

Kompensacja skolioz a reakcje posturalne u dziewcząt w wieku szkolnym

Scoliosis compensation and postural responses in school girls

Wilczyński J¹, Habik N², Paprocki M², Rychter P², Wilczyński I², Dworakowska D²

1. dr hab. prof. UJK, Kierownik Zakładu Neurologii, Rehabilitacji Neurologicznej i Kinezyterapii, opiekun Pracowni Posturologii, Instytut Fizjoterapii, Wydział Lekarski i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach,
2. Habik Natalia, Paprocki Michał, Rychter Paweł, Wilczyński Igor, Dworakowska Danuta: Doktoranci, Instytut Fizjoterapii, Wydział Lekarski i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach.

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem badań była analiza związku między kompensacją skolioz a reakcjami posturalnymi u dziewcząt w wieku szkolnym. **Materiał i Metody.** Badaniami objęto 28 dziewcząt w wieku 7-18 lat. W badaniach kręgosłupa wykorzystano fotogrametryczną metodę moiré. Na podstawie wielkości kąta skrzywienia kręgosłupa wyodrębniono postawę skoliotyczną: 1-9° i skoliozy: ≥10°. Reakcje posturalne badano statyczno-dynamiczną platformą ST 310 Plus Stability System firmy TecnoBody. **Wyniki.** Dzieci z postawą skoliotyczną było 21 (75) a ze skoliozą 7 (25%). W skrzywieniach pierwotnych zarówno w badaniu z oczami otwartymi jak i zamkniętymi wystąpiły istotne wprost proporcjonalne korelacje między zmiennymi skoliotycznymi a reakcjami posturalnymi. Większym wartościom zmiennych skoliotycznych towarzyszył wzrost reakcji posturalnych. W skrzywieniach wtórnych zarówno w badaniu z oczami otwartymi jak i zamkniętymi wystąpiły istotne ale odwrotnie proporcjonalne korelacje między zmiennymi skoliotycznymi a reakcjami posturalnymi. Zgodnie z zasadą kompensacji wyższym wartościom zmiennych skoliotycznych towarzyszył spadek reakcji posturalnych. **Wniosek.** W skoliozach skompensowanych poprzez wyrównanie skrzywień pierwotnych i wtórnych obserwowano niższe

amplitudy reakcji posturalnych. Terapia skolioz powinna być nakierowana na korekcję wygięcia pierwotnego. Niwelowanie wygięć wtórnych musi być temu podporządkowane. Doprowadzenie do zmniejszenia wygięć wtórnych bez uzyskania jednoczesnego niwelowania wygięcia pierwotnego jest szkodliwe.

ABSTRACT

Introduction. The aim of the study was to analyze the relationship between scoliosis compensation and postural responses in school girls. **Material and Methods.** Spinal testing was carried out using the photogrammetric Moiré method. Based on the angle size of the spinal curvature, scoliosis posture was distinguished: 1-9° and scoliosis: $\geq 10^\circ$. Postural reactions were examined using the ST 310 Plus Stability System, Tecnobody platform. **Results.** There were 21 (75%) children with scoliotic posture and 7 (25%) with scoliosis (25%). In primary spinal clavicular, both during tests with open and closed eyes, there were significant direct proportional correlations between clavicular and postural responses. Higher values of clavicular variables were accompanied by increased postural responses. In secondary claviculars, both during tests conducted with open and closed eyes, there were significant but inversely proportional correlations between scoliotic variables and postural responses. Higher values of the sclerotic variables were accompanied by a decrease in postural responses. **Conclusion.** In compensated scoliosis, by alignment of primary and secondary claviculars, lower postural amplitudes of postural responses were observed. Scoliosis therapy should be directed towards the correction of the primary deflection. Levelling secondary deflections must be subordinated to this. Reducing secondary deflections without simultaneous compensation of the primary deflections is detrimental.

Słowa kluczowe: skolioza, reakcje posturalne, dziewczęta

Key words: scoliosis, postural responses, school girls

WSTĘP

Skolioza idiopatyczna jest rozwojowym zniekształceniem kręgosłupa i tułowia. Przyczyna schorzenia jest nieznana. Charakter zniekształcenia jest trójwymiarowy. W płaszczyźnie czołowej występuje wygięcie boczne kręgosłupa, w płaszczyźnie strzałkowej - zaburzenie fizjologicznej kifozy piersiowej lub lordozy lędźwiowej, a w poprzecznej - rotacja osiowa kręgów. Deformacja rozwija się jednocześnie we wszystkich trzech płaszczyznach (torsja kręgosłupa). [1-8]. Skoliozy wymagające leczenia dotyczą 1% populacji dorastających.

W Polsce odpowiada to około 5000 chorych z każdego rocznika [9]. U dzieci ze skoliozą podstawowym problemem nie są bóle ani zaburzenia czynności układu oddechowego i krążeniowego, typowe dla dorosłych, ale ryzyko progresji zniekształcenia. W rozumieniu etiopatogenetycznym skolioza jest zaledwie objawem, zewnętrznym wyrazem nierozpoznanej patologii, która może pojawić się w dowolnym odcinku kręgosłupa i w różnym wieku dziecka. W obecnym stanie wiedzy uzasadnione jest mówienie raczej o czynnikach etiologicznych, a nie o teorii (genetycznej, metabolicznej itp.) powstawania skolioz. Aktualnie najwięcej zwolenników ma koncepcja wieloczynnikowo w tym genetycznie (gen CHD7) uwarunkowanej patologii ośrodkowego układu nerwowego, wywołującej zmiany w układzie posturalnym [9]. Postawa skoliotyczna oznacza tendencję do odchylenia osi kręgosłupa od prostej, związaną raczej z niewłaściwym nawykiem trzymania poszczególnych segmentów ciała. Każda rozwijająca się spontanicznie skolioza jest na samym początku skrzywieniem nisko stopniowym - postawą skoliotyczną. Dopiero z czasem ujawniają się jej rzeczywiste tendencje rozwojowe [10]. W ujęciu patobiomechanicznym skolioza jest skompensowana, gdy wygięcie (a) pierwotne przechodzi płynnie w wygięcie wyrównawcze, proksymalne i dystalne. Wygięcia wyrównawcze są wtedy wystarczająco wykształcone i równoważą wygięcie pierwotne. Suma ich wartości kątowych odpowiada w przybliżeniu wartości kątowej wygięcia pierwotnego. Pion centralny poprowadzony z wyrostka kolczystego (C₇) pada wtedy na szparę pośladkową, a piony boczne symetrycznie. Głowa, obręcz barkowa i miedniczna ustawione są nad sobą. Dekompensacja tułowia może wystąpić w okresie szybkiej progresji skoliozy, a także gdy wygięcia wyrównawcze są zbyt małe, na przykład z powodu zbyt krótkiego łuku lub braku wystarczającej elastyczności kręgosłupa. Dekompensację w płaszczyźnie czołowej stwierdza się, gdy pion spuszczonej z wyrostka kolczystego C₇ pada w bok od szpary pośladkowej na stronę wygięcia pierwotnego. Pojęcie kompensacji należy odnosić także do płaszczyzny strzałkowej i poprzecznej. Uzyskanie kompensacji jest jednym z najważniejszych elementów dobrego wyniku leczenia dziecka ze skoliozą. Trójpłaszczyznowa harmonijna korekcja skoliozy jest warunkiem uzyskania kompensacji we wszystkich trzech płaszczyznach i powinna uwzględniać korektywność wygięcia pierwotnego i wygięć wyrównawczych. Wygięcia wyrównawcze, pierwotnie funkcjonalne, mogą wtórnie stać się wygięciami strukturalnymi [9]. Reakcje posturalne to element równowagi ciała. Całościową ocenę sprawności układu równowagi zapewnia badanie posturograficzne. Jest to możliwe dzięki analizie reakcji oraz strategii posturalnych, które stanowią podstawę mechanizmów utrzymujących ciało w równowadze. Równowaga jest określonym stanem układu posturalnego, który charakteryzuje pionowa orientacja ciała

osiągnięta dzięki wyrównaniu działających na ciało sił oraz ich momentów. Równowagę zapewnia układ nerwowy przez odruchowe napięcie odpowiednich grup mięśni nazywanych mięśniami antygravitacyjnymi. Pewnych informacji na temat równowagi ciała daje analiza poszczególnych reakcji posturalnych. Są to wychwiania ciała w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej czyli przemieszczenia środka nacisku stóp (COP). Celem badań była analiza związku między kompensacją skolioz a reakcjami posturalnymi u dziewcząt w wieku szkolnym.

MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Badaniami objęto 28 dziewcząt w wieku 7-18 lat z postawą skoliotyczną i skoliozą idiopatyczną. Dobór badanych był celowy. Dzieci zapisane były do Międzyszkolnego Ośrodka Gimnastyki Korekcyjnej i Kompensacyjnej w Starachowicach. Badania wykonano w czerwcu 2011 roku. W badaniach kręgosłupa wykorzystano fotogrametryczną metodę moire'. Na plecach badanej osoby oznaczano markerem wyrostki kolczyste od C₇ do S₁, wyrostki barkowe, kąty dolne łopatek i kolce biodrowe tylne górne. Badana osoba stała w postawie nawykowej w wyznaczonym miejscu tyłem do urządzenia w odległości 3,2 m. Na plecy rzutowane były prążki, a regulacja ostrości obiektu pozwalała na uzyskanie obrazu moire'. Obraz kręgosłupa odbierany był przez układ optyczny z kamerą, a następnie przekazany do monitora analogowego i do komputera. W ten sposób powstawał trójwymiarowy obraz pleców. Następnie analizowano wybrane parametry skrzywienia pierwotnego i wtórnego kręgosłupa:

- długość skrzywienia to odległość między punktami przegięcia kręgosłupa,
- długość skrzywienia/całkowita długość kręgosłupa (DCK), to proporcja odległości między punktami przegięcia a odległością C₇ i KK w linii prostej,
- głębokość skrzywienia, to maksymalna odległość poprzeczna linii kręgosłupa od prostej łączącej końce łuku,
- głębokość skrzywienia/całkowita długość kręgosłupa (DCK) to to proporcja maksymalnej odległość poprzecznej linii kręgosłupa od prostej łączącej końce łuku a odległością C₇ i KK w linii prostej
- kąt skrzywienia, to kąt między stycznymi od krzywej na obu końcach wygięcia kręgosłupa z uwzględnieniem kierunku skrzywienia,
- absolutna wartość skrzywienia (abs), to kąt między stycznymi od krzywej na obu końcach wygięcia kręgosłupa bez uwzględnieniem kierunku skrzywienia.

Na podstawie wielkości kąta skrzywienia kręgosłupa wyodrębniono: postawy skoliozyczne: $1-9^\circ$ i skoliozy: $\geq 10^\circ$. Do badania reakcji posturalnych zastosowano posturoografię komputerową. Reakcje te badano statyczno-dynamiczną platformą ST 310 Plus Stability System firmy Tecnobody. Badanie na platformie polegało na ciągłej obserwacji środka nacisku stóp (COP) (ang. *center-of-foot pressure*). Dzięki rejestrowaniu poziomych wychyleń ciała (ang. *postural sway*) w funkcji czasu uzyskiwano dokładną informację dotyczącą układu posturalnego. Przemieszczenia COP odzwierciedlały ruchy środka masy ciała (COM) w płaszczyźnie czołowej oraz strzałkowej. Częstotliwość zbierania sygnału wynosiła 20 Hz. Zmiana maksymalnego nacisku na podeszwy stóp podczas wychyleń ciała odbierana była za pomocą mechaniczno-elektronicznego transduktora składającego się z trzech sensorów zainstalowanych w podstawie platformy. Zarejestrowany sygnał przetwarzany był z informacji analogowej w cyfrową, następnie opracowany poprzez oprogramowanie komputera. Odpowiednie oprogramowanie stwarzało możliwość obliczenia wypadkowej siły reakcji podłoża, która jest sumą momentów sił działających na platformę w trzech punktach pomiaru. Wektorowe sumowanie momentów sił pozwalało wyznaczyć wypadkową siły reakcji podłoża w danym momencie, co graficznie przedstawione jest w postaci kropki na statokinezygramie. Wykonywano test standardowej oceny stabilności w staniu swobodnym (test Romberga). Test składał się z dwóch następujących po sobie prób trwających po 30 sekund: pierwsza z oczami otwartymi (OE – *open eyes*), druga z oczami zamkniętymi (CE – *close eyes*). Pomiary wykonywano w godzinach przedpołudniowych. Badana osoba była dokładnie poinstruowana o przebiegu testu. W czasie wykonywania testu zapewniono ciszę, ponieważ bodźce słuchowe działające na człowieka w warunkach skupienia uwagi mogą w znaczący sposób zaburzać odruchy posturalne. Zapewniono także badanemu o całkowitej nieszkodliwości wykonywanego testu. Podczas trwania testu badający cały czas stał za osobą badaną nie przekazując żadnych wiadomości. W czasie pomiarów z oczami otwartymi (OE) proszono badanego o ufiksowanie wzroku na punkcie odniesienia znajdującym się na ekranie komputera. Środek widzenia plamkowego znajdował się w odległości 1 m od badanego. Przed rozpoczęciem testu z oczami zamkniętymi (CE) badający upewniał się, że badana potrafi zachować wyprostowaną postawę bez kontroli wzrokowej. Badany stał na platformie boso, gdyż buty mogły zaburzać jego postawę. Stopy były ustawione ze staranną dokładnością: pięty 2 cm od siebie, stopy rozstawione pod kątem 30° tak, że środek ciężkości wieloboku podstawy leżał w osi strzałkowej platformy w odległości 3 cm od jej środka. Dla ułatwienia prawidłowego ustawienia badanego platforma została wyposażona we wzorzec rozstawienia stóp. Badana przyjmowała pozycję habitualną z

ramionami opuszczonymi wzdłuż tułowia i wyprostowaną głową. W momencie przyjęcia przez badaną postawy rozpoczynano test, a na ekranie wyświetlana była droga wychylenia środka nacisku stóp (COP). Analizie poddano następujące parametry rejestrujące wychylenia środka nacisku stóp (COP):

- średni punkt obciążenia X (*Average COP X*) w odniesieniu do osi platformy. Podaje boczne współrzędne X (mm),
- średni punkt obciążenia Y (*Average COP Y*) w odniesieniu do osi platformy. Podaje przednio-tylne współrzędne Y (mm),
- średnie odchylenie Y (*Forward-Backward Standard Deviation Y*). Jest to średnia oscylacja wzdłuż osi Y (mm), średnie wychylenie przednio-tylne (mm) – średnia odległość między ekstremalnymi wychyleniami środka nacisku stóp w płaszczyźnie strzałkowej,
- średnie odchylenie X (*Medium-Lateral Standard Deviation X*) jest to średnia oscylacja wzdłuż osi X (mm) i średnie wychylenie boczne (mm), czyli średnia odległość między ekstremalnymi wychyleniami środka nacisku stóp w płaszczyźnie bocznej,
- prędkość przednio-tylna (*Average Forward-Backward Speed Y*), czyli średnia szybkość oscylacji wzdłuż osi Y (mm/s). Jest to iloraz długości wychyleń środka nacisku stóp w czasie trwania testu, który informuje pośrednio o dynamice procesu regulacji stabilności posturalnej w pozycji stojącej,
- prędkość boczna (*Average Medium-Lateral Speed X*), czyli średnia szybkość oscylacji wzdłuż osi X (mm/s). Jest to iloraz długości wychyleń środka nacisku stóp w czasie trwania testu, który informuje pośrednio o dynamice procesu regulacji stabilności posturalnej w pozycji stojącej,
- obwód P (*Perimeter*). Jest to całkowita długość ścieżki jaką przebył COP w obu płaszczyznach w trakcie oscylacji (mm),
- powierzchnia EA (*Ellipse Area*). Jest to całkowita powierzchnia jaką zakreślił COP w obu płaszczyznach w trakcie oscylacji (mm²),
- stosunek obwodów - PR (*Perimeter ratio*) jest to stosunek obwodu (*Perimeter*) z oczami zamkniętymi (OC) do obwodu z oczami otwartymi (OE) w teście Romberga,
- stosunek powierzchni - AR (*Area ratio*) jest to stosunek powierzchni (*Ellipse Area*) z oczami zamkniętymi (OC) do powierzchni z oczami otwartymi (OE) w teście Romberga.

Zarówno osoby o zaburzeniach posturalnych, jak i wobec których zastosowano utrudnienia w staniu swobodnym wykazują na ogół większe wartości wszystkich wymienionych parametrów. Podobnie wyższe wychwiania występują u dzieci.

W zależności od zgodności rozkładów zmiennych z rozkładem normalnym, oraz wartości skośności i kurtozy, stosowano testy parametryczne lub nieparametryczne. Zmienne zweryfikowano pod względem normalności rozkładu testem Shapiro-Wilka. Korelacje między zamiennymi skoliotycznymi a reakcjami posturalnymi określano współczynnikiem Pearsona. Dla zmiennych jakościowych i dyskretnych obliczono rozkłady liczebności i rozkłady procentowe. Poziom istotności przyjęto $p < 0,05$ [19]. Celem badań była analiza korelacji między skoliozą i postawą skoliotyczną a reakcjami posturalnymi u dziewcząt w wieku szkolnym.

WYNIKI

Na podstawie wielkości kąta skrzywienia kręgosłupa wyodrębniono: postawę skoliotyczną ($1-9^\circ$) i skoliozy ($\geq 10^\circ$). Dzieci z postawą skoliotyczną było 21 (75) a z idiopatycznym skrzywieniem kręgosłupa 7 (25%). Częstość i rodzaj wady nie zależała od wieku badanych (tab. 1).

Dokonano analizy korelacji między reakcjami posturalnymi a postawą skoliotyczną i skoliozą idiopatyczną. Oddzielnie analizowano korelacje dla reakcji posturalnych z oczami otwartymi (OE) i z oczami zamkniętymi (CE). Wystąpiły istotne wprost proporcjonalne korelacje w badaniu z oczami otwartymi między średnim punktem obciążenia Y (*ACOPY*) a kątem skrzywienia pierwotnego ($r=0,3831$), ($p=0,0440$) i między średnim odchyleniem X (*MLSDX*) a absolutną wartością kąta skrzywienia pierwotnego ($r=0,4076$), ($p=0,0310$) (tab. 2). W badaniu z oczami zamkniętymi (CE) istotne korelacje wprost proporcjonalne wystąpiły między średnim punktem obciążenia X (*ACOPX*) a głębokością skrzywienia pierwotnego ($r=0,3911$); ($p=0,0400$) i między średnim odchyleniem X (*MLSDX*) a długością skrzywienia pierwotnego/DCK ($r=0,4377$), ($p=0,0200$) oraz między obwodem P (*Perimeter*) a długością skrzywienia pierwotnego/ DCK ($r=0,4011$), ($p=0,0340$) (tab. 2). Wyższymi amplitudom reakcji posturalnych towarzyszył wzrost zmiennych skoliotycznych. Wystąpiły także istotne odwrotnie proporcjonalne korelacje w badaniu z oczami otwartymi (OE) między prędkością przednio-tylną (*AFBS*) a długością skrzywienia wtórnego ($r= -0,3883$), ($p=0,0410$), długością skrzywienia wtórnego/DCK ($r=0,4377$), ($p=0,0340$) i absolutną wartością kąta skrzywienia wtórnego ($r= -0,4409$), ($p= 0,0190$) oraz między obwodem P (*Perimeter*) a długością skrzywienia wtórnego ($r= -0,3883$), ($p= 0,0410$) (tab. 3). W badaniu z oczami zamkniętymi (CE) istotne odwrotnie proporcjonalne korelacje wystąpiły między średnim punktem obciążenia Y (*ACOPY*) a kątem skrzywienia wtórnego ($r= -0,3769$), ($p=0,0480$), między prędkością przednio-tylną (*AFBS*) a długością skrzywienia wtórnego ($r= -0,4099$), ($p=0,0300$) między prędkością boczną (*AMLSX*) a długością skrzywienia wtórnego i

długością skrzywienia wtórnego DCK oraz między obwodem P (*Perimeter*) a długością skrzywienia wtórnego ($r = -0,4871$), ($p = 0,0090$) i długością skrzywienia wtórnego DCK ($r = -0,4204$), ($p = 0,0260$) (tab. 3). Wyższym amplitudom reakcji posturalnych towarzyszył spadek zmiennych skoliotycznych.

DYSKUSJA

W etiologii skolioz coraz częściej zwraca się uwagę na dyskretne, trudne do zdiagnozowania zmiany neurologiczne. W rozumieniu etiopatogenetycznym skoliozy są zaledwie objawem, zewnętrznym wyrazem nierozpoznanej patologii. Coraz więcej zwolenników ma koncepcja wieloczynnikowych w tym genetycznie uwarunkowanych minimalnych zmian ośrodkowego układu nerwowego, wywołujących dysfunkcje w układzie posturalnym [5-9]. Popularna stała się w ostatnim czasie matematyczna teoria chaosu dla wytłumaczenia fenomenu skoliozy. Teoria ta zakłada niedostrzegalną dla współczesnego badacza zmianę parametrów biologicznych w organizmie powodującą kaskadę powolnych, ale konsekwentnych zmian. Wiele systemów fizjologicznych, w tym również posturalne, są systemami częściowo chaotycznymi. Posturografia komputerowa stwarza możliwość pośredniej oceny funkcji układu posturalnego poprzez pomiar środka nacisku stóp (COP). W pracy wykazano, że występujące w skoliozach przemieszczenia poszczególnych segmentów ciała wpływają na charakter reakcji posturalnych. W skrzywieniach pierwotnych zaobserwowano wprost proporcjonalny wzrost reakcji posturalnych wraz ze wzrostem zmiennych skoliotycznych. Natomiast w skrzywieniach wtórnych odwrotnie, np. im większy kąt skrzywienia tym mniejsze amplitudy reakcji posturalnych. W skoliozach skompensowanych poprzez wyrównanie skrzywień pierwotnych i wtórych obserwowano niższe amplitudy reakcji posturalnych. Funkcjonalne właściwości kręgosłupa nie ulegną zmianie tylko wtedy, gdy bierny i czynny mechanizm stabilizujący są w stanie symetrycznego napięcia [11]. Kompensacja skolioz jest związana ze stabilizacją ciała i reakcjami posturalnymi. Wyższe amplitudy reakcji posturalnych świadczą o gorszej stabilizacji ciała. W stabilizacji ciała istotną rolę odgrywa napięcie posturalne, jego wielkość i rozkład. Dysfunkcje napięcia posturalnego są przyczyną kompensacji w układzie ruchu. Są one zastępczymi rozwiązaniami, umożliwiającymi stabilizację. Efektem stabilizacji ciała jest zawsze prawidłowe wyrównanie posturalne. Następuje ono kolejno we wszystkich trzech płaszczyznach: strzałkowej, czołowej i poprzecznej. Prawidłowo aktywizowane reakcje posturalne: statyczne, nastawcze i równowagi mają podstawowe znaczenie dla rozwoju centralnej stabilizacji ciała. Warunkują one wielopłaszczyznowe liniowe ustawienie poszczególnych części ciała. Omawiane reakcje aktywizują w sposób zintegrowany mięśnie

tułowia, w tym także te, które w świetle aktualnych teorii stanowią podstawę stabilizacji kompleksu lędźwiowo-biodrowo-miednicznego (LBM). Prawidłowy przebieg tych reakcji zawsze zawiera element elongacji. Elongacja poprzez odruchy miotatyczne reakcje statyczne, nastawcze i równowagi aktywizuje mięśnie wchodzące w skład tzw. cylindra. Chodzi tu o mięśnie tułowia: globalne i lokalne, mięśnie dna miednicy i przeponę. U dzieci ze skoliozą głównym problem klinicznym jest hipotonia posturalna, która zaburza rozwój centralnej stabilizacji ciała. W skoliozach z powodu (trudnych do rozpoznania na obecnym etapie rozwoju nauki) dysfunkcji OUN dochodzi do zaburzenia stabilizacji ciała. Normalizacja układu antygravitacyjnego, która jest podstawowym celem terapii neurorozwojowej to w zasadzie rozwijanie możliwości stabilizacji ciała. Wyrazem prawidłowej centralnej stabilizacji w poszczególnych płaszczyznach są wyrównania posturalne. Wyrównanie posturalne to prawidłowe ustawienie wzajemne (zgodne z wzorcami reakcji nastawczych) poszczególnych części ciała w pozycjach statycznych i w ruchu występujące we wszystkich płaszczyznach. Wyrazem wyrównania posturalnego w płaszczyźnie czołowej jest symetria poszczególnych segmentów prawej i lewej strony ciała, czemu towarzyszy osiowe ustawienie kolan. W płaszczyźnie poprzecznej wyrazem wyrównania posturalnego jest równowaga napięcia w ruchach rotacyjnych tułowia oraz pozycja pośrednia w ustawieniu kończyn dolnych w stawach biodrowych między rotacją zewnętrzną i wewnętrzną [12]. Z neurorozwojowego punktu widzenia w skoliozach pierwotne jest więc zaburzenie napięcia posturalnego a potem pojawiają się następstwa kompensacji o charakterze biomechanicznym, które można wyjaśnić w oparciu o różne teorie: Wejsflog [13], Kapadji [14], Bergmark [15], Cresswell [16], Panjabi [17], Richardson [18], Snijders i Vleeming [19], Janda [20], Lewit [21], Liebenson [22], Lieber [23], Myers [24].

Skoliozy to schorzenia związane z zaburzeniami centralnej stabilizacji ciała spowodowanej hipotonią posturalną. Występujące w skoliozach zaburzenia reakcji posturalnych wpływają na patoetiologię skolioz i odwrotnie przemieszczenia poszczególnych segmentów ciała zwiększają amplitudy reakcji posturalnych. Prawdopodobnie to związane z dysfunkcją OUN zaburzenia stabilizacji centralnej i hipotonia posturalna (widoczna w reakcjach posturalnych) są pierwotne i poprzedzają zmiany skoliotyczne. Asymetrie w postawie ciała zwykle diagnozowane i leczone są w okresie przedszkolnym i szkolnym. A przecież proces posturogenezy rozpoczyna się już prenatalnie i jest kontynuowany po urodzeniu. Rozwój postawy uwarunkowany jest sprawnością systemu antygravitacyjnego. U niemowląt z obniżonym napięciem posturalnym dochodzi do rozwoju kompensacyjnego systemu antygravitacyjnego. Jego zewnętrznym przejawem jest wtedy nieprawidłowy

rozkład napięcia posturalnego, który zwykle określany jest jako asymetria ciała. Jakość zdobywanych i przetwarzanych doświadczeń ma bezpośredni związek z jakością wzorców motorycznych i posturalnych. W zakresie szeroko rozumianej normy można wyodrębnić trzy typy napięcia posturalnego: normotonia, napięcie spastoidalne i atetoidalne. Niemowlęta z normotonią rozwijają prawidłową postawę. Pozostałe pionizując się, kompensują obniżone napięcie w sposób czynny lub bierny, w zależności od typu napięcia posturalnego. Analizując rozwój postawy niemowląt w oparciu o napięcie posturalne można prognozować z dużym prawdopodobieństwem jaki typ postawy rozwiną one w przyszłości. Daje to możliwość wczesnego diagnozowania i prognozowania rozwoju postawy ciała. Istnieją też metody terapeutyczne umożliwiające normalizację napięcia posturalnego, a tym samym ograniczające konieczność stosowania przez niemowlęta wspomnianych kompensacji w celu stabilizowania ciała w coraz wyższych pozycjach. Istnieje także możliwość wprowadzenia od pierwszych tygodni życia dziecka postępowania prewencyjnego zapobiegającego rozwojowi skoliozy. Zwłaszcza w przypadkach obecności mutacji genetycznej (CHD7). W terapii postaw skoliotycznych i skolioz istotne znaczenie ma kształtowanie nawyku postawy [25-30]. Nie jest ono jednak związane ze wzmocnianiem poszczególnych grup mięśni posturalnych, lecz z integracją ich funkcji w reakcjach statycznych, nastawczych i równowagi. Rozwój postawy to efekt stopniowej integracji napięcia mięśniowego w trakcie rozwoju nawyku prawidłowej postawy [12].

WNIOSKI

1. W skrzywieniach pierwotnych zarówno w badaniu z oczami otwartymi jak i zamkniętymi wystąpiły istotne wprost proporcjonalne korelacje między zmiennymi skoliotycznymi a reakcjami posturalnymi. Wyższym wartościom zmiennych skoliotycznych towarzyszył wzrost reakcji posturalnych.
2. W skrzywieniach wtórnych zarówno w badaniu z oczami otwartymi jak i zamkniętymi wystąpiły istotne ale odwrotnie proporcjonalne korelacje między zmiennymi skoliotycznymi a reakcjami posturalnymi. Zgodnie z zasadą kompensacji wyższym wartościom zmiennych skoliotycznych towarzyszył spadek reakcji posturalnych.
3. W skoliozach skompensowanych poprzez wyrównanie skrzywień pierwotnych i wtórnych obserwowano niższe amplitudy reakcji posturalnych.
4. Terapia skolioz powinna być nakierowana na korekcję wygięcia pierwotnego. Niwelowanie wygięć wtórnych musi być temu podporządkowane.

PIŚMIENNICTWO

1. Kotwicki T, Chowanska J, Kinel E, Czaprowski D, Tomaszewski M, Janusz P. Optimal management of idiopathic scoliosis in adolescence. *Adolesc Health Med Ther.* 2013; 4: 59-73.
2. Kepler CK, Meredith DS, Green DW, Widmann RF. Long-term outcomes after posterior spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Curr Opin Pediatr.* 2012; 24, 1: 68-75.
3. Lee R.S, Reed D.W, Saifuddin A. The correlation between coronal balance and neuroaxial abnormalities detected on MRI in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2012; 4.
4. Little JP, Izatt MT, Labrom RD, Askin GN, Adam CJ. Investigating the change in three dimensional deformity for idiopathic scoliosis using axially loaded MRI. *Clin Biomech.* 2012; 4.
5. Burwell RG, Dangerfield PH, Moulton A, Anderson SI. Etiologic theories of idiopathic scoliosis: autonomic nervous system and the leptin-sympathetic nervous system concept for the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform* 2008; 140: 197-207
6. Burwell RG, Aujla RK, Grevitt MP, Dangerfield PH, Moulton A, Randell TL, Anderson SI Pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis in girls - a double neuro-osseous theory involving disharmony between two nervous systems, somatic and autonomic expressed in the spine and trunk: possible dependency on sympathetic nervous system and hormones with implications for medical therapy. *Scoliosis* 2009; 31, (4): 24
7. Burwell RG, Aujla RK, Grevitt MP. et. al. A new approach to the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: interaction between risk factors involving a diverse network of causal developmental pathways. *Clin. Anat.* 2011; 24, 3: 384.
8. Bruyneel AV, Chavet P. et al. Idiopathic scoliosis and balance organisation in seated position on a seesaw. *European Spine Journal* 2010; 19, 5: 739-46.
9. Głowacki M, Kotwicki T, Pucher A. Skrzywienie kręgosłupa. W: Wiktor Degi *Ortopedia i Rehabilitacja*. Red: W. Marciniak, A. Szulc. PZWŁ, Warszawa 2008.
10. Nowotny J, Nowotny-Czupryna O, Czupryna K. Kinezylogiczno-funkcjonalne aspekty rehabilitacji. *Podręcznik dla studentów fizjoterapii i fizjoterapeutów.* α -medica press, Bielsko Biała 2015.
11. Tylman D. *Patomechanika bocznych skrzywień kręgosłupa.* Sewerus, Warszawa 1995.
12. Matyja M, *Neurorozwojowa analiza wad postawy ciała u dzieci i młodzieży.* AWF,

Katowice 2012.

13. Wejsflog G, Etiopatogeneza i patomechanika dystonicznych bocznych skrzywień kręgosłupa. *Chirurgia Narządu Ruchu i Ortopedia Polska* 1956, 6: 541-563.
14. Kapadji IA, *Anatomia funkcjonalna stawów. tom 1-3.* Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2014.
15. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop. Scand. Suppl.* 1989; 230: 1-54.
16. Cresswell AG, Thorstensson A, Changes in intra-abdominal pressure, trunk muscle activation and force during isokinetic lifting and lowering. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1994; 68 (4): 315-321.
17. Panjabi M.M. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J. Spinal Disord.* 1992; 5 (4): 383-389.
18. Richardson C, Hodges P.W., Hides J. *Kinezyterapia w stabilizacji kompleksu lędźwiowo-miednicznego.* Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2009.
19. Snijders C.J., Slagter A.H., van Strik R., Vleeming A., Stoeckart R., Stam H.J. Why leg crossing? The influence of common postures on abdominal muscle activity. *Spine* 1995; 20 (18): 1989-1993.
20. Janda V. Some aspects of extracranial causes of facial pain. *J. Prosthet. Dent.* 1986; 56 (4): 484-487.
21. Lewit K. *Manipulative therapy in rehabilitation of the locomotor system.* 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.
22. Liebenson C *Rehabilitation of the spine: a practitioner's manual.* 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
23. Lieber R.L. *Skeletal muscle structure and function: implications for rehabilitation and sports medicine.* Baltimore: Williams and Wilkins, 1992.
24. Myers T. A structural approach. *J. Bodyw. Mov. Ther.* 1998; 2 (1): 14-20.
25. Pialasse JP, Mercier P, Descarreaux M, Simoneau M. Sensorimotor Control Impairment in Young Adults With Idiopathic Scoliosis Compared With Healthy Controls. *J Manipulative Physiol Ther.* 2016; 39 (7): 473-9.
26. Yen TC, Toosizadeh N, Howe C, Dohm M, Mohler J, Najafi B. Postural Balance Parameters as Objective Surgical Assessments in Low Back Disorders: A Systematic Review. *J Appl Biomech.* 2016; 32 (3): 316-23.
27. Weiss HR. Current knowledge on physiotherapy for scoliosis. *Orthopade.* 2016; 45 (6): 549-50.

28. Putzier M, Groß C, Zahn RK, Pumberger M, Strube P. Characteristics of neuromuscular scoliosis. Orthopade. 2016; 45 (6): 500-8.
29. Porte M, Patte K, Dupeyron A, Cottalorda J. Exercise therapy in the treatment of idiopathic adolescent scoliosis: Is it useful ?. Arch Pediatr. 2016 Jun;23(6):624-8.
30. Monticone M, Ambrosini E, Cazzaniga D, Rocca B, Motta L, Cerri C, Brayda-Bruno M, Lovi A. Adults with idiopathic scoliosis improve disability after motor and cognitive rehabilitation: results of a randomised controlled trial. Eur Spine J. 2016; 25 (10): 3120-3129.

Tabela. 1. Wady postawy w płaszczyźnie czołowej a wiek

Zmienne niezależne	Wiek			
	7-11 lat	12-14 lat	15-18 lat	Razem
Postawa skoliozyczna	6	10	5	21
% z kolumny	75,00%	76,92%	71,43%	
% z wiersza	28,57%	47,62%	23,81%	
% z całości	21,43%	35,71%	17,86%	75,00%
Skolioza	2	3	2	7
% z kolumny	25,00%	23,08%	28,57%	
% z wiersza	28,57%	42,86%	28,57%	
% z całości	7,14%	10,71%	7,14%	25,00%
Razem	8	13	7	28
% z całości	28,57%	46,43%	25,00%	100,00%
$\chi^2 = 0,072$; $df = 2$; $p = 0,96$				

Tabela. 2. Reakcje posturalne a pierwotne skrzywienie kręgosłupa

Zmienne zależne	Długość skrzywienia pierwotnego	Długość skrzywienia pierwotnego / DCK	Głębokość skrzywienia pierwotnego	Głębokość skrzywienia pierwotnego / DCK	Kąt skrzywienia pierwotnego	Abs Kąta skrzywienia pierwotnego
Average COP X (OE)	0,0313	0,0577	0,0916	0,1149	-0,2742	0,0561
	p=0,8750	p=0,7710	p=0,6430	p=0,5610	p=0,1580	p=0,7770
Abs Average COP X (OE)	-0,1194	-0,0719	0,1207	0,1571	0,0477	0,1717
	p=0,5450	p=0,7160	p=0,5410	p=0,4250	p=0,8090	p=0,3820
Average COP Y (OE)	-0,0076	0,0292	-0,2778	-0,2727	0,3831	-0,283
	p=0,9690	p=0,8830	p=0,1520	p=0,1600	p=0,0440	p=0,1450
Abs Average COP Y (OE)	-0,095	-0,0655	-0,0104	-0,005	0,0787	0,0229
	p=0,6300	p=0,7400	p=0,9580	p=0,9800	p=0,6910	p=0,9080
Forward-Backward Standard Deviation Y (OE)	0,0953	0,1827	0,0303	0,0686	0,093	0,047
	p=0,6290	p=0,3520	p=0,8780	p=0,7290	p=0,6380	p=0,8120
Medium-Lateral Standard Deviation X (OE)	-0,1198	-0,0426	0,2889	0,3181	0,2041	0,4076
	p=0,5440	p=0,8290	p=0,1360	p=0,0990	p=0,2970	p=0,0310
Average Forward-Backward Speed (OE)	0,2476	0,3503	0,1911	0,2579	-0,103	0,1532
	p=0,2040	p=0,0680	p=0,3300	p=0,1850	p=0,6020	p=0,4360
Average Medium-Lateral Speed (OE)	0,0991	0,1473	0,2119	0,2255	0,1196	0,2527
	p=0,6160	p=0,4540	p=0,2790	p=0,2490	p=0,5450	p=0,1940
Perimeter (OE)	0,1941	0,2994	0,2448	0,3065	-0,0329	0,2428
	p=0,3220	p=0,1220	p=0,2090	p=0,1130	p=0,8680	p=0,2130
Ellipse Area (OE)	-0,0513	0,0506	0,107	0,1436	0,2424	0,1976
	p=0,7960	p=0,7980	p=0,5880	p=0,4660	p=0,2140	p=0,3140
Average COP X (CE)	0,2469	0,1241	0,3911	0,3397	0,0593	0,3231
	p=0,2050	p=0,5290	p=0,0400	p=0,0770	0,7640	p=0,0930
Abs Average COP X (CE)	-0,0297	-0,0308	0,2724	0,2678	-0,2426	0,215
	p=0,8810	p=0,8760	p=0,1610	p=0,1680	p=0,2140	p=0,2720
Average COP Y (CE)	0,1761	0,1253	-0,2193	-0,2257	0,3004	-0,2363
	p=0,3700	p=0,5250	p=0,2620	p=0,2480	p=0,1200	p=0,2260
Abs Average COP Y (CE)	0,1379	0,0874	-0,0765	-0,0988	0,084	-0,0708
	p=0,4840	p=0,6580	p=0,6990	p=0,6170	p=0,6710	p=0,7200
Forward-Backward Standard Deviation Y (CE)	-0,005	0,1383	0,1901	0,2639	-0,083	0,1714
	p=0,9800	p=0,4830	p=0,3330	p=0,1750	p=0,6750	p=0,3830
Medium-Lateral Standard Deviation X (CE)	-0,1216	-0,0264	0,2297	0,2681	0,0154	0,3005
	p=0,5380	p=0,8940	p=0,2400	p=0,1680	p=0,9380	p=0,1200
Average Forward-Backward Speed (CE)	0,1396	0,3279	0,1939	0,2744	0,0946	0,1481
	p=0,4790	p=0,0890	p=0,3230	p=0,1580	p=0,6320	p=0,4520
Average Medium-Lateral Speed (CE)	0,3505	0,4377	0,1515	0,1859	0,1653	0,0772
	p=0,0670	p=0,0200	p=0,4420	p=0,3440	p=0,4010	p=0,6960
Perimeter (CE)	0,2235	0,4011	0,2049	0,2811	0,1287	0,15
	p=0,2530	p=0,0340	p=0,2960	p=0,1470	p=0,5140	p=0,4460
Ellipse Area (CE)	-0,0842	0,0107	0,1602	0,2181	0,043	0,1999
	p=0,6700	p=0,9570	p=0,4160	p=0,2650	p=0,8280	p=0,3080
Perimeter ratio	-0,1018	-0,0153	-0,1748	-0,1556	0,2262	-0,1992
	p=0,6060	p=0,9380	p=0,3740	p=0,4290	p=0,2470	p=0,3090
Area ratio	-0,1303	-0,0757	0,0544	0,0861	-0,0451	0,0536
	p=0,5090	p=0,7020	p=0,7830	p=0,6630	p=0,8200	p=0,7860

Tabela. 3. Reakcje posturalne a wtórne skrzywienie kręgosłupa

Zmienne zależne	Długość skrzywienia wtórnego	Długość skrzywienia wtórnego/ DCK	Głębokość skrzywienia wtórnego	Głębokość skrzywienia wtórnego/ DCK	Kąt skrzywienia pierwotnego	Abs Kąta skrzywienia pierwotnego
Average COP X (OE)	-0,0622	-0,0723	-0,1014	-0,1222	0,1765	-0,0622
	p=0,7530	p=0,7150	p=0,6080	p=0,5360	p=0,3690	p=0,7530
Abs Average COP X (OE)	0,0113	0,0555	0,0232	0,0409	-0,0914	0,0113
	p=0,9550	p=0,7790	p=0,9070	p=0,8360	p=0,6440	p=0,9550
Average COP Y (OE)	-0,0374	-0,0223	-0,1823	-0,1712	-0,3579	-0,0374
	p=0,8500	p=0,9100	p=0,3530	p=0,3840	p=0,0610	p=0,8500
Abs Average COP Y (OE)	0,0544	0,0632	-0,0259	-0,0368	-0,0929	0,0544
	p=0,7840	p=0,7490	p=0,8960	p=0,8530	p=0,6380	p=0,7840
Forward-Backward Standard Deviation Y (OE)	-0,2347	-0,2003	-0,283	-0,2784	-0,3103	-0,2347
	p=0,2290	p=0,3070	p=0,1440	p=0,1510	p=0,1080	p=0,2290
Medium-Lateral Standard Deviation X (OE)	-0,029	0,0418	0,1862	0,2164	-0,1152	-0,029
	p=0,8840	p=0,8330	p=0,3430	p=0,2690	p=0,5590	p=0,8840
Average Forward-Backward Speed (OE)	-0,4409	-0,3861	-0,2567	-0,2376	-0,1031	-0,4409
	p=0,0190	p=0,0420	p=0,1870	p=0,2240	p=0,6020	p=0,0190
Average Medium-Lateral Speed (OE)	-0,1815	-0,147	0,1387	0,1536	-0,0323	0,123
	p=0,3550	p=0,4550	p=0,4810	p=0,4350	p=0,8700	p=0,5330
Perimeter (OE)	-0,3883	-0,3282	-0,1302	-0,106	-0,0812	-0,0729
	p=0,0410	p=0,0880	p=0,5090	p=0,5910	p=0,6810	p=0,7120
Ellipse Area (OE)	-0,1282	-0,0588	-0,0252	0,0018	-0,2839	-0,0248
	p=0,5160	p=0,7660	p=0,8990	p=0,9930	p=0,1430	p=0,9000
Average COP X (CE)	-0,0327	-0,1235	0,0859	0,0269	-0,1346	0,1011
	p=0,8690	p=0,5310	p=0,6640	p=0,8920	p=0,4950	0,6090
Abs Average COP X (CE)	0,0269	0,0402	0,0273	0,0302	0,1053	0,0825
	p=0,8920	p=0,8390	p=0,8900	p=0,8790	p=0,5940	0,6760
Average COP Y (CE)	-0,1194	-0,1286	-0,2224	-0,2161	-0,3769	-0,3065
	p=0,5450	p=0,5140	p=0,2550	p=0,2690	p=0,0480	p=0,1130
Abs Average COP Y (CE)	-0,0822	-0,086	-0,1277	-0,1415	-0,2249	-0,222
	p=0,6780	p=0,6630	p=0,5170	p=0,4720	p=0,2500	p=0,2560
Forward-Backward Standard Deviation Y (CE)	-0,2353	-0,1638	-0,2695	-0,2452	-0,0469	-0,0769
	p=0,2280	p=0,4050	p=0,1650	p=0,2090	p=0,8130	p=0,6970
Medium-Lateral Standard Deviation X (CE)	-0,0513	0,0201	0,0755	0,0951	-0,0295	0,2414
	p=0,7950	p=0,9190	p=0,7020	p=0,6300	p=0,8810	p=0,2160
Average Forward-Backward Speed (CE)	-0,4099	-0,3504	-0,3415	-0,3257	-0,1395	-0,1829
	p=0,0300	p=0,0680	p=0,0750	p=0,0910	p=0,4790	p=0,3520
Average Medium-Lateral Speed (CE)	-0,4886	-0,4418	-0,2534	-0,2406	-0,1969	-0,1532
	p=0,0080	p=0,0190	p=0,1930	p=0,2170	p=0,3150	p=0,4360
Perimeter (CE)	-0,4871	-0,4204	-0,3327	-0,3116	-0,163	-0,1729
	p=0,0090	p=0,0260	p=0,0840	p=0,1070	p=0,4070	p=0,3790
Ellipse Area (CE)	-0,0897	-0,0277	-0,1008	-0,0798	-0,1241	0,0734
	p=0,6500	p=0,8890	p=0,6100	p=0,6870	p=0,5290	p=0,7100
Perimeter ratio	0,0027	0,025	-0,2162	-0,2122	-0,1265	-0,1297
	p=0,9890	p=0,8990	p=0,2690	p=0,2780	p=0,5210	p=0,5110
Area ratio	0,0258	0,0687	-0,0317	-0,0129	0,0589	0,1197
	p=0,8960	p=0,7280	p=0,8730	p=0,9480	p=0,7660	p=0,5440