DS [18]. It has been demonstrated, that thanks to targeted therapy, people with DS can improve body balance control. In the physical BOTMP tests (Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency) and handgrip strength tests with dynamometers, children with DS have improved their muscle strength and body balance control during the 6-week training [19]. A three-month training forming strength and body balance control in dynamic exercise also has a positive effect on overall physical performance [20]. Based on the information above, it can be assumed that the specific balance trainings using balance exercises of varying difficulty will improve body balance control.

Celem pracy jest sprawdzenie, czy 5-miesięczny trening z zastosowaniem specyficznych ćwiczeń równoważnych według programu autorskiego poprawia jakość kontroli równowagi ciała. Uzasadnione wydaje się zweryfikowanie skuteczności prostych ćwiczeń równoważnych, możliwych do przeprowadzenia w każdych warunkach terapeutycznych. Ze względu na ograniczony dostęp do sprzętu i specjalistycznych terapii sprawdzenie obiektywną metodą efektów treningu równowagi jest również zasadne ekonomicznie.

W pracy poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy zastosowany program ćwiczeń równoważnych powoduje zmiany w kontroli równowagi ciała po 5-miesięcznym treningu w odniesieniu do stanu wyjściowego?
2. Jakie zmiany w funkcjonowaniu lewej i prawej kończyny dolnej podczas stania swobodnego powoduje regularny trening równowagi?
3. Jakie zależności występują między podstawowymi rozmiarami ciała i wskaźnikami kontroli równowagi u dzieci i młodzieży z DS przed 5-miesięcznym treningiem i po jego zakończeniu? Czy trening równowagi zmienia te zależności?

Material i metody

W eksperymencie badawczym wzięło udział 8 dzieci i młodzieży z zespołem Downa (4 płci męskiej i 4 płci żeńskiej) w wieku 13-24 lat ze szkoły specjalnej w Wołominie koło Warszawy. Wszystkie osoby miały orzeczenie o niesprawności intelektualnej w stopniu umiarkowanym lub znacznym. U żadnego z badanych nie stwierdzono urazów układu ruchu ani chorób neurologicznych (oprócz DS) lub chorób narządu przedsionkowego. Wszyscy mogli swobodnie poruszać się, nie przyjmowali leków i byli komunikatywni – rozumieć proste polecenia. W celu określenia dominacji funkcjonalnej jednej kończyny dolnej wykonano test kopnięcia piłki, którą ustawiono na wprost przed badanym [21]. Siedmiu spośród 8 badanych wykazało się prawonóżnością.

Badani na początku eksperymentu wykonali dwukrotnie, jedną po drugiej, 20-sekundową próbę stania obunóż na dwóch platformach typu AccuSway (AMTI), po jednej pod każdą kończyną dolną, bez dodatkowych ruchów ramion lub głowy. Stopy rozstawione były równolegle na szerokość bioder. Pomiaru dokonano przy oczach otwartych, wzroku skierowanym przed siebie i ramionach opuszczonych wzdłuż tułowia. Podczas pierwszego pomiaru wykonano obrys każdej stopy na jednym arkuszu papieru, aby podczas drugiego pomiaru badany przyjmował taką samą pozycję stóp. Po okresie 5 miesięcy ćwiczeń powtórzono próby. Na podstawie obrysu stóp zmierzono długość stopy, biorąc pod uwagę skrajne, najdalej od siebie położone, punkty w wymiarze podłużnym stopy od kości piętowej do skrajnego punktu palucha lub palca drugiego (jeśli był dłuższy niż paluch). Szerokość stopy wyznaczono na podstawie odległości skrajnych punktów obrysu stopy na wysokości I i V głowy kości śródstopia. Do archiwizacji danych użyto przenośnego komputera.

Program komputerowy BIOANALISIS, kompatybilny z platformami, został wykorzystany do automatycznego wyliczenia chwilowego położenia punktu przyłożenia wypadkowej siły reakcji podłoża (*center of pressure* – COP) w dwóch płaszczyznach: czołowej (COPX) i strzałkowej (COPY) z częstotliwością próbkowania wynoszącą 100 Hz. Na podstawie zarejestrowanego przebiegu punktu COP w funkcji czasu określono wartości wskaźników równowagi ciała, które poddano dalszej analizie i zastosowano do oceny kontroli równowagi ciała [22]. W niniejszej pracy przeanalizowano następujące wskaźniki kontroli równowagi ciała:

Aim of this study is to determine whether 5-month training using specific balance exercises in accordance with the program improves body balance control. It seems reasonable to verify the effectiveness of the balance exercises that can be performed in all therapeutic conditions. Due to the limited access to specialized equipment and treatments, objective method to check the effects of balance training is also economically justified.

The study tried to answer the following questions:

1. Does the balance exercise program result in changes in body control after 5-month training, comparing to the initial state?
2. What changes in functioning of the left and right leg while standing freely the regular balance training causes?
3. What dependencies are there between the basic body size and indicators of balance control in children and adolescents with DS before and after the 5-month training? Does the balance training influence those dependencies?

Materials and methods

The provocative study involved 8 children and adolescents with DS (4 males and 4 females) aged 13-24 years, from the special school in Wołomin near Warsaw. All of them had a certificate of moderate or considerable intellectual disability. None of the participants had any musculoskeletal system injuries or neurological diseases (except DS) or vestibular disorders. All participants could move freely, weren't taking drugs and were communicative – understood simple commands. In order to determine the functional dominance of one lower limb, test was performed. Participants were asked to kick the ball, which was set directly in front them [21]. Seven of the 8 participants proved to be right-footed.

At the beginning of the experiment, participants performed twice, one after the other, 20-second attempt to place both feet on two AccuSway platforms (AMTI), one for each lower limb, without additional movements of the arms or head. Feet were placed apart parallel to the width of the hips. Measures were conducted with eyes opened, facing forward, and the arms hanging along the body. During the first measurement, the outline of each foot on a single sheet of paper was drawn, so that during the second measurement, participant would have the same feet position. After a 5-months exercise period, tests were repeated. Based on the foot outline, foot length was measured, taking into account points furthest located from each other, from heel bone to big toe or the second toe (if longer than big toe). Foot width was determined based on the distance of the outermost points of the outline of the foot at the level of I and V of the metatarsals heads. Data was stored using portable computer.

A computer program BIOANALISIS, compatible with platforms, was used to automatically calculate the instantaneous position of the point of application of the resultant of ground reaction force (*centre of pressure* – COP) in two planes: coronal (COPX) and sagittal (COPY) with a sampling rate of 100 Hz. On the basis of the registered course of COP point in time function, values of the indicators of balance of the body were specified, which were further analyzed and used to assess body balance control [22]. In this study, the following indicators of body balance control were analyzed:

- zakres COP [cm] – jest miernikiem maksymalnej oscylacji COP w kierunku bocznym (zakres COPX) i przednio-tylnym (zakres COPY), wskazuje na wielkość wychylenia całego ciała (kołysania postawy) w tych dwóch kierunkach ruchu;
- zmienność COP [cm] (SD COP) – to odchylenie standardowe od średniego położenia COP w czołowej płaszczyźnie ruchu (SD COPX) i w strzałkowej (SD COPY);
- pola elipsy [cm²] – jest to pole powierzchni, wewnątrz którego przemieszcza się punkt COP we wszystkich kierunkach;
- prędkość przemieszczeń COP [cm/s] (V) – wskaźnik ten oznacza prędkość przemieszczania się punktu COP w różnych kierunkach ruchu, a pośrednio odzwierciedla szybkość reagowania naciskiem stóp na chwilowe zachwiania równowagi ciała.

Autorski program ćwiczeń równoważnych zastosowanych podczas eksperymentu badawczego

Podczas 5-miesięcznego eksperymentu 8-osobowa grupa uczestniczyła na zajęciach z fizjoterapii, gdzie realizowano program ćwiczeń równoważnych. Zajęcia odbywały się dwa razy w tygodniu po 45 minut i były przeprowadzane indywidualnie. Autorski program 24 ćwiczeń równoważnych zawierał ćwiczenia o charakterze obrotowym, stabilizująco-wzmacniającym, na ruchomym podłożu, na stabilnym podłożu oraz na niestabilnym podłożu.

Ćwiczenia z elementem obrotowym:

1. Postawa stojąca na podłodze – trzy obroty wokół własnej osi z zamkniętymi oczami, zatrzymanie się, otwarcie oczu, utrzymanie pozycji, stojąc nieruchomo;
1° trudności – utrzymanie pozycji, stojąc obunóż, oczy otwarte,
2° trudności – utrzymanie pozycji, stojąc jednonóż, oczy otwarte,
3° trudności – utrzymanie pozycji, stojąc jednonóż, oczy zamknięte.
2. Leżenie tyłem na materacu – cztery obroty tułowia, wstanie i utrzymanie pozycji, stojąc;
1° trudności – jw.,
2° trudności – jw.,
3° trudności – jw.
3. Postawa stojąca na podłodze – trzy obroty wokół własnej osi, zatrzymanie, przejście po 2-metrowej taśmie w przód i w tył, kontrola postawy w lustrze;
1° trudności – chód po taśmie z otwartymi oczami,
2° trudności – chód po taśmie z zamkniętymi oczami.

Ćwiczenia stabilizująco-wzmacniające (RR oznacza obie kończyny górne, NN – obie kończyny dolne oraz R, N – jedna kończyna odpowiednio):

4. Siad płaski na materacu, RR podparte z tyłu – wyprost NN, siad równoważny;
1° trudności – utrzymanie pozycji końcowej ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – utrzymanie pozycji końcowej ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
5. Leżenie tyłem na materacu, NN ugięte – wyprost (wznos) bioder z jednoczesnym wyprostem lewej / prawej N;
1° trudności – utrzymanie pozycji końcowej ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – utrzymanie pozycji końcowej ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
6. Leżenie przodem na materacu, RR zgięte podparte – podpór, leżąc przodem (wyprost RR jeden raz);

- The scope of the COP [cm] – is a measure of the maximum oscillation of the COP in the lateral (COPX range) and anterior-posterior direction (COPY range); indicates the size of the deflection of the whole body (postural sway) in the two directions of motion;
- COP variability [cm] (SD COP) – this is the standard deflection from the average COP position in the coronal (SD COPX) and sagittal (SD COPY) plane of motion;
- ellipse field [cm²] – a surface area within which the COP point moves in all directions;
- COP displacement velocity [cm/s] (V) – this indicator is the speed of movement of the COP point in different directions of motion, and indirectly reflects the responsiveness of the feet pressure on ground to temporary imbalances of the body.

Authorial balance exercise program used during the experiment research

During the 5-month experiment, a group of 8 participants took part in physiotherapy, where the balance exercise program was carried out. Classes were held twice a week and lasted 45 minutes each, and were conducted individually. Authorial program of 24 balance exercises contained rotary, reinforcing and stabilizing exercises, exercises performed on mobile, fixed and unstable floor.

Exercises with the rotary element:

1. Standing position on the floor – three rotations on its axis with eyes closed, stopping, eyes opening, maintaining position, standing motionless;
1 degree of difficulty – maintaining the position, standing bipedally, eyes opened,
2 degree of difficulty – maintaining the position, monopodal standing, eyes opened,
3 degree of difficulty – maintaining the position, monopodal standing, eyes closed.
2. Lying back on a mattress – four body rotations, stand up and holding standing position;
1 degree of difficulty – as above,
2 degree of difficulty – as above,
3 degree of difficulty – as above.
3. Standing position on the floor – three rotations on its axis, stop, moving forward along 2-meter tape back and forth, posture control in the mirror;
1 degree of difficulty – walking along a tape with eyes opened,
2 degree of difficulty – walking along a tape with eyes closed.

Reinforcing and stabilizing exercises (RR indicates both upper limbs, NN – both lower limbs and R, N – one limb, respectively):

4. I-sit on a mattress, RR support hold behind the back – NN straight, boat pose;
1 degree of difficulty – maintaining the end position with eyes opened,
2 degree of difficulty – maintaining the end position with eyes closed.
5. Lying back on a mattress, NN bent – hip extension (raising) while extending the left/right N;
1 degree of difficulty – maintaining the end position with eyes opened,
2 degree of difficulty – maintaining the end position with eyes closed.
6. Lying face down on a mattress, RR bent and supported (RR extension one time);

- 1° trudności – utrzymanie pozycji końcowej ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – utrzymanie pozycji końcowej ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
7. Leżenie przodem na dużej piłce – przejście w przód w podparze na rękach, piłka pod stawami skokowymi, prosty tułów;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
- Ćwiczenia na ruchomym podłożu:
8. Postawa stojąca na ruchomej „kładce” – przejście w przód i w tył po „kładce” (ćw. 8. i 9. z ochroną terapeutyczną);
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
9. Postawa stojąca bokiem na ruchomej „kładce” – przejście bokiem po „kładce”;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
- Ćwiczenia na niestabilnym podłożu:
10. Leżenie tyłem na materacu, NN wyprostowane na dużej piłce – wyprost (wznos) bioder;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji końcowej przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji końcowej przy oczach zamkniętych.
11. Siad na dużej piłce, stopy dotykają podłoża – oderwanie stóp od podłoża;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji końcowej przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji końcowej przy oczach zamkniętych.
12. Postawa stojąca na „dysku pneumatycznym” – półprzysiady (z ochroną terapeutyczną);
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
13. Postawa stojąca na „dysku pneumatycznym”, woreczek na głowie – utrzymanie pozycji stojącej;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
14. Postawa stojąca na „dysku pneumatycznym” – wznos lewej / prawej N (z ochroną terapeutyczną);
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
15. Postawa stojąca na „dysku pneumatycznym” – odbijanie balonu oburącz
1° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji, stojąc obunóż,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji, stojąc jednoonóż.
16. Siad na dużej piłce, kończyny dolne ugięte – naprzemienny wznos lewej / prawej R i N
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
- 1 degree of difficulty – maintaining the end position with eyes opened,
2 degree of difficulty – maintaining the end position with eyes closed.
7. Lying face down on a large ball – moving forward using support of hands, the ball at the ankles, straight body;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
- Exercises on moving floor:
8. Standing position on a moving „catwalk” – going back and forth on the „catwalk” (exercises 8 and 9 with the therapist assistance);
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
9. Standing sideways on mobile „catwalk” – moving sideways along the „catwalk”;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
- Exercises on unstable floor:
10. Lying back on a mattress, NN extended on a large ball – extension (raising) of hips;
1 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining end position with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining end position with eyes closed.
11. Sit on a large ball, feet touching the ground – detaching feet from the ground;
1 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining end position with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining end position with eyes closed.
12. Standing position on a „pneumatic disc” – half-crouches (with the therapist assistance);
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
13. Standing position on a „pneumatic disc”, bag on head – maintaining standing position;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
14. Standing position on the „pneumatic disc” – raising the left / right N (with the therapist assistance);
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
15. Standing position on the „pneumatic disc” – bouncing the balloon with both hands
1 degree of difficulty – doing the exercises and maintaining the position standing bipedally,
2 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining the position standing monopodally.
16. Sit on a large ball, lower limbs bent – alternate raising of left/right R and N
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,

- 2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
17. Siad na piłce, NN ugięte – odbijanie balonu, wykonanie ćwiczenia z jednoczesnym wznosem prawej / lewej N.
18. Postawa stojąca na „dysku pneumatycznym” w pozycji zakroczno-wykrocznej;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji końcowej przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia i utrzymanie pozycji końcowej przy oczach zamkniętych.
- Ćwiczenia na stabilnym podłożu (z ochroną terapeuty):
19. Postawa stojąca na podłodze – wychylenia całego ciała w przód i w tył bez oderwania stóp od podłoża;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
20. Klęk prosty na materacu – wychylenia całego ciała w przód i w tył;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
21. Klęk podparty na materacu – naprzemianstronny wznos lewej R i prawej N;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
22. Postawa stojąca na podłodze – stanie jednonóż;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
23. Postawa stojąca na podłodze – „waga przodem”;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych,
3° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych, stojąc na „dysku pneumatycznym”,
4° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych na „dysku pneumatycznym”.
24. Postawa stojąca na podłodze – przejście po 2-metrowej taśmie w przód i w tył z woreczkiem na głowie;
1° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach otwartych,
2° trudności – wykonanie ćwiczenia przy oczach zamkniętych.
- 2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
17. Sit on a ball, NN bent – bouncing a balloon, doing exercises while raising the right/left N.
18. Standing position on the „pneumatic disc” in lunge position;
1 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining end position with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise and maintaining end position with eyes closed.
- Exercise on a stable floor (with the therapist assistance):
19. Standing position on the floor – whole body swinging back and forth without detaching feet from the ground;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
20. Kneel on a mattress – the whole body swinging back and forth;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
21. Supported kneel on a mattress – alternate raising left R and right N;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
22. Standing position on a floor – on one leg;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
23. Standing position on a floor – „front lever”;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.
3 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened, standing on the „pneumatic disc”,
4 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed standing on „pneumatic disc.”
24. Standing position on the floor – walking along the 2-meter tape back and forth with a bag on head;
1 degree of difficulty – doing the exercise with eyes opened,
2 degree of difficulty – doing the exercise with eyes closed.

Bardzo istotnym elementem w terapii była gradacja stopnia trudności. Osoby z DS wykonywały ćwiczenie przy oczach otwartych, a następnie przy zamkniętych. Na początku wiele ćwiczeń było wykonywanych ze wspomaganie ruchu, ale w miarę pokonywania trudności przez ćwiczącego terapeuta stosował opór manualny, który utrudniał ćwiczenie. W czasie wielu ćwiczeń wykorzystywano lustro, aby dziecko mogło otrzymać zwrotną informację o jakości wykonanego ćwiczenia. Wszystkie ćwiczenia prowadzono indywidualnie z każdym uczestnikiem i stosowano ochronę podczas trudniejszych ćwiczeń, grożących upadkiem.

Analiza statystyczna

Rozkłady wyników zostały sprawdzone przy użyciu test Shapiro–Wilk’a pod względem normalności. Stwierdzono, że

A very important element in the therapy was gradation of difficulty level. People with DS performed the exercises with eyes opened, and then closed. At the beginning, many exercises were performed with movement support, but after overcoming difficulties by the participants, the therapist applied manual resistance, which made it more difficult to exercise. Many of the exercises used a mirror so that the child could have received feedback about the quality of a conducted exercise. All exercises were conducted individually with each participant and in case of more difficult exercises with a threat of falling, protection were used.

Statistical analysis

Results were checked using the Shapiro–Wilk test in terms of normality. It was found that most of the results do not meet

większość rozkładów wyników nie spełnia warunku normalności, w dlatego w pracy zastosowano statystyczne techniki nieparametryczne:

- wartości mediany, rozstępu kwartyli oraz wartości minimalnych i maksymalnych,
- test Kruskala–Wallisa dla wielokrotnych (dwustronnych) porównań w celu ustalenia, czy wyniki otrzymane w pierwszej i drugiej próbie stania podczas każdej sesji różnią się od siebie istotnie i czy można je traktować jako osobne próby,
- test kolejności par Wilcozona w celu ustalenia istotnej różnicy między parami pomiarów w 1. i 2. sesji, uwzględniając lewą i prawą kończynę dolną,
- korelacje porządku rang Spearmana w celu ustalenia zależności między cechami budowy ciała a wynikami wskaźników stabilności uzyskanych po 1. i po 2. sesji badań.

Do analizy i obliczeń wyników zastosowano program STATISTICA 9.0. Przyjęto poziom $p < 0,05$ do określenia istotności różnic między medianami.

Wyniki

Wyniki otrzymane w pierwszej i drugiej próbie stania podczas każdej z dwóch sesji badań nie wykazały istotnych różnic względem siebie, założono zatem, że próby te można traktować jako oddzielne. Wyniki eksperymentu badawczego zaprezentowano w formie rycin i tabel.

Na rycinach przedstawiono tylko te wyniki, w których zanotowano istotne różnice między medianami w 1. i 2. sesji badań, tzn. przed 5-miesięcznym treningiem równowagi i po jego zakończeniu. Różnice statystycznie istotne stwierdzono w prędkości COP prawej kończyny dolnej (ryc. 1) oraz w zakresie oscylacji COP w płaszczyźnie strzałkowej w prawej i lewej kończynie dolnej (ryc. 2 i 3).

the conditions of normality that is why the work used non-parametric statistical techniques:

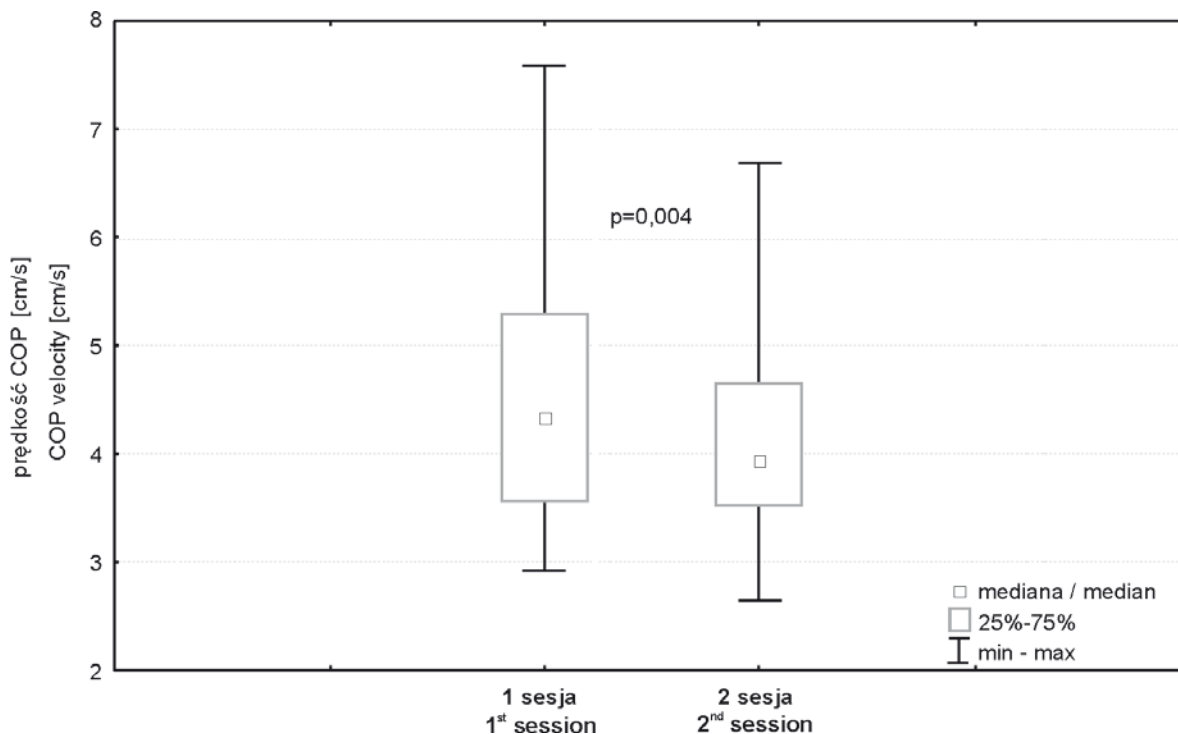
- values of median, interquartile range and minimum and maximum values,
- Kruskal-Wallis analysis for multiple (bilateral) comparisons in order to determine whether the results obtained in the first and second standing trials during each session differ significantly and whether they can be treated as separate samples,
- Wilcoxon matched pairs test to determine significant differences between pairs of measurements in the first and second session, considering both left and right lower limb,
- Spearman's rank order correlations to determine the relationship between the characteristics of body build and indicators of stability obtained after the first and the second research session.

For analysis and calculation of results, STATISTICA 9.0 software was used. The level of $p < 0.05$ was accepted to determine the significance of differences between the medians.

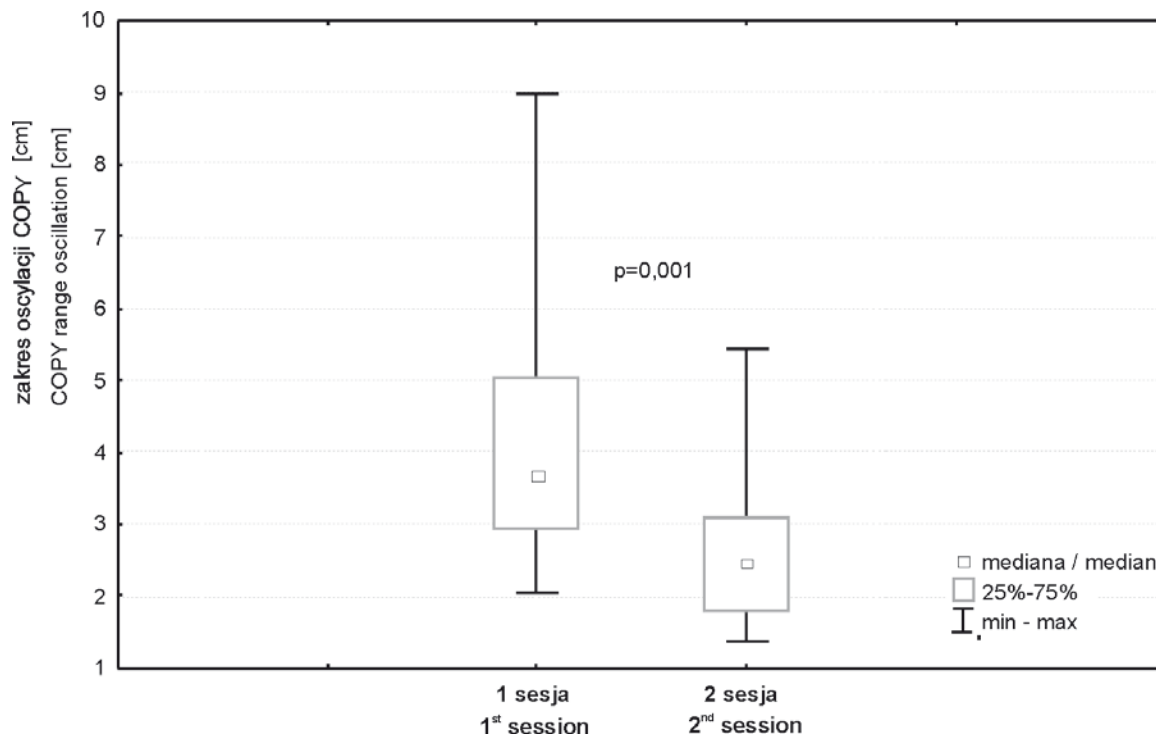
Results

The results obtained in the first and second standing trials during each of the two research sessions showed no significant differences with respect to each other, therefore it was assumed, that these trials can be treated as separate. The experimental results of the research are presented in form of figures and tables.

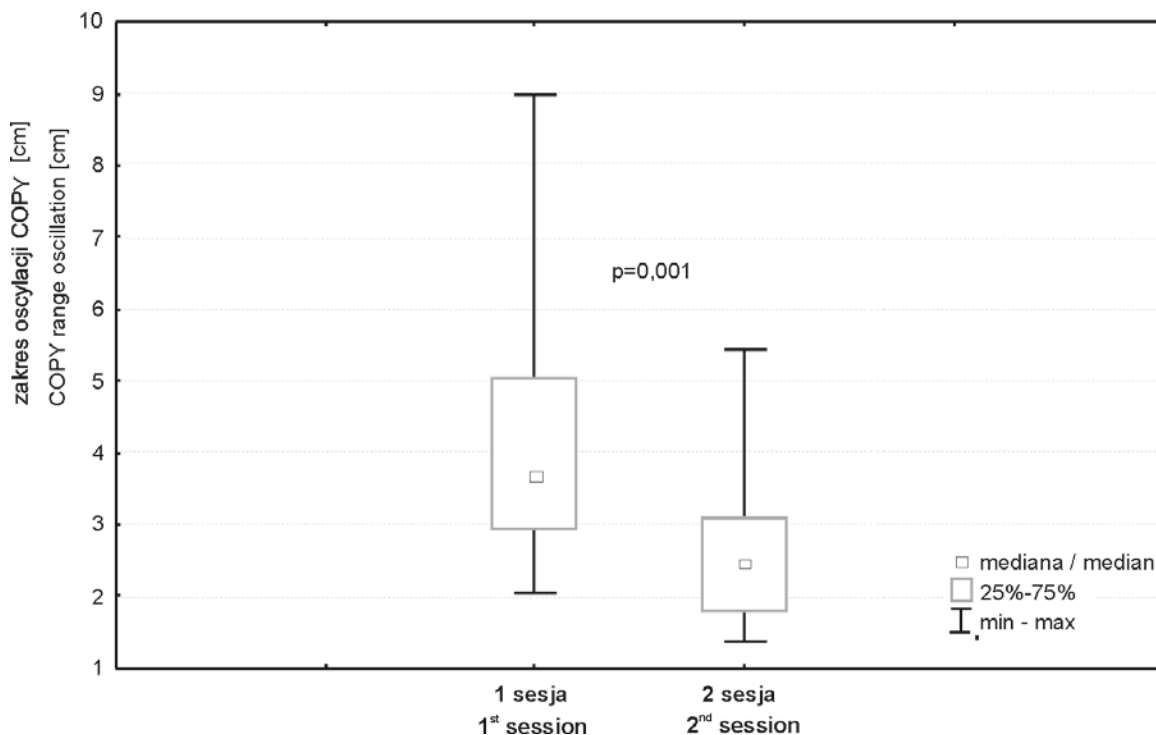
The figures show only those results were significant differences between the medians have been recorded in the first and second research session, i.e. before the 5-month balance training and after its completion. Statistically significant differences were found in the COP velocity of right lower limb (Fig. 1) and on the COP oscillation in the sagittal plane of the right and left lower limb (Fig. 2 and 3).



Ryc. 1. Wskaźnik prędkości COP prawej kończyny dolnej w 1. i 2. sesji badań
Fig. 1. The COP velocity of right lower extremity in the 1st and the 2nd research session



Ryc. 2. Wskaźnik zakresu oscylacji COP w płaszczyźnie strzałkowej prawej kończyny dolnej w 1. i 2. sesji badań
Fig. 2. The COP range oscillation of right lower extremity in sagittal plane in the 1st and 2nd research session



Ryc. 3. Zakres oscylacji COP w płaszczyźnie strzałkowej lewej kończyny dolnej w 1. i 2. sesji badań
Fig. 3. The COP range oscillation of left lower extremity in sagittal plane in the 1st and 2nd research session

Prędkość COP prawej kończyny dolnej w 2. sesji badań dzieci z DS istotnie zmniejszyła się w odniesieniu do prędkości COP tej samej kończyny w 1. sesji badań ($p = 0,004$). Wskaźnik prędkości COP wykazywał istotnie niższe wartości (3,94 cm/s; min.-max: 2,67-6,69) po 5-miesięcznym treningu równowagi w porównaniu ze stanem

COP velocity of right leg in the second research session of children with DS significantly decreased in relation to the COP velocity of the same limb in first research session ($p=0.004$). COP velocity indicator showed significantly lower values (3.94 cm/s; min-max: 2.67-6.69) after 5-month balance training compared to the state before

przed rozpoczęciem programu ćwiczeń (4,35 cm/s; min.-max: 2,92–7,58).

Zakres oscylacji COP prawej kończyny dolnej w płaszczyźnie strzałkowej zmniejszył się istotnie po 5-miesięcznym treningu w stosunku do stanu początkowego (p = 0,001). Wskaźnik zakresu oscylacji COP wykazywał istotnie niższe wartości w 2. sesji (2,46 cm; min.-max: 1,36-5,42) w odniesieniu do stanu przed rozpoczęciem programu ćwiczeń (3,68 cm; min.-max: 2,03-8,98). Na uwagę zasługuje wyraźne zmniejszenie się odległości minimalnej i maksymalnej wartości położenia punktu COP w strzałkowej płaszczyźnie ruchu.

Zakres oscylacji COP lewej kończyny dolnej w płaszczyźnie strzałkowej w 2. sesji badań dzieci z DS zmniejszył się znacząco w stosunku do stanu przed cyklem treningowym (p = 0,004). Zakres oscylacji COP wykazywał istotnie niższe wartości po 5-miesięcznym treningu równowagi (2,91cm; min.-max: 1,15-4,86) w odniesieniu do stanu przed rozpoczęciem programu ćwiczeń (4,55cm; min-max: 2,61-6,76).

Zależności między cechami budowy ciała a wskaźnikami stabilności uzyskanymi w 1. i w 2. sesji badań przedstawiono w formie tabel.

Wyniki z tabeli 1 uzyskane w 1. i w 2. sesji badań wskazują na całkowity brak zależności między wskaźnikami kontroli równowagi lewej kończyny dolnej a wiekiem badanych. Zaobserwowano istotną ujemną zależność między masą ciała a wskaźnikiem prędkości tylko w 1. sesji badań; zależność tej nie odnotowano w 2. sesji. Wysokość ciała korelowała odwrotnie ze wskaźnikami pola elipsy i prędkości COP w obu sesjach, ale w 2. sesji badań pojawiła się jeszcze ponadprzeciętna zależność zakresu i zmienności COP w płaszczyźnie strzałkowej z wysokością ciała (tab. 1).

starting an exercise program (4.35 cm/s; min-max: 2.92-7.58).

The COP oscillation range of right leg in the sagittal plane significantly decreased after 5-month training in relation to initial state (p = 0.001). COP oscillation range indicator showed significantly lower values in the second session (2.46 cm min-max: 1.36-5.42) in relation to the state before starting an exercise program (3.68 cm min-max: 2.03-8.98). Noteworthy is a distinct reduction in the distance of minimum and maximum position of the COP in the sagittal plane of motion.

The COP oscillation range of left lower limb in the sagittal plane in the second research session of DS children decreased significantly, compared to the state before training cycle (p=0.004). The COP oscillation range showed significantly lower values after 5-month balance training (2.91cm; min-max: 1.15-4.86) in relation to the state before starting an exercise program (4.55cm; min-max: 2.61-6.76).

The relationship between the characteristics of body building and sustainability indicators obtained in the first and second research sessions is presented in tabular form.

The results in Table 1 obtained in first and in second session of the research indicate a complete lack of relationship between indicators of balance control of left lower limb and the age of the subjects. There was a significant negative correlation observed between body weight and velocity indicator only in the first research session; this dependency was not recorded in the second session. Body height was correlated inversely with the rate of COP velocity and ellipse field in both sessions, but in the second research session, there was also unusual dependence of the COP range and variability in the sagittal plane with the body height (Tab. 1).

Tabela 1. Wartości współczynników korelacji porządku rang Spearmana między cechami budowy ciała a wskaźnikami kontroli równowagi dla osób z zespołem Downa w 1. i w 2. sesji badań dla lewej kończyny dolnej

Table 1. Coefficients of the Spearman rank order correlations between body build characteristics and indicators of body balance control for people with Down syndrome in the first and second research session for the left lower limb

	Sesja badań Research Session						Sesja badań Research Session					
	zakres COPX COPX range [cm]	zakres COPY COPY range [cm]	SD COPX SD COPX [cm]	SD COPY SD COPY [cm]	pole elipsy ellipse field [cm]	V [cm/s]	zakres COPX COPX range [cm]	zakres COPY COPY range [cm]	SD COPX SD COPY [cm]	SD COPY SD COPY [cm]	pole elipsy ellipse field [cm ²]	V [cm/s]
Wiek (lata) Age (years)	-0,44	-0,24	-0,45	-0,25	-0,50	0,27	0,06	0,08	-0,01	-0,04	-0,03	0,46
Masa ciała Body mass [kg]	0,09	-0,19	0,19	-0,28	-0,31	-0,63*	0,21	-0,29	0,39	-0,29	-0,51	-0,48
Wys. ciała Body height [cm]	-0,13	-0,46	0,00	-0,43	-0,58*	-0,78*	-0,16	-0,62*	0,03	-0,59*	-0,63*	-0,74*
BMI	0,46	0,24	0,48	0,19	0,33	-0,20	0,48	0,22	0,55*	0,22	0,11	-0,11
Dł. stopy Foot length [cm]	0,18	-0,22	0,28	-0,22	-0,34	-0,75*	0,06	-0,49	0,25	-0,47	-0,63*	-0,82*
Szer. stopy Foot width [cm]	0,17	-0,30	0,33	-0,27	-0,33	-0,96*	0,08	-0,52*	0,33	-0,47	-0,52*	-0,86*

* Istotna wartość współczynnika korelacji

* Significant correlation coefficient

Wykazano istotną dodatnią zależność między wskaźnikiem BMI a wskaźnikiem zmienności COP w płaszczyźnie czołowej jedynie w 2. sesji badań. Nie odnotowano takiej zależności w 1. sesji. Długość i szerokość lewej stopy wykazała wysoki odwrotny związek z prędkością COP w 1. sesji badań, który utrzymał się również po 5-miesięcznym treningu. Oprócz tego pojawiły się istotne odwrotne zależności między długością i szerokością lewej stopy z polem elipsy COP oraz związek szerokości stopy lewej z zakresem COP w płaszczyźnie strzałkowej (tab. 1).

Między wiekiem badanych a zakresem i zmiennością COP w obu płaszczyznach ruchu wystąpiła istotna odwrotna zależność podczas 1. sesji badań, czego nie obserwowano już w 2. sesji (tab. 2). Nie zanotowano żadnej znaczącej zależności między masą ciała i wskaźnikami stabilności w żadnej z sesji. Odwrotną zależność odnotowano w przypadku wysokości ciała i wskaźnika prędkości tylko w 2. sesji badań (tab. 2). Wskaźnik BMI wykazał istotny dodatni związek ze wskaźnikiem zmienności COP w płaszczyźnie strzałkowej w 1. sesji badań, ale po 5-miesięcznym treningu ta zależność zniknęła. Nie zaobserwowano żadnych istotnych związków rozmiarów stóp ze wskaźnikami stabilności ciała ani w 1. ani w 2. sesji badań.

There was a significant positive correlation between BMI and the ratio of the COP variability in the frontal plane only in the second research session. There was no such relationship in the first session. The length and width of left foot showed an inverse relationship with the COP velocity in the first research session, which was maintained even after 5-month training. In addition, there was significant inverse relationship between the length and width of left foot with COP ellipse field and the relationship of left foot width with the COP scope in sagittal plane (Tab. 1).

There was a significant inverse relationship during first research session between age of the subjects and the COP range and variability in both planes of motion, which was not observed in the second session (Tab. 2). There has been no significant relationship between body weight and stability indicators in any of the sessions. An inverse relationship was observed in case of body height and speed indicator only in the second research session (Tab. 2). BMI shows a significant positive correlation with the rate of COP variation in sagittal plane in the first research session, but after 5-month training, this relationship disappeared. There was no significant correlation between the size of foot with body stability indicators in the first or second research session.

Tabela 2. Wartości współczynników korelacji porządku rang Spearmana między cechami budowy ciała a wskaźnikami kontroli równowagi dla osób z zespołem Downa w 1. i w 2. sesji badań dla prawej kończyny dolnej

Table 2 Coefficients of the Spearman rank order correlations between body build characteristics and indicators of body balance control for people with Down syndrome in the first and second research session for the right lower limb

	1. Sesja badań 1. Research Session						2. Sesja badań 2. Research Session					
	zakres COPX COPX range [cm]	zakres COPY COPY range [cm]	SD COPX SD COPX [cm]	SD COPY SD COPY [cm]	pole elipsy ellipse field [cm ²]	V [cm/s]	zakres COPX COPX range [cm]	zakres COPY COPY range [cm]	SD COPX SD COPX [cm]	SD COPY SD COPY [cm]	pole elipsy ellipse field [cm ²]	V [cm/s]
Wiek (lata) Age (years)	-0,72*	-0,68*	-0,63*	-0,66*	-0,49	-0,12	-0,44	-0,34	-0,38	-0,41	-0,47	-0,04
Masa ciała Body mass [kg]	-0,04	0,19	0,06	0,25	0,13	-0,38	0,07	0,18	0,17	0,06	0,005	-0,45
Wys. ciała Body height [cm]	-0,10	-0,09	0,074	-0,19	0,09	-0,39	-0,14	-0,15	-0,10	-0,29	-0,35	-0,62*
BMI	0,31	0,45	0,11	0,52*	0,004	-0,21	0,41	0,36	0,47	0,36	0,30	0,002
Dł. stopy Foot length [cm]	0,41	0,36	0,47	0,31	0,43	-0,14	0,29	0,31	0,30	0,16	0,21	-0,33
Szer. stopy Foot width [cm]	0,19	0,02	0,17	0,001	-0,04	-0,45	0,33	0,12	0,35	-0,05	-0,12	-0,43

* Istotna wartość współczynnika korelacji

* Significant correlation coefficient

Dyskusja

Celem eksperymentu było sprawdzenie, czy po 5-miesięcznym specyficznym treningu równowaga ciała poprawi się u 8 osób z zespołem Downa. Wyniki wykazały obniżenie się wartości jedynie dwóch wskaźników kontroli równowagi po 5-miesięcznym cyklu treningów. Istotnie zmniejszyła się średnia prędkość COP prawej kończyny dolnej oraz zakres prze-

Discussion

The aim of the experiment was to see if the 5-month specific training can improve body balance in 8 patients with Down syndrome. The results showed a decrease in the value of only two indicators of balance control after 5-month training cycle. The average COP velocity of right leg and the COP range of motion for both legs in

mieszkań COP obu kończyn dolnych w płaszczyźnie strzałkowej w odniesieniu do stanu przed treningiem równowagi. Prędkość przesunięć COP jest uznawana za jeden z najbardziej miarodajnych wskaźników kontroli równowagi [23] wśród różnych miar stosowanych do oceny stabilności ciała, ponieważ stanowi odbicie transmisji informacji wejściowych i wyjściowych w układzie sensomotorycznym. Wynika stąd, że jest to wskaźnik, który najlepiej weryfikuje podejmowane działania w kierunku poprawy kontroli równowagi na poziomie przewodzenia nerwowo-mięśniowego, a tym samym jest odzwierciedleniem sprawności funkcjonowania układu nerwowego jako sterownika dla mięśni kończyn dolnych. Dowiedziono również, że ten wskaźnik stabilności ciała jest wysoce powtarzalny w kolejnych próbach stania [22] już u 7-letnich zdrowych dzieci, co potwierdza jego miarodajność w ocenie kontroli równowagi ciała. Wprawdzie Kuczyński i wsp. [24] stwierdzili, że lepszą kontrolę równowagi ciała odzwierciedla większa średnia prędkość COP u siatkarzy w odniesieniu do nietrenujących dorosłych. Tłumaczy się to większą mobilizacją układu sterującego – centralnego systemu nerwowego. Obniżanie się prędkości kołysania postawy wraz z wiekiem zostało jednak udokumentowane jako typowy przejaw rozwoju, a tym samym poprawy kontroli postawy [25]. Badania w tej pracy dotyczą osób z DS, których długoterminowa reakcja na trening równowagi jest odzwierciedlona poprzez zbliżanie się do wyników zdrowych osób, tzn. do wartości około 1 cm/s osiąganego już przez 7-letnie dzieci [22], chociaż wartości prędkości COP u młodzieży z DS wciąż pozostają znacznie wyższe niż u zdrowych rówieśników, o czym donosi Villarroya i wsp. [17]. Autorzy ci wykazali, że nastolatki z DS charakteryzują się trzykrotnie wyższą średnią prędkością COP niż ich zdrowi rówieśnicy, zatem trening równowagi może przybliżać wartości tego wskaźnika do poziomu osiąganego przez zdrowe osoby z tej samej grupy wiekowej. Jeśli tak jest rzeczywiście, to można stwierdzić, że rezultaty badań przedstawionych w niniejszej pracy świadczą o istotnej poprawie kontroli równowagi ciała u młodych osób z DS po zastosowaniu specyficznych ćwiczeń kształtujących równowagę ciała.

Znaczące zmniejszenie się prędkości COP obserwowano tylko w przypadku prawej kończyny dolnej. Przyczyną takich wyników może być najczęściej spotykana (82% u zdrowych osób) dominacja czynnościowa prawej kończyny dolnej podczas inicjacji zadania ruchowego [26]. Zmniejszenie prędkości COP prawej stopy u badanych z DS w niniejszej pracy potwierdza prawonożność u większości badanych (7 spośród 8 osób). Wydaje się uzasadnione to, że efekty specyficznego treningu równowagi przejawiały się właśnie jako poprawa funkcjonowania prawej kończyny dolnej podczas stania w naturalnej pozycji dwunożnej. Potwierdza to także znacząca korelacja między wysokością ciała i prędkością COP prawej kończyny dolnej, która pojawiła się w 2. sesji badań (tab. 2). Zniknęły natomiast istotne odwrotne korelacje między wiekiem badanych i ilościowymi wskaźnikami równowagi (zakresem COP, zmiennością, polem elipsy) z 1. sesji badań, a także dodatnia korelacja między zmiennością COP w płaszczyźnie strzałkowej a wskaźnikiem BMI. Badania przed rozpoczęciem treningu równowagi są odzwierciedleniem stanu wyjściowego sprawności kontroli równowagi osób z DS, a ten może być związany z wiekiem i aktywnością szkolną. Młodzież z DS kończy edukację szkolną na podstawowym poziomie, a potem zwykle pozostaje w domu (obserwacje własne pierwszego autora). Z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że ich aktywność fizyczna i życiowa zmniejsza się po zakończeniu szkoły podstawowej, tzn. w wieku około 14 lat, stąd prawdopodobnie ta odwrotna korelacja indeksów stabilności z wiekiem. Trening równowagi jednak zupełnie eliminuje korelacje między wskaźnikami równowagi a wiekiem (tab. 2) w przypadku prawej kończyny dolnej (dominującej czyn-

the sagittal plane significantly decreased, comparing to the state before balance training. COP shifts velocity is considered to be one of the most reliable indicators of balance control [23] among the various measures used to assess the stability of the body, as it is a reflection of the transmission of input and output in the sensorimotor system. It means that it is an indicator that best verifies actions taken to improve balance control at the level of neuromuscular conduction, and thus is a reflection of the efficiency of nervous system as a controller for the muscles of lower limbs. It was also proved that this indicator of body stability is highly reproducible in subsequent standing trials [22] already in 7-year-old healthy children, which confirms the reliability of assessment of body balance control. Admittedly, Kuczyński et al. [24] found that better control of body balance reflects higher average COP velocity in volleyball players compared to the untrained adults. This is explained by a greater mobilization of the control system – central nervous system. Lowering the speed of postural swing with age, however, was documented as a typical manifestation of development, thus improving postural control [25]. The research in this paper applies to people with DS, which long-term response to balance training is reflected by bringing the results close to results of healthy people, i.e. to about 1 cm/s, achievable already for 7-year-old children [22], although the COP velocity in adolescents with DS is still significantly higher than in healthy peers, as reported by Villarroya et al. [17]. The authors proved that adolescents with DS have a three times higher average COP velocity than their healthy peers, therefore, balance training can approximate value of this indicator to the level achieved by healthy people of the same age group. If it is so, it can be concluded that results of the research presented in this study demonstrate a significant improvement in the control of body balance in young people with DS, after specific exercises for body balance improving.

A significant reduction in COP velocity was observed only in case of the right lower limb. The reason for such results may be the most common (82% in healthy individuals) functional dominance of right leg during the initiation of motor task [26]. COP velocity reduction of right foot in subjects with DS in the present study confirms right-footedness in most subjects (7 of 8 people). It seems reasonable that the effects of specific balance training are manifested as an improvement in the functioning of right leg while standing in a natural bipedal position. It is also confirmed by a significant correlation between body height and COP velocity of right leg, which appeared in the second research session (Tab. 2). At the same time, significant inverse correlation between age of the subjects and quantitative indicators of balance (COP range, variability, ellipse field) of the first session of the research disappeared, as well as a positive correlation between the COP variability in the sagittal plane and BMI. Studies conducted before balance training reflect the base efficiency of balance control in people with DS, and this may be associated with a school age and activity. Young people with DS finish their education at the elementary school level, and then usually stay at home (the first author's own observations). It can be assumed with high probability, that their overall and physical activity are reduced at the end of primary school, i.e. approx. at the age of 14, so probably that's the cause for this inverse correlation of age and stability index. Balance training, however, completely eliminates the correlations between balance indicators and age (Tab. 2) in case of right lower limb (functionally dominant in most subjects). This proves the positive

nościowo u większości badanych). Dowodzi to pozytywnego wpływu specyficznego treningu równowagi na sprawność jej kontrolowania przez osoby z DS.

Efekt specyficznego treningu kontroli równowagi można zaobserwować także jako istotną korelację między masą, wysokością ciała i wymiarami lewej stopy a prędkością COP lewej kończyny dolnej (tab. 1). Znacząca zależność między masą ciała, z reguły zbyt dużą u osób z DS [8, 9, 27], a prędkością COP lewej kończyny dolnej przed treningiem równowagi znika po 5-miesięcznym specyficznym treningu. Pojawia się natomiast istotna zależność między wysokością ciała, wymiarami lewej stopy a zakresem, zmiennością i polem elipsy COP (tab. 1). Oznacza to, że osoby z DS rozpoznają ograniczenia stabilności ciała takie, jak wykorzystywana podczas stania powierzchnia pod stopą i wysokość ciała, które wpływają na kołysanie postawy dopiero po 5-miesięcznym treningu równowagi, czego nie potrafiły przed cyklem treningów.

Efekty treningu równowagi są szczególnie widoczne, kiedy analizuje się wskaźnik zakresu oscylacji COP w płaszczyźnie strzałkowej obu kończyn dolnych (ryc. 2 i 3). Po 5-miesięcznym treningu zakres przemieszczeń COP w kierunku przednio-tylnym badanych istotnie się zmniejszył w odniesieniu do tego wskaźnika przed rozpoczęciem treningów. Może to być związane z innym sposobem obciążania stóp podczas stania u osób z DS w porównaniu ze zdrowymi. Pau i wsp. [9] wykazali, że u osób z DS znacząco wzrasta (więcej niż dwukrotnie) obciążenie śródstopia w odniesieniu do grupy kontrolnej podczas naturalnego stania. Większe obciążanie śródstopia u dzieci z DS może potęgować efekt treningu równowagi wykazany w niniejszej pracy, przejawiający się jako zmniejszenie się zakresu COP w kierunku przednio-tylnym w przypadku obu kończyn dolnych. Zmniejszenie się zakresu oscylacji COP w odniesieniu do stanu wyjściowego jest uważane za wynik poprawy kontroli równowagi [21, 24, 28]. Można przypuszczać, że badani, którzy przed cyklem treningów wykorzystywali większy zakres przesunięć COP w kierunku przednio-tylnym, aby zachować stabilną pozycję ciała, a po treningu równowagi potrzebują mniejszego zakresu dla przemieszczeń COP, by wykonać to samo zadanie, wykazując się lepszą kontrolą równowagi.

Wnioski

Na podstawie przedstawionych wyników badań można stwierdzić, że uzyskano efekt poprawy kontroli równowagi u młodych osób z DS po 5-miesięcznym specyficznym treningu. Wyniki tej pracy, mimo że badaniom poddano niewielką grupę osób, dowodzą, że można z powodzeniem stosować specyficzne ćwiczenia równowagi według przedstawionego programu autorskiego, ponieważ oddziałują one terapeutycznie, a tym samym mogą mieć istotny wpływ na poprawę jakości życia osób z zespołem Downa.

Piśmiennictwo References

- [1] Cabeza-Ruiz R., García-Massó X., Centeno-Prada R.A., Beas-Jiménez J.D., Colado J.C., González L.M., Time and frequency analysis of the static balance in young adults with Down syndrome. *Gait Posture*, 2011, 33 (1), 23-28.
- [2] Palisano R.J., Walter S.D., Russell D.J., Rosenbaum P.L., Gémus M., Galuppi B.E., Cunningham L., Gross motor function of children with Down syndrome: cre-

ation of motor growth curves. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2001, 82 (4), 494-500.

The effect of specific balance control training can also be observed as a significant correlation between body weight, height and size of the left foot and the COP velocity of the left lower limb (Tab. 1). An important relationship between body weight, usually too high in people with DS [8, 9, 27] and the COP velocity of the left lower limb before balance training disappears after 5-month training. Meanwhile, there is a significant relationship between body height, dimensions of the left foot and COP range, variability and ellipse field (Tab. 1). This means that after 5-month balance training, people with DS recognize stability limitations of the body, such as surface under the foot used for standing and body height, which affect the postural sway. Those people could not recognize that before the training cycle.

Balance training effects are particularly evident when analyzing the COP oscillations rate in the sagittal plane of both lower limbs (Fig. 2 and 3). After a 5-month training COP shifts range in anterior-posterior direction of subjects significantly decreased with respect to initial state before trainings. This may be related to another method for burdening the feet when standing in individuals with DS compared with healthy subjects. Pau et al. [9] showed that in patients with DS metatarsal burden was significantly increased (more than twice) in relation to the control group during the natural standing. Larger metatarsal burden in children with DS may increase the effect of balance training demonstrated in this work, which can be observed in reduction in the COP scope in the anterior-posterior direction regarding both lower limbs. The decrease in the COP oscillation range comparing to the initial state is considered to be a result of improving the balance control [21, 24, 28]. It can be assumed that subjects who used greater COP range shifts in anterior-posterior direction before training cycle to maintain a stable posture, and need smaller COP range shifts after training to perform the same task, have a better balance control.

Conclusions

On the basis of the test results it can be concluded that improved balance control have been achieved in young people with DS after a 5-month specific training. The results of this work, despite the fact that only a small group of people was tested, show that specific balance training, based on authorial program, can be successfully used, because it acts therapeutically, and thus may have a significant impact on improving the quality of life of people with Down syndrome.

- [3] Pitetti K.H., Fernhall B., Comparing run performance of adolescents with mental retardation, with and without Down syndrome. *Adapt. Phys. Act. Quart.*, 2004, 21 (3).
- [4] Finesilver C., A new age for childhood diseases: Down syndrome. *RN*, 2002, 65 (11), 43-48.

- [5] Smith D.S., Health care management of adults with Down syndrome. *Am. Fam. Physician*, 2001, 64 (6), 1031-1039.
- [6] Roizen N.J., Petterson D., Down's syndrome. *Lancet*, 2003, 361 (9365), 1281-1289.
- [7] Prasher V.P., Review of donepezil, rivastigmine, galantamine and memantine for the treatment of dementia in Alzheimer's disease in adults with Down syndrome: implications for the intellectual disability population. *Int. J. Geriatr. Psychiatry*, 2004, 19 (6), 509-515.
- [8] Barnhart R.C., Connolly B., Aging and Down syndrome: implications for physical therapy. *Phys. Ther.*, 2007, 87 (10), 1399-1406.
- [9] Pau M., Galli M., Crivellini M., Albertini G., Foot-ground interaction during upright standing in children with Down syndrome. *Res. Dev. Disabil.*, 2012, 33 (6), 1881-1887.
- [10] Pitetti K., Baynard T., Agiovlastis S., Children and adolescent with Down syndrome, physical fitness and physical activity. *J. Sport Health Sci.*, 2012, in press, 1-11.
- [11] Galli M., Rigoldi C., Mainardi L., Tenore N., Onorati P., Albertini G., Postural control in patients with Down syndrome. *Disabil. Rehabil.*, 2008, 30 (17), 1274-1278.
- [12] Webber A., Virji-Babul N., Edwards R., Lesperance M., Stiffness and postural stability in adults with Down syndrome. *Exp. Brain Res.*, 2004, 155 (4), 450-458.
- [13] Vuillierme N., Marin L., Debu B., Assessment of static postural control in teenagers with Down syndrome. *Adapt. Phys. Act. Quart.*, 2001, 18, 417-433.
- [14] Rigoldi C., Galli M., Mainardi L., Crivellini M., Albertini G., Postural control in children, teenagers and adults with Down syndrome. *Res. Dev. Disabil.*, 2011, 32 (1), 170-175.
- [15] Carvalho R.L., Almeida G.L., Assessment of postural adjustments in persons with intellectual disability during balance on the seesaw. *J. Intellect. Disabil. Res.*, 2009, 53 (4), 389-395.
- [16] Gomes M.M., Barela J.A., Postural control in Down syndrome: the use of somatosensory and visual information to attenuate body sway. *Motor Control*, 2007, 11 (3), 224-234.
- [17] Villarroja M.A., González-Agüero A., Moros-García T., de la Flor Marín M., Moreno L.A., Casajús J.A., Static standing balance in adolescents with Down syndrome. *Res. Dev. Disabil.*, 2012, 33 (4), 1294-1300.
- [18] Cimolin V., Galli M., Grugni G., Vismara L., Precilios H., Albertini G. et al., Postural strategies in Prader-Willi and Down syndrome patients. *Res. Dev. Disabil.*, 2011, 32 (2), 669-673.
- [19] Gupta S., Rao B.K., Effect of strength and balance training in children with Down's syndrome: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.*, 2011, 25 (5), 425-432.
- [20] Tsimaras V.K., Fotiadou E.G., Effect of training on the muscle strength and dynamic balance ability of adults with Down syndrome. *J. Strength Cond. Res.*, 2004, 18 (2), 343-347.
- [21] Bieć E., Kuczyński M., Postural control in 13-year-old soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2010, 110 (4), 703-708.
- [22] Sobera M., Siedlecka B., Syczewska M., Posture control development in children aged 2-7 years old, based on the changes of repeatability of the stability indices. *Neurosci. Lett.*, 2011, 491 (1), 13-17.
- [23] Raymakers J.A., Samson M.M., Verhaar H.J., The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*, 2005, 21 (1), 48-58.
- [24] Kuczyński M., Rektor Z., Borzucka D., Postural control in quiet stance in the second league male volleyball players. *Hum. Mov.*, 2009, 10 (1), 12-15.
- [25] Bair W.N., Barela J.A., Whittall J., Jeka J.J., Clark J.E., Children with developmental coordination disorder benefit from using vision in combination with touch information for quiet standing. *Gait Posture*, 2011, 34 (2), 183-190.
- [26] Goldie P.A., Bach T.M., Evans O.M., Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1989, 70 (7), 510-517.
- [27] Agulló I.R., González B.M., Motor development in children with Down syndrome and associated osteoarticular pathology. *Int. Med. J. Down Syn.*, 2006, 10, 3, 34-40.
- [28] Kuczyński M., Szymańska M., Bieć E., Dual-task effect on postural control in high-level competitive dancers. *J. Sports Sci.*, 2011, 29 (5), 539-545.

Adres do korespondencji:**Address for correspondence:**

Izabela Drzewowska
ul. Lipińska 142
05-200 Wołomin
iza_drzewowska@op.pl

Wpłynęło / Submitted: V 2013
Zatwierdzono / Accepted: IX 2013